



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"



FUNDAMENTOS Y PRONTUARIO DE ACTUACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN TIERRAS FORESTALES





GOBIERNO
DE ESPAÑA



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA
eemplea
verde
2007-2013



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

FUNDAMENTOS Y PRONTUARIO DE ACTUACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN TIERRAS FORESTALES

Promueve:

ASEMFO - Asociación Nacional de Empresas Forestales

Proyecto financiado por:

Fundación Biodiversidad, Programa empleaverde

Autores

EDICIÓN Y COORDINACIÓN.

Jacobo Maldonado González. Entorno Producciones y Estudios Ambientales S.L.

REDACCIÓN.

Emilio Blanco Castro. Doctor en Ciencias Biológicas. Estudio de Botánica.

Jacobo Maldonado González. Ingeniero de Montes. Entorno Producciones y Estudios Ambientales S.L.

APOYO DOCUMENTAL.

Juan Antonio Durán Gómez. Estudio de Botánica.

Guillermo González García. Entorno Producciones y Estudios Ambientales S.L.

Álvaro Martín Sánchez. Entorno Producciones y Estudios Ambientales S.L.

Luis Vadillo Fernández. Entorno Producciones y Estudios Ambientales S.L.

Coordinación de la producción:

Carmen Domínguez Chacón. ASEMFO. Asociación Nacional de Empresas Forestales.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

ÍNDICE

1.- JUSTIFICACIÓN	1
1.1.- INTRODUCCIÓN. CICLO HIDROLÓGICO; AGUA, MASAS FORESTALES Y EROSIÓN	2
1.2.- LAS PRECIPITACIONES Y LOS MONTES. AGUA VERDE Y AGUA AZUL	4
1.3.- TIERRAS FORESTALES (MONTES) CODIGO CIVIL Y LEY DE AGUAS	6
1.4.- AGUA FORESTAL: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN	8
2.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS	11
2.1.- EL AGUA Y LAS PLANTAS. INTRODUCCIÓN	12
2.2.- LAS TIERRAS FORESTALES Y EL AGUA A ESCALA GLOBAL Y PLANETARIA	15
2.3.- EL MUNDO MEDITERRÁNEO Y LA VEGETACION	20
2.4.- BIOTIPOS VEGETALES Y AGUA FORESTAL EN CLIMA MEDITERRÁNEO	25
2.5.-FLORA Y VEGETACIÓN DE ZONAS HÚMEDAS. HUMEDALES Y CRIPTOHUMEDALES	28
2.6.- FLORA ACUÁTICA, HIDRÓFITOS: SU ECOLOGÍA Y SU FUNCIÓN COMO BIOINDICADORES	32
2.7.- BOSQUES DE NIEBLAS, LAURISILVAS Y UN PROCESO SINGULAR: ABSORCIÓN DE AGUA POR LAS HOJAS	36
3.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA	38
3.1.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA. LOS BOSQUES	39
3.2.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA: MATORRALES	46
3.3.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA: PASTOS	56
3.4.- SOBRE LAS ESTEPAS ESPAÑOLAS Y LOS CONCEPTOS DE DEGRADACIÓN, EROSIÓN, DESERTIZACIÓN O DESERTIFICACIÓN	59
4.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS. EL CLIMA MEDITERRÁNEO EN LA PENÍNSULA	62
4.1.- EL BALANCE HÍDRICO	63
4.2.- COMENTARIOS A LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN ESPAÑA, DESDE EL ENFOQUE DE AGUA FORESTAL	66
4.3.- LAS PRECIPITACIONES EN EL CLIMA MEDITERRÁNEO Y LA RESPUESTA DE LA VEGETACIÓN	69
4.4.- OTRAS VARIABLES DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE TIERRAS FORESTALES	71
4.5.- EL VERANO EN EL MONTE MEDITERRÁNEO	74
4.6.- LOS DIAGRAMAS BIOCLIMATICOS DE J.L. MONTERO DE BURGOS Y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR Y SU APLICACIÓN A AGUA FORESTAL	77
4.7.- VALORACIÓN DEL CLIMA REGIONAL, VOCACIÓN DE LAS TIERRAS FORESTALES	82
4.8.- PRECIPITACIÓN HORIZONTAL	84
4.9.- UN CONCEPTO "NUEVO": REDISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA	88



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

5.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS: AGUA AZUL Y AGUA FORESTAL	90
5.1.- CAPACIDAD Y VOLUMEN DE GESTIÓN DEL AGUA FORESTAL TOMANDO COMO BASE EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO	91
5.2.- CALCULO DE ESCORRENTÍA	94
5.3.- FUNCIONAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS MEDITERRÁNEAS	99
5.4.- APLICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE AFOROS AL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE AGUA AZUL DE UN TERRITORIO	101
5.5.- ALGUNOS VALORES Y DATOS BÁSICOS A TENER EN CUENTA	104
6.- CULTURAS Y SABERES HISTÓRICOS Y TRADICIONALES	106
6.1.- INTRODUCCIÓN. EL CICLO HUMANO DEL AGUA	106
6.2.- MANANTIALES, FUENTES, ABREVADEROS, POZOS Y ZAHORÍES	108
6.3.- ALBERCAS, ALJIBES Y BALSAS	110
6.4.- ACEQUIAS, CACERAS, AZUDES, CANALES, REGUERAS, ETC.	113
6.5.- TERRAZAS, BANCALES, CABALLONES Y ALBARRADAS	115
6.6.- BOQUERAS Y GAVIAS	117
6.7.- VENTISQUEROS Y POZOS DE NIEVE	119
7.- PAISAJES DEL AGUA ARBOLADOS EN LA ESPAÑA MEDITERRÁNEA	121
7.1.- INTRODUCCIÓN	121
7.2.- DEHESA. MONTADO	122
7.3.- PAISAJES MEDITERRÁNEOS EN MOSAICO O MALLA. "BOCAGE", BARDERA Y OTROS	123
7.4.- OTROS PAISAJES TIPO "PARQUE"	124
7.5.- PAISAJES ABANCALADOS MEDITERRÁNEOS TRADICIONALES: <i>MARJALES</i> y <i>MARGES</i> EN BALEARES	126
7.6.- EL OLIVAR TRADICIONAL, EL CORTIJO O ALQUERÍA Y OTROS AGROSISTEMAS TRADICIONALES	127
7.7.- TERMINOLOGÍA POPULAR DE LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS: <i>BONALES</i> , <i>BAENES</i> , <i>TRAMPALES</i> Y <i>NAVAS</i>	129
8.- CREACIÓN DE MASAS FORESTALES Y SELVICULTURA HIDROLÓGICA O DEL AGUA	132
8.1.- FUNCIONAMIENTO HÍDRICO DE LAS REPOBLACIONES DE CONÍFERAS Y EUCALIPTOS	133
8.2.- APLICACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO MODIPE	136
8.3.- SELVICULTURA DE MASAS FORESTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA AZUL: RECARGA DE ACUÍFEROS E INCREMENTO DE CAUDALES HIDROLÓGICOS	139
8.4.- CLARAS Y RESALVEOS EN MASAS FORESTALES MEDITERRÁNEAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA	142
8.5.- FUNCIONAMIENTO HÍDRICO DE LA DEHESA	144
8.6.- CALCULO TEÓRICO DE LOS EFECTOS DE LAS CLARAS. OPTIMIZACIÓN DEL AGUA VERDE VERSUS OPTIMIZACIÓN DEL AGUA AZUL	146
8.7.- SILVOPASCICULTURA: VÍA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUA VERDE Y AGUA AZUL	148
9.-ACTUACIONES Y PROYECTOS CONCRETOS	150
9.1.- NUEVOS ENFOQUES Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN. OASIFICACIÓN; TRAMPAS DE AGUA, Y BIODIVERSIDAD	150
9.2.- VÍAS, CAMINOS FORESTALES Y CORTAFUEGOS	152
9.3.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS O ADAPTADAS	154
9.4.- COSECHADORAS DE LLUVIA	157
9.5.- CAPTADORES DE NIEBLA	159



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

10.- EMPRENDER EN AGUA FORESTAL	163
10.1.- CARTA DE SERVICIOS EN AGUA FORESTAL	164
10.2.- PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE AGUA EN TIERRAS FORESTALES MEDITERRÁNEAS. INNOVACIÓN ESTRATÉGICA Y ANÁLISIS DEL MODELO DE NEGOCIO	165
BIBLIOGRAFÍA	169



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

1.- JUSTIFICACIÓN

Partimos de la convicción sobre la influencia directa en el ciclo hidrológico de las masas forestales así como de la importancia de las dos vertientes del recurso hídrico Agua Azul y Agua Verde en la planificación y gestión de las mismas. Nos planteamos un nuevo enfoque para el futuro: convertir el Agua Forestal en el servicio ambiental y recurso principal de las actuaciones sobre los montes y bosques mediterráneos.

Un enfoque especialmente evidente desde el punto de vista de la propiedad, pública o privada de los montes, ante el carácter de dominio privado que adquieren las precipitaciones al caer sobre un predio. Elegir este punto de partida nos ha llevado al descubrimiento de lo innovador del asunto. No deja de causarnos sorpresa, que

habiendo toda una disciplina de gran desarrollo como la hidrología forestal en defensa de los suelos frente a la erosión, no haya una selvicultura del agua o hidrológica con cuerpo suficiente, ni tampoco otros desarrollos del conocimiento centrados en lo que sucede con el ciclo hidrológico en los tramos canalizados a través de las masas forestales.

Nos encontramos por tanto ante un planteamiento relativamente nuevo y unos niveles de conocimiento todavía insuficientemente extensos o consolidados. Este es nuestro reto. El objetivo consecuente es ser capaces de crear actividad empresarial y empleo en Agua Forestal.

Río Benazaire, Badajoz, Extremadura. Imagen de Agua Forestal II

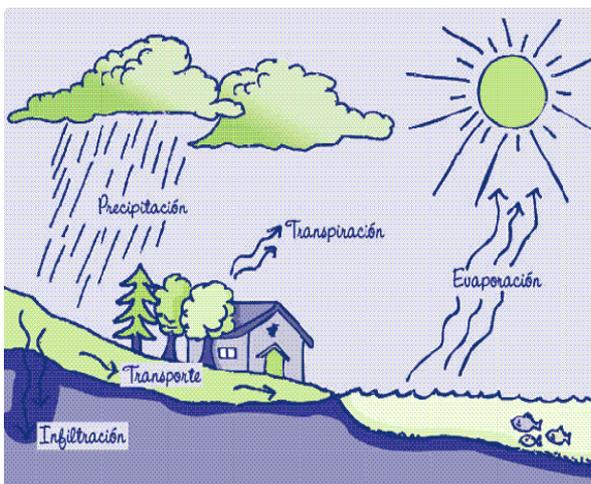


1.1. - INTRODUCCIÓN. CICLO HIDROLÓGICO; AGUA, MASAS FORESTALES Y EROSIÓN

El ciclo hidrológico, es el itinerario cíclico, que sigue el agua en nuestro planeta: Se evapora en océanos, mares, ríos, lagos y suelos, pasando a la atmósfera en forma de gas como un componente más del aire. Al ascender el aire se enfría, y el vapor de agua se condensa de nuevo en forma líquida o de hielo formando las nubes. Es a partir de este momento cuando puede caer como precipitación bien, directamente sobre superficies de agua, bien sobre los continentes. Cuando alcanza las tierras emergidas se divide en agua superficial y subterránea en el caso de que se infiltre en el suelo. La superficial puede pasar de nuevo a la atmósfera por evaporación, o resbalar y circular rápidamente por arroyos y ríos hasta llegar al mar. El agua infiltrada puede seguir un camino paralelo a la superficie o permanecer cerca de ella hasta aflorar en manantiales y fuentes. Otra porción de la infiltrada profundiza, alimentando acuíferos donde se almacena o bien, tras un camino más largo, vuelve a aflorar superficialmente por la red hidrográfica, para acabar de nuevo en el mar. Las formaciones forestales son la

Procedencia imagen:

<http://galeon.hispavista.com/ciclodevida/img/ciclo1.gif>.



mejor herramienta para la protección de los suelos frente a la erosión producida por el golpeteo de las precipitaciones y la escorrentía, evitando la pérdida de fertilidad, nutrientes y espesor o profundidad.

La maquinaria atmosférica, a partir de la capacidad erosiva de las precipitaciones y en segundo término del viento, es el agente que moviliza las partículas del suelo de las zonas altas a las bajas, llegando a los ríos, rellenando embales y presas o depositándose en el mar. Playas y deltas son algunas de las manifestaciones litorales más evidentes de cuál es el lugar a donde van a parar las partículas arrancadas por el agua y transportadas por la red hidrográfica. Las estructuras leñosas y el follaje de árboles, arbustos y matorrales son una defensa muy eficaz frente a la desertización o avance de los desiertos (lugares sin vegetación y sin agua a disposición de las plantas).

El objeto del presente documento es proporcionar, la motivación, el enfoque y los conocimientos necesarios para participar de forma interesada y puntual en la interacción agua-bosques. Tras repasar los principales conceptos asociados a la ecología del agua y de la vegetación, pasaremos a proporcionar distintas opciones de intervención en tierras forestales o sobre los recursos hídricos que las transitan. Deben formar parte de la respuesta a una planificación previa, ya sea en beneficio de la propiedad que la acoge, en beneficio de terceros o de la propia sociedad en su conjunto.

Para ello es necesario asumir que la consecución de los objetivos de gestión de caudales y flujos hídricos debe estar necesariamente supeditada al respeto de un marco básico definido por:

- La persistencia de la masa forestal.
- La disminución de los procesos erosivos presentes.

- El mantenimiento de la calidad de las aguas superficiales producidas.
- El respeto al principio de precaución: ante la duda, abstenerse o bien actuar con una opción de corrección garantizada.

Los estudios e investigaciones disponibles sobre estos temas salen a la luz de forma continua y positiva, mostrando certezas, tendencias y resultados que dejan cierto hueco para la sorpresa y la contradicción aunque, en general, van consolidando una serie de principios básicos que conviene conocer. Queremos poner al alcance de los lectores algunos de los conceptos, actuaciones, técnicas y tendencias más consolidados hasta la fecha.

Se pretende conseguir que estos saberes los cualifiquen y al mismo tiempo puedan generar nuevas posibilidades de desarrollo profesional.

Vamos a dar un importante peso al conocimiento tradicional como fuente de inspiración para el futuro así como para llevar a cabo una adecuada interpretación de los paisajes objetos de acciones de Agua Forestal. El paisaje de un territorio nos va a proporcionar datos muy interesantes sobre la vocación del mismo en materia de producción de agua que son de aplicación directa en la redacción de informes para clientes y propietarios.

ASEMFO no aspira a ser otra cosa que una correa de transmisión de conocimientos entre las fuentes y los profesionales que los van a aplicar. Es un hecho, casi una costumbre, la lejanía entre los conocimientos y saberes procedentes del mundo de la investigación y la innovación, y la empresa media española. Es un hecho, también, que incorporar valor añadido procedente del conocimiento y la información a los servicios empresariales forestales no es una estrategia al uso,

cuando la dominante es el liderazgo en precios y en concreto en precios muy bajos.

El sector empresarial que hemos bautizado como Agua Forestal, tiene como fortalezas estos elementos:

Acorta las distancias con el conocimiento y la investigación, fomentando la aplicación del mismo.

Aporta valor añadido a toda la gama de servicios empresariales propios del sector forestal y del medio natural.

Trabaja con un recurso escaso y con una previsión creciente de la demanda.

Incide en el servicio ambiental de más valor en el mercado producido por las masas forestales: La provisión de agua.

Chorrera temporal en el Sistema Central entre pinos y enebros. El caudal máximo es alcanzado en invierno, con los suelos saturados de agua y durante los meses con superávits en el balance entre precipitaciones y evapotranspiración.



1.2.- LAS PRECIPITACIONES Y LOS MONTES. AGUA VERDE Y AGUA AZUL

El viaje del agua sobre los ecosistemas terrestres empieza con las precipitaciones descomponiéndose en diversas rutas a partir de encrucijadas que llamaremos puntos de partición.

El primer punto de partición lo constituyen



las copas de los árboles que interceptan parte del agua de lluvia (Intercepción) Esta es devuelta a la atmósfera por evaporación directa, sin llegar a caer al suelo.

La otra parte de precipitación atraviesa el follaje y cae al suelo una vez que las hojas se saturan de agua.

- Al llegar al suelo una porción escurre por la superficie del mismo a favor de la pendiente, camino de cotas más bajas (Escoorrentía).
- Otra se evapora directamente volviendo a la atmósfera (Evaporación). Como esta última suele caer sobre vegetación herbácea con mayor o menor cobertura, para simplificar se incluye dentro del concepto de intercepción. Al fin y al cabo es intercepción herbácea.
- Una tercera porción se infiltra en el suelo (Infiltración)
 - Del agua infiltrada una porción es retenida por el suelo quedando a disposición de los

sistemas radicales de las plantas y volviendo a la atmósfera por transpiración.

- Otra porción se infiltra hacia zonas más profundas hasta alcanzar los acuíferos y desde ellos, de forma muy lenta, aflora de nuevo a la superficie a través de la red hidrográfica, camino del mar.
- La tercera porción, se desplaza cercana a la superficie, a favor de la gravedad, aflorando en forma de fuentes o manantiales más o menos lejanos de donde se infiltró (Infiltración subsuperficial).

Definimos el recurso sobre el que vamos a profundizar en conocimientos, el Agua Forestal, como las aguas procedentes de precipitaciones que caen sobre un predio de carácter forestal. Partimos de la consideración evidente de que a través de la silvicultura y la ordenación de las masas forestales se puede influir en los destinos del Agua Forestal y por tanto que la propiedad y sus gestores puedan influir en la optimización de los dos conceptos que la componen. Son un recurso de dominio privado.

- El agua verde, es la suma de la intercepción, evaporación y transpiración, y es equivalente al concepto conocido como evapotranspiración. En clima mediterráneo y suelo cubierto de vegetación leñosa o pastos, supone aproximadamente un 75/80% de las precipitaciones. De este 75/80%, la suma de intercepción y evaporación (Intercepción total), suele ser un valor próximo al 25% del agua verde. La transpiración supone el otro 75% y se puede decir que es directamente proporcional a la temperatura. Aumenta cuando la temperatura aumenta. Sobre

este concepto existen múltiples estudios empeñados en conocer qué especies arbóreas transpiran más cantidad de agua o menos. Una información que es claramente interesada en muchos casos para señalar la bondad o maldad de una especie y su utilización en determinadas zonas. Lo que sí son evidentes son dos matices frente a la buena explicación científica de su dependencia de la temperatura:

- Las especies propias de climas húmedos transpiran más cantidad de agua que las de climas áridos, por la sencilla razón de tener unas adaptaciones que le permiten sacar el máximo partido a la disponibilidad de agua.
- En segundo lugar, para una localidad determinada, las comunidades vegetales con mayor biomasa verde por superficie de suelo consumirán más agua que las que tengan una menor biomasa.
- El agua azul, es la suma de la escorrentía y la infiltración profunda y subsuperficial. Es la que de una forma u otra va a parar a la red hidrográfica: arroyos, ríos, lagos y embalses. En clima mediterráneo y sobre suelo cubierto de vegetación leñosa o pastos, supone aproximadamente un 25% de las precipitaciones. El Agua Azul de una cuenca mediterránea, varía dependiendo del volumen de las precipitaciones anuales. Si los máximos de precipitaciones son invernales y los inviernos son frescos, las variaciones son más importantes que si los máximos son primaverales y los inviernos templados.

La gestión de los recursos hídricos en tierras forestales mediterráneas se basa, como ya se ha dicho, en la intervención interesada sobre todos estos procesos. Un

tema clave para el Agua Forestal es interiorizar el concepto de que, de este valor medio del 25% de las precipitaciones, depende el caudal de la red hidrográfica o la provisión de agua para diversos usos. Variaciones de este porcentaje en un 20% pueden reflejar variaciones sobre el total de precipitación recibida en un 5%.

Las actuaciones de gestión a favor de un mayor volumen de agua verde, tendrá como objetivo disminuir la erosión, aumentar la cubierta vegetal de un tipo u otro o aumentar la producción de productos y servicios ambientales asociados entre los que suelen primar la biodiversidad, el paisaje y el recreo.

Las actuaciones a favor de un mayor volumen de agua azul, tienen como objetivo principal el incremento de caudales para el uso doméstico, el riego, la producción de energía... en definitiva para su almacenamiento en embalses. A escala local, el almacenaje de agua tiene su mayor aplicación en la disponibilidad de agua para el ganado, la caza, la defensa frente a incendios forestales o el incremento de la biodiversidad.

La intercepción de agua varía según las especies pero depende esencialmente de la cobertura del suelo



1.3.- TIERRAS FORESTALES (MONTES) CODIGO CIVIL Y LEY DE AGUAS

Una vez que conocemos algunos conceptos básicos relativos al agua y los montes (tierras forestales) es necesario conocer los fundamentos legales que enmarcan las posibilidades de gestión a realizar sobre estos dos recursos naturales básicos e interdependientes: montes y agua. Dos recursos que pueden ser de propiedad pública o privada, y que desde el ejercicio del derecho de la propiedad generan bienes económicos con valor en el mercado.

En relación con el concepto de producción de agua en Tierras Forestales, nos interesa especialmente el caso de las aguas pluviales o las precipitaciones.

TIERRAS FORESTALES O MONTES

La ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, o Ley de Montes define este concepto, al que nosotros hemos asimilado el sinónimo de tierras forestales.

Montes ⇔ Tierras forestales

Artículo 5. Concepto de monte

1. A los efectos de esta ley, se entiende por monte todo terreno en el que vegetan especies forestales arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, sea espontáneamente o procedan de siembra o plantación, que cumplan o puedan cumplir funciones ambientales, protectoras, productoras, culturales, paisajísticas o recreativas.

Tienen también la consideración de monte:

- a)** Los terrenos yermos, roquedos y arenales.
- b)** Las construcciones e infraestructuras destinadas al servicio del monte en el que se ubican.
- c)** Los terrenos agrícolas abandonados que cumplan las condiciones y plazos que determine la comunidad autónoma, y siempre que hayan adquirido signos inequívocos de su estado forestal.

d) Todo terreno que, sin reunir las características descritas anteriormente, se adscriba a la finalidad de ser repoblado o transformado al uso forestal, de conformidad con la normativa aplicable.

e) Los enclaves forestales en terrenos agrícolas con la superficie mínima determinada por la Comunidad Autónoma.

2. No tienen la consideración de monte:

a) Los terrenos dedicados al cultivo agrícola.

b) Los terrenos urbanos y aquellos otros que excluya la comunidad autónoma en su normativa forestal y urbanística.



Cartografía típica de rañas en Extremadura

PROPIEDAD Y DOMINIO DEL AGUA

Por otro lado debemos saber que dice la ley sobre cuáles son las aguas de dominio privado. En concreto el CODIGO CIVIL, que incorpora los artículos específicos sobre el tema de la Ley de Aguas, señala:

Son de dominio privado:

1. ° Las aguas continuas o discontinuas que nazcan en predios de dominio privado, mientras discurren por ellos.
2. ° Los lagos y lagunas y sus álveos, formados por la naturaleza en dichos predios.
3. ° Las aguas subterráneas que se hallen en éstos.

4. ° Las aguas pluviales que en los mismos caigan, mientras no traspasen sus linderos.

5. ° Los cauces de aguas corrientes, continuas o discontinuas, formados por aguas pluviales, y los de los arroyos que atraviesen fincas que no sean de dominio público.

Sobre los aprovechamientos de dichas aguas dice:

Artículo 412. El dueño de un predio en que nace un manantial o arroyo, continuo o discontinuo, puede aprovechar sus aguas mientras discurren por él; pero las sobrantes entran en la condición de públicas, y su aprovechamiento se rige por la Ley especial de Aguas.

Artículo 413. El dominio privado de los álveos de aguas pluviales no autoriza para hacer labores u obras que varíen su curso en perjuicio de tercero, ni tampoco aquellas cuya destrucción, por la fuerza de las avenidas, pueda causarlas.

Artículo 416. Todo dueño de un predio tiene la facultad de construir dentro de su propiedad depósitos para conservar las aguas pluviales, con tal que no cause perjuicio al público ni a tercero.

LEY DE AGUAS (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas). La ley de aguas nos permite aclarar un concepto más:

Artículo 10 Las charcas situadas en predios de propiedad privada

Las charcas situadas en predios de propiedad privada se considerarán como parte integrante de los mismos siempre que se destinen al servicio exclusivo de tales predios y sin perjuicio de la aplicación de la legislación ambiental correspondiente.

Agrupando dichas normativas se obtienen las siguientes conclusiones:

- Las aguas pluviales que caen sobre tierras forestales (montes), pueden ser aprovechadas por su propietario con fines particulares hasta que salgan de su propiedad.
- Los cauces o álveos que nacen en tierras forestales (montes) hasta que salen de la propiedad, son del propietario del predio, siempre que las actuaciones sobre los mismos no perjudiquen a terceros. Este perjuicio se entiende como daños materiales o bien como objeto de un riesgo potencial de avenidas o riadas.
- Dada la íntima relación entre masas forestales y precipitaciones, la gestión de las primeras condiciona y repercute sobre las aguas pluviales hasta que salen de la propiedad gestionada.
- Los conceptos intercepción, transpiración, escorrentía e infiltración se corresponden con las rutas seguidas por las aguas pluviales de dominio privado y en consecuencia con las cantidades de aguas verdes y azules de dominio privado generados en la propiedad.
- El propietario, deberá buscar para su propiedad un equilibrio entre aguas verdes y azules de acuerdo con sus intereses personales y públicos.

Imagen del SIGPAC, donde se observa un cauce de dominio público y privado en su zona de cabecera (inferior izquierda)





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

1.4.- AGUA FORESTAL: EL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Cuando trabajamos en lo que hemos llamado Agua Forestal nos encontramos ante un tema innovador en el ámbito del conocimiento que está generando un goteo constante de nuevos datos e investigaciones. Pueden ser informaciones directas sobre el tema o bien de temas colaterales, que apuntan muchas tendencias y algunas certezas. Al mismo tiempo se han iniciado importantes debates y cuestiones básicas relacionadas con la planificación forestal y del agua.

Nos movemos en el mundo de lo potencial, de la posible oportunidad, del riesgo controlado, en la medida que no existen datos experimentales suficientes para tomar decisiones. La honradez y la prudencia van a ser dos valores básicos para trabajar en Agua Forestal y cada una de las actuaciones que podamos emprender con nuestros dientes y de cara a usuarios y ciudadanos, nos convertirán en punta de lanza del sector, así como en agentes principales de proyectos piloto. En ellos los agentes implicados, empresarios, clientes, gestores, trabajadores y usuarios apostarán por una visión fundamentada y deductiva.

En abril, las tierras forestales del Sistema Central están saturadas de Agua. A partir de este mes la ETP superará a las precipitaciones y la recolección de Agua Azul se anulará.



Moverse en este campo, requiere dotarse de un bagaje de conocimientos básicos en ecología del agua y forestal y no tanto técnico. Es absolutamente necesario conocer las relaciones e interdependencias entre el agua y la vegetación, para poder adoptar un nuevo enfoque de gestión o técnico, donde el recurso hídrico pasa a ser el más valioso así como el que más va a condicionar los ecosistemas forestales mediterráneos. La técnica vendrá después. Inicialmente con la adaptación de procedimientos, equipos y maquinarias, y posteriormente con las aportaciones procedentes de la innovación y la investigación.

Hemos constatado, con el aprendizaje y la documentación, así como a partir del estudio de Diagnóstico de la demanda sobre Agua Forestal realizado en este proyecto, que existen algunos importantes tópicos generalizados sobre Agua Forestal que no corresponden al saber científico. También que algunos saberes científicos aparentemente consolidados no son aplicables de forma generalizada a todo el mediterráneo peninsular, sin ir mucho más lejos, y que sin embargo se están extendiendo de forma muy rápida.

Por ejemplo, sabemos que el incremento de la superficie forestal en un territorio a favor de la ocupación de tierras de cultivo abandonadas o a partir de la disminución de la presión ganadera, hace que el Agua Azul disponible para la red hidrográfica, disminuya en un porcentaje que algunos autores sitúan en el 30% para incrementos superiores al 200% de la superficie forestal inicial. A la inversa este hecho se puede enunciar de otra manera, la disminución de la superficie forestal en más de un 50% podría revertir en incrementos de los caudales superiores al 30%.

Sin embargo la mayor parte de los profesionales del Medio Natural, de acuerdo con el estudio de diagnóstico realizado en el

proyecto Agua Forestal de ASEMFO, cree, como la mayoría de la sociedad, que el incremento de las masas forestales mediterráneas en un territorio conlleva un aumento de estos caudales, así como su regulación y atemperamiento durante el año. Es decir conocimiento científico y conocimiento general no son coincidentes. Son contradictorios. Desde el sector de actividad asociado a Agua Forestal nos encontramos pues con un obstáculo inicial ocasionado por la falta de la adecuada información sobre el tema. Nuestra respuesta profesional será mantener el criterio de optimización del uso y el punto de equilibrio entre Agua Azul y Agua Verde, de acuerdo con los criterios de la propiedad y en el marco de la normativa de impacto ambiental.

Asociada a este hecho, existe también una corriente informativa, que intenta destacar los efectos sobre la disminución de los caudales del proceso de incremento de la superficie forestal, vinculada a colectivos gestores del suministro del agua en su faceta final, de consumo doméstico, de regadío, industrial o energético. De este colectivo debemos tomar la idea que entiende el agua como recurso final de la gestión o bien como factor productivo básico de otros recursos como son la ganadería o la producción vegetal. En nuestro caso la palabra Agua Forestal será inseparable del mantenimiento de la persistencia de la masa y de los servicios ambientales que proporcionan como Agua Verde.

Otro ejemplo, que nos ha llamado la atención durante este periodo, pues hemos participado generosamente en su equivocada difusión, es la afirmación de que el caudal de los ríos en las cuencas mediterráneas de tamaño medio, varía poco de un año para otro. La explicación incompleta se basa en que las precipitaciones altas en los años generosos



En toda cuenca mediterránea aparecen zonas más o menos desprovistas de vegetación que son recolectoras casi instantáneas de agua de escorrentía.

en agua son absorbidas y aprovechadas por la vegetación. Se transforman en Agua Verde y no tienen mucha influencia en el Agua Azul. Este hecho se puede producir en zonas mediterráneas con precipitaciones inferiores a los 500 mm, de inviernos templados con máximas precipitaciones primaverales u otoñales y con un alto nivel de calidad y conservación de las masas forestales que conlleva una elevada capacidad de retención del agua del suelo. Sin embargo, en nuestra península, lo normal son precipitaciones generalmente superiores a 450 mm, altas precipitaciones invernales, existencia de un invierno frío y suelos con baja capacidad de retención. En estos lugares una gran parte de la precipitación invernal se transforma en Agua Azul, generando importantes variaciones de caudales anuales.

Reconocemos la provisión de Agua como el servicio ambiental más valioso de las tierras forestales. Que existe una relación inversa entre incremento de la masa forestal en el territorio y la disminución de recursos hídricos en la red hidrológica. Que los efectos de la selvicultura hidrológica sobre



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ANEF ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

los caudales de Agua Forestal y su composición son conocidos cualitativamente, pero que cuantitativa o experimentalmente los datos sobre los efectos son todavía escasos y tienen una alta dependencia de las condiciones locales de cada territorio o de cada predio. Basta señalar en este sentido, que el concepto de "Selvicultura hidrológica" en buscadores de internet solo obtiene resultados para el último Congreso Forestal Nacional. Previamente no es reconocido como tal.

Recordamos, de nuevo, los principios de prudencia y honradez en nuestra actividad profesional. El reconocimiento del carácter de agentes piloto (visionarios), de los profesionales y entidades que inician su actividad en este tema, junto a los clientes que demanden dichos servicios y productos. Motivación, capacidad de observación, extrapolación de conclusiones, comunicación y experimentación serán elementos básicos que nos van a acompañar en el desarrollo de los

contenidos de esta guía.

Balsa ganadera de unos 30 años de antigüedad en Extremadura donde sus taludes han sido colonizados de forma natural por pino resinero (Pinus pinaster)



2.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS

Los conceptos básicos que rigen las relaciones entre el agua y la vegetación, en el mundo mediterráneo, los que definen y caracterizan su clima, así como los que nos permiten interpretar las relaciones de equilibrio entre el Agua Azul y el Agua Verde como componentes del Agua Forestal son esenciales para incorporar y avanzar en el enfoque profesional que caracteriza este tema. El futuro del Agua Forestal como sector profesional o como disciplina de conocimiento, depende de la adquisición de un nuevo punto de vista para la gestión de las tierras forestales mediterráneas: el reconocimiento de su papel esencial y prioritario en la provisión de agua para diversos usos así como su capacidad para influir en el ciclo hidrológico local y regional a partir de la ordenación, la gestión y el manejo.

Es muy significativo que seamos capaces de hablar y escribir sobre selvicultura del carbono, selvicultura para el recreo o selvicultura para la protección de suelos, y que si tratamos de encontrar tratados o manuales sobre Selvicultura del Agua o Hidrológica, no seamos capaces de encontrar casi nada salvo la interesantísima línea de la oasisificación o algunas líneas de investigación relacionadas con pequeñas cuencas forestales.

Manejar estos conceptos nos permitirá fundamentar e innovar en tratamientos, laboreos, ordenaciones o cualquier otra acción técnica y de gestión que se pueda hacer en nuestros montes, destinados de forma directa o indirecta a incidir en la provisión de agua o bien en la modificación del ciclo hídrico local a su paso por el tapiz vegetal de las tierras forestales.

Sabinares próximos a El Bonillo, Albacete. Atravesando la fotografía un arroyo que aporta humedad freática a las vegas que lo circundan.





"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

2.1.- EL AGUA Y LAS PLANTAS. INTRODUCCIÓN

Como casi todos saben, el agua lo es todo para el Planeta y para la vida que allí habita. Todo se lo debemos al agua, todo tiene su sentido porque existe el agua, y por supuesto por la energía solar que es el motor que mueve toda la maquinaria, siendo el agua el vehículo. El sol mueve el agua y esta desencadena los procesos de movimiento de la superficie terrestre y de todo lo que pasa en la Biosfera.

Una molécula muy especial la del agua (H_2O , un átomo de hidrógeno y dos de oxígeno), con una serie de características físicas y químicas que la hacen única y sobre la cual se ha montado todo el edificio de la vida en nuestro Planeta y todo el árbol evolutivo de la Historia de la Vida sobre la Tierra, hasta nuestros días.

Algunas propiedades de ese líquido extraordinario que es el agua son:

- Tensión superficial alta
- Alto calor específico
- Alto calor de vaporización

Dentro del entramado de la vida, las "plantas" son fundamentales, sean del tipo que sean (criptógamas, árboles, arbustos, hierbas, etc.), por realizar, también gracias al sol, la captación de la luz, el agua y el CO_2 para fabricar materia orgánica (fotosíntesis).

Dentro de los Biomas de la Tierra, es el Mediterráneo uno de los más dependientes o condicionados en su existencia por la disponibilidad de agua. De hecho se suele definir lo mediterráneo por la existencia de un periodo de sequía o de déficit hídrico, más o menos largo, por lo que dependiendo del tipo de mediterraneidad, así tenemos las diferentes variantes de clima mediterráneo.

El agua es como una pepita de oro, escasa y limitada especialmente en el Mediterráneo, de la que no se puede dejar escapar ni una sola gota. El éxito obtenido en las explotaciones forestales mediterráneas o en las fincas, plantaciones u otros medios forestales y agrarios, depende del máximo rendimiento y aprovechamiento que demos al agua, es decir, la eficiencia en el uso de los recursos hídricos.

La relación de las plantas con el agua es el motivo principal de sus adaptaciones al medio (no el único, por supuesto). Así, hay especies vegetales que soportan más o menos la desecación o *xerofitismo*, existiendo una serie de estrategias de adaptación.

En términos generales se pueden distinguir cuatro grandes tipos de plantas:

- Xerófitas. Adaptadas a la sequía en grado diverso, presentan mecanismos de adaptación a la sequía. Xerófito en general es un ser vivo que habita en medios secos ya sea por clima o condiciones edáficas. Se habla de xericidad en general.
- Higrófilas. Amantes de la humedad, necesitan vivir en condiciones de suelo o ambiente fresco y húmedo. Higrófito es un ser vivo propio de medios húmedos.
- Mesófilas. Intermedias entre las dos categorías anteriores, tienen una necesidad media de disponibilidad de agua. Mesófito es un ser vivo propio de condiciones intermedias entre medio seco y húmedo.
- Hidrófilas. Plantas acuáticas estrictas, que cubren su ciclo completo prácticamente en el agua. Presentan adaptaciones a vivir sumergidas, total o parcialmente. Un Hidrófito es un ser vivo que se desarrolla dentro del agua ya sea de vida libre o enraizada en el

fondo. Sinónimo de acuático, acuícola, acuátil, etc.

Todos estos conceptos son importantes para conocer el clima o el microclima de una zona o sus puntos de agua y humedad, así como las orientaciones y las pendientes a la hora de gestionar un territorio. La relación de las plantas y la vegetación con el clima es un factor de correlación directo, muy importante para la interpretación del medio en líneas generales. Además las plantas hablan también de la calidad del medio donde viven, sus condiciones y del grado de transformación o explotación humana.

Según lo dicho, se presentan en las plantas tres situaciones posibles en relación al agua:

- Tolerar sequía: soportar la ausencia de agua temporalmente o casi constantemente.
- Necesitar presencia de agua. Viven en contacto directo o íntimo con el agua.
 - Total: plantas acuáticas estrictas
 - Parcial: plantas higrófitas y helófitas
- Necesitar sequía. No pueden vivir en presencia importante de agua. Por ejemplo plantas del desierto, plantas crasas, etc.

Algunas adaptaciones de las plantas.

- A la falta de agua: acumular agua en sus tejidos, largas raíces y profundas, evitar transpiración, esclerofilia, reducción de la superficie foliar, biotipo vivaz o anual; ciclo vital corto o efímero, etc.
- Al exceso de agua: tejidos aeríferos, ausencia de tejidos de sostén, raíces aéreas, etc.

En relación al agua y su disponibilidad es importante conocer una serie de términos ecológicos que describen determinados hábitats (también llamados biotopos o

estaciones ecológicas). Son muy importantes en el ámbito mediterráneo a la hora de interpretar el medio. Se considera importante conocer estos términos para tener una idea de su incidencia en el mundo mediterráneo y en el árido, sobre todo ante la escasez de agua.

El término "estación ecológica" alude al conjunto de factores que actúan en una localidad geográfica determinada y su influencia sobre los seres vivos, incluido el hombre. En el presente trabajo solo se hace referencia a este concepto en relación con el agua, su disponibilidad o escasez.

Se establece todo un glosario terminológico en relación al agua, la humedad y sus hábitats. Se suele aplicar más frecuentemente a los tipos de plantas pero es válido para las faunas tanto vertebradas como invertebradas, insectos, etc. y para cualquier ser vivo. Vamos a completarla.

- Psicrófito sería una variante de xerófito, se refiere a sequedad por bajas temperaturas.
- Helófito (aplicado generalmente casi exclusivo a plantas), que arraiga en el fondo del agua pero que tiene órganos vegetativos y reproductores aéreos.

Zona higróturbosa en una Dehesa extremeña con precipitaciones medias anuales superiores a 600 mm.



- Palustre, que se cría en zonas pantanosas o turbosas. Términos relacionados con este son: esfagnícola, turberícola, turfófilo, húmico. No obstante, conviene matizar que no todo lo turboso es húmedo, existen zonas de suelo turboso seco, donde predomina vegetación más bien de tipo mesófilo.
- Higroturboso se aplica a medios intermedios entre el humedal herbazal y el palustre o turboso húmedo propiamente dicho.

Los lugares pantanosos, turbosos húmedos o higroturbosos suelen tener en el ámbito mediterráneo y zonas limítrofes una terminología popular local variada e interesante que se analizará en otra ficha.

Tobas calcáreas en La Alcarria (Guadalajara)
Según la salinidad puede hablarse de:



- Dulceacuícola. Término definido, significa que vive en agua dulce.
- Talasófito o marino, según salinidad, que vive en aguas salobres o salinas ya sean litorales, sublitorales o interiores.

Según las aguas sean estancadas o corrientes:

- Léntico. De aguas estancadas o muy remansadas.
- Lótico o reófilo. Variante del anterior que se desarrolla en aguas corrientes.

Según el carácter químico de las aguas o del suelo:

- Halófilo. Indica o prefiere ambientes salinos (ya sean acuáticos o terrestres).
- Tiófilo. Ídem que halófilo, de ambientes sulfurosos o sulfhídricos.

En relación a la insolación o a la falta de esta:

- Ombrófilo. Amante de la lluvia. A menudo también se considera amante de la sombra.
- Esciófilo o umbrófilo. Según insolación, que requiere sombra para vivir.
- Heliófilo o esciófobo. Según insolación, que requiere sol o insolación directa para vivir.

Las clasificaciones y definiciones no solo clasifican y definen, valga la redundancia. Conocerlas nos permite incorporar el concepto que hay detrás de ellas y en consecuencia incrementar nuestra capacidad de interpretar los paisajes y las tierras sobre las que vamos a trabajar. Dispondremos de una mayor gama de variables diferentes para afianzar los diagnósticos hídricos que tengamos que hacer sobre el potencial y la vocación de las propiedades y tierras que vayamos a valorar. El concepto clasificación lo transformaremos en lista de chequeo durante nuestro trabajo de campo.

2.2.- LAS TIERRAS FORESTALES Y EL AGUA A ESCALA GLOBAL Y PLANETARIA

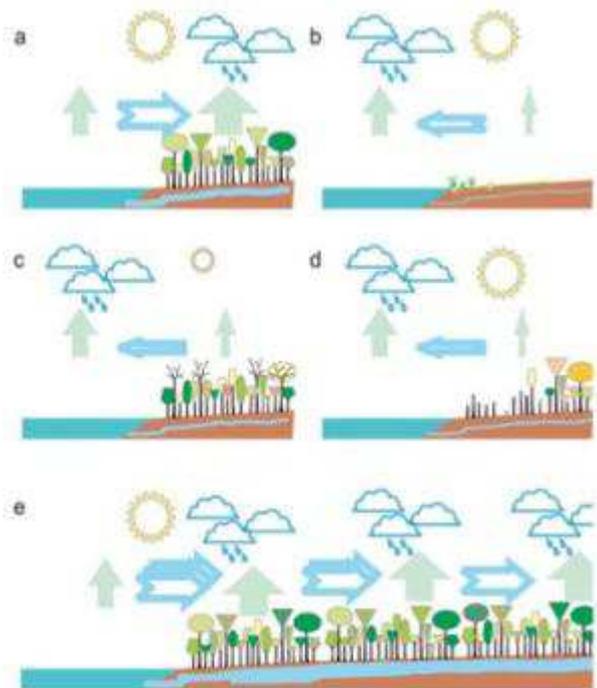
Para iniciar este tema nos haremos una pregunta básica ¿Aumentan los bosques la cuantía de las precipitaciones? La respuesta a escala planetaria de esta pregunta tiene oficialmente una respuesta dominante: es el modelo físico de la circulación general atmosférica el que define el clima del planeta en sentido amplio. La distribución heterogénea de océanos y continentes matiza este hecho y lo reorganiza de acuerdo a los obstáculos y corredores que originan, así como a partir de la disponibilidad de "fuentes" para generar humedad atmosférica. En este caso es esencial la distribución de mares y océanos e incluso la de las cuencas de los grandes ríos. Por último, se considera que la vegetación ocupa las tierras emergidas de acuerdo con el clima existente de acuerdo con dos variables dominantes: aridez/precipitación y temperatura.

A la vegetación, en su adaptación a los climas del mundo, se le reconoce una influencia moderada, encaminada a favor de mantener las condiciones para lograr su supervivencia a largo plazo y obtener el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles ocupando paulatinamente todos los nichos disponibles espacialmente. Su influencia sobre ciclos como el del carbono, marca una línea de interrelación con las precipitaciones a partir del calentamiento global, por ejemplo. Su efecto directo sobre las precipitaciones no es tan claro. Sin embargo vamos a poner varios ejemplos a favor de este hecho, que nos deben mantener alerta y dejar abierta la respuesta a la pregunta inicial.

LAS SELVAS TROPICALES:

Están situadas en la zona ecuatorial, la más caliente del planeta. En estas tierras, el aire cargado de humedad que envuelve a los

bosques tropicales es calentado por el sol durante el día y asciende con fuerza hacia las alturas. Al elevarse se enfría y el agua que contiene en estado gaseoso se condensa. Se forman las nubes, en las que van generándose gotas cada vez mayores de modo que las fuerzas ascendentes que las sostienen o elevan, no puedan con ellas y acaban por caer al suelo en forma de lluvia. Este ciclo se repite diariamente a lo largo de todo el año. Para que se produzca, los bosques tropicales deben disponer constantemente de agua al alcance de sus raíces. Para ello se requiere la existencia de un ciclo cerrado de retomo de casi toda el agua evaporada y transpirada algo que se consigue con las lluvias.



En los últimos años ha cogido fuerza la teoría de la Bomba Biótica, que afirma que los bosques tropicales son capaces de transpirar y evaporar agua con mayor eficacia que la evaporación producida al calentarse la superficie del mar. Es decir, bombeándola con mayor fuerza hacia el cielo. Este hecho haría que, en ausencia de relieves que puedan obstaculizar o desviar el paso a los vientos ecuatoriales, estos

tomen un sentido dominante desde el océano hacia el continente. De esta manera se obtiene la fuente de humedad necesaria para renovar el agua que sale desde el interior del continente hacia el mar a través de ríos y aguas subterráneas. En ausencia de estos bosques la dirección dominante se invertiría. En la imagen se puede observar los efectos de la desaparición del bosque y como con el tiempo se podría volver a restituir el sentido de la circulación del aire y de la corriente de lluvias (Ver gráfica)



Fuente: <http://www.nvfl.noaa.gov/Green.html>

LA TAIGA Y LOS BOSQUES CADUCIFOLIOS DE CLIMA Templado FRÍO

Si observamos un mapamundi con la vegetación mundial, nos encontramos con una banda forestal al Norte del paralelo 40°. Está dominada en sus latitudes inferiores por bosques caducifolios y en las superiores por la taiga o bosque de coníferas de climas más fríos. En estas regiones de la tierra los vientos dominantes son del Oeste. Durante los meses fríos los vientos proceden de los océanos, asegurando la fuente de agua en la atmósfera. Durante los meses cálidos, el interior del continente se calienta mucho lo que permite mantener la dirección dominante del Oeste por convección. La continuidad de los bosques desde las costas nos permite afirmar que las dimensiones de dicha banda forestal, así como su mantenimiento, es consecuencia de la existencia de un pasillo de atmósfera

húmeda que permite a los vientos del Oeste mantener su carga de humedad y hacer que las precipitaciones lleguen a zonas alejadas de las costas. La evapotranspiración de dichas masas, superior al 75% de las precipitaciones, convierte a las superficies forestales en una cinta transportadora de humedad, permitiendo que los vientos húmedos se mantengan de esta manera en su circulación hacia el Oeste y permitiendo su entrada hasta ciertas zonas interiores. La presencia de obstáculos montañosos, rompe la eficacia de la "cinta", pues provoca fuertes precipitaciones a barlovento, dejando las masas de aire a sotavento, descargadas de humedad y sin poder mantener el ciclo precipitación >> evapotranspiración >> precipitación >>

Podemos pensar que a escala planetaria, la evolución de la vida sobre la tierra ha hecho que existan flujos climáticos que se retroalimentan a favor de la existencia de las formaciones vegetales más exitosas.

LA LAURISILVA CANARIA Y LOS BOSQUES NUBOSOS TROPICALES

Nuestras Islas Canarias nos ofrecen otro ejemplo singular, en el que los bosques son un captador eficaz de precipitación horizontal. Son las laurisilvas. Una reliquia forestal del terciario, con unas 20 especies de árboles distintos. Muchos de ellos tienen una hoja similar a la del laurel o a la del aligustre, capaz de captar el agua de niebla de los mares de nubes canarios de media altitud. Su eficacia necesita del empuje constante de los vientos alisios del NE, causa de su existencia y de un constante flujo de humedad en forma de niebla que al atravesar el follaje hace que el agua recogida bajo su dosel, llegue a triplicar el volumen de la precipitación medida en su exterior. Los bosques de laurisilva, conocidos genéricamente como bosques nubosos se dan en otros muchos lugares del mundo como son las fachadas Este y

Oeste de los continentes con vientos húmedos constantes procedentes del mar y cordilleras cercanas que les obliguen a elevarse o bien zonas montañosas intertropicales. En las proximidades de Lisboa aparecen formaciones vegetales puntuales similares a la laurisilva, debido a las brisas marinas diurnas que soplan hacia tierra adentro, unido a los abundantes temporales del oeste en las estaciones más frías y primaverales.

En el clima mediterráneo y a escala local se pueden dar situaciones similares a las señaladas a escala global:

- La continuidad de las masas forestales y la humedad incorporada al aire por efecto de la evaporación y la transpiración.
- La presencia de nieblas orográficas en zonas forestadas de montaña.
- El color oscuro de las masas vistas desde el cielo y su mayor calentamiento frente al entorno.
- La rugosidad del bosque frente al paso del viento que genera elevación del aire cuando pasa por encima.

De todas ellas participa en mayor o menor medida cualquier masa forestal. Sin embargo a escala local su repercusión en el incremento de precipitaciones es inapreciable salvo el caso de la precipitación horizontal que es cuantificable pero de poca importancia. En estos casos se necesita un importante número de días de niebla de advección al año.

El incremento de las masas forestales en muchas regiones de España ha sido muy importante a raíz del abandono de cultivos y pastoreo en tierras poco productivas o marginales. En estos espacios se señala este hecho como el motivo principal de la disminución de los caudales en sus cuencas en los últimos 50 años. La vegetación forestal mediterránea incrementa el



Presencia de nieblas orográficas en zonas forestadas de montaña. Sistema Central.

consumo de Agua Verde, frente a la presencia de importantes escorrentías, bajas interceptaciones y suelos con poca capacidad de retención de agua. Este concepto se considera un hecho probado pero sobre el que es fácil señalar muchas excepciones como ya iremos explicando a lo largo de la guía. No hemos leído nada que indique que el incremento de las masas forestales, haya conllevado un incremento de las precipitaciones, al aumentar la evapotranspiración o, al menos, no hemos encontrado ningún escrito o documento en este sentido. Quizás simplemente porque no es objeto de investigación.

La creencia ciudadana general es que los bosques incrementan las precipitaciones. La ciencia nos dice, por ahora lo contrario en el entorno Mediterráneo. Los bosques consumen más agua que si no hubiera vegetación y los caudales que van a parar a la red hidrográfica disminuyen. Esta afirmación, como ya hemos dicho, tiene muchos matices en el mundo mediterráneo que iremos conociendo poco a poco.

LOS BIOMAS

Como sabemos el macroclima condiciona las grandes formaciones vegetales del

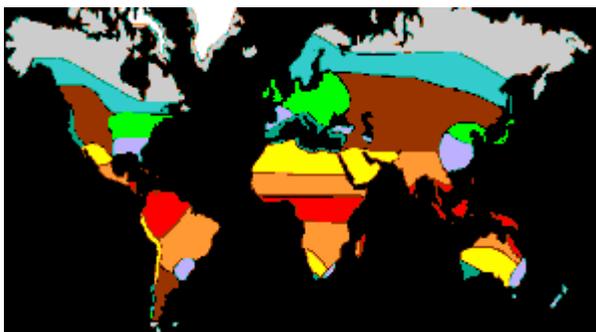
Planeta. Es sin duda el factor más importante y éste está encabezado por la precipitación media existente.

Si contemplamos un mapa climático del mundo y otro de la vegetación terrestre veremos su paralelismo. Se establecen una serie de anillos climáticos desdibujados que se corresponden con las grandes unidades de paisaje planetario, llamadas también BIOMAS. Dichos anillos horizontales se distribuyen en latitud que, como sabemos, es el factor planetario más importante como condicionante del clima. Decimos que están desdibujados porque se producen importantes alteraciones debidas a la distribución de los continentes (masas terrestres), las corrientes marinas y los vientos dominantes, a menudo provocadas a su vez por los dos factores anteriores.

Hablamos también de Regiones Fitodimáticas, que son en realidad las grandes Regiones Naturales o "países" de la Tierra. En último término, los regímenes hidrológicos son los motores del Planeta (el motor central base es por supuesto el Sol).

Las montañas y demás accidentes geográficos (o geomorfológicos), introducen grandes variaciones que se corresponden a distintos niveles con los climas locales o microclimas. El concepto de Microclima es muy importante, influyendo a todos los niveles, hasta a muy pequeña escala, y nos ayuda a entender la disponibilidad mayor o menor de agua en cada caso concreto.

Biomias de Walter simplificados



Distinguimos 11 grandes principales Biomias terrestres, la mayoría de los cuales son forestales (7). Sólo en aquellas zonas donde la temperatura media del mes más cálido no alcanza los 10°C, no pueden crecer los bosques. Hablando claro, queremos decir, que no existe ni siquiera un mínimo verano, que permita la fabricación de estructuras leñosas potentes (hay agua pero no se puede disponer de ella). En sentido inverso, en los Biomias desérticos el factor limitante es el agua, por falta de precipitaciones y gran evapotranspiración. A saber:

BIOMIAS NO FORESTALES

1. Tundra
2. Desierto
3. Estepa, pradera, semidesiertos y formaciones arbustivas

BIOMIAS FORESTALES

1. Bosque de coníferas y taigas
2. Bosque templado caducifolio (incluye variante atlántica u oceánica)
3. Bosque mixto coníferas-caducifolios
4. Bosque mediterráneo, esclerófilo y subesclerófilo.
5. Sabanas, bosques abiertos, bosques y matorrales espinosos
6. Bosque tropical estacional o subtropical
7. Bosque lluvioso tropical o ecuatorial / bosque lluvioso templado
8. Bioma montano complejo (Montañas y grandes cordilleras)

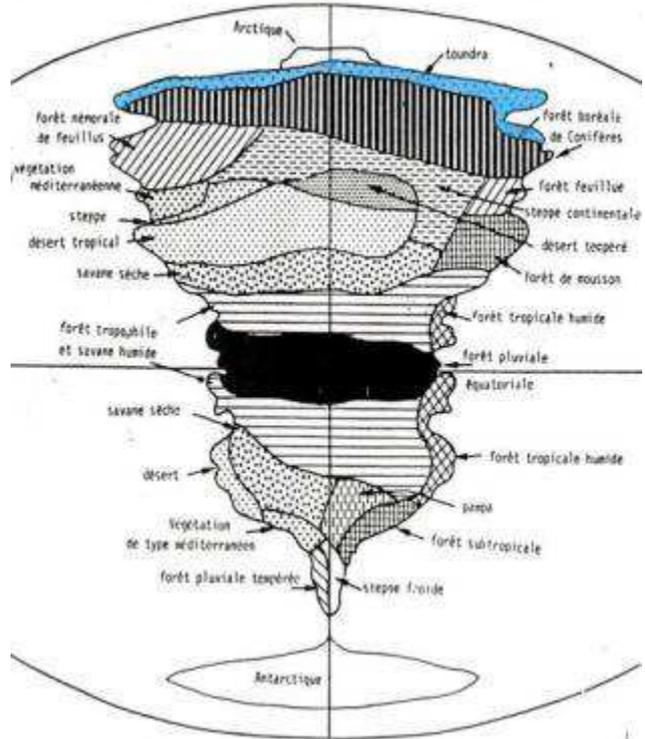
Para acabar mostramos unas figuras para meditar sobre ellas y sacar conclusiones.

Cada bioma se asocia a un intervalo de precipitación aproximado. Son muy conocidos los Biomias de Walter, conocido geobotánico (Heinrich Walter), cuyo criterio fue totalmente climático para interpretar la vegetación. Podemos comparar sus conclusiones con las clasificaciones anteriores.

Biomás de Walter (1983-86): simplificación en color

- I.- Ecuatorial (selva tropical húmeda)
- II.- Tropical (bosque tropical seco caducifolio o esclerófilo/sabanas)
- III.- Subtropical árido (desiertos cálidos)
- IV.- Mediterráneo (bosques esclerófilos perennifolios, estepas y matorrales)
- V.- Templado oceánico (bosque perennifolio lauroide: laurisilvas y nebliselvas)
- VI.- Templado frío en invierno (bosques planocaducifolios, landas)
- VII.- Estepas y desiertos fríos (estepas leñosas o herbáceas)
- VIII.- Boreal con inviernos muy fríos (bosque aciculifolio perenne -"taiga"-)
- IX.- Tundra (tundra)
- X.- Alta Montaña (Templada o Tropical)

Son famosas igualmente las figuras de un solo continente virtual y la distribución de sus anillos modificados de clima y vegetación, basados en la idea inicial del autor A. Miller modificada. Mostramos dos imágenes de esta idea, primero "el continente promedio de Tröll" y más abajo el continente virtual de Stralher & Stralher (1989).



El marco de reflexión propio de la descripción de los grandes biomas mundiales deja poco margen para la acción de la vegetación sobre el clima: el ciclo del carbono como vía indirecta relacionada con temas de enfriamiento y calentamiento general y una influencia menor en el atemperamiento de los fenómenos climáticos en marcha.

Por otro lado nos abre los ojos a la búsqueda de información disponible en otros lugares del planeta con climas similares al nuestro, bien por la sequía estival, bien por la presencia de algún grado de aridez.

A continuación profundizaremos en el concepto de mediterraneidad a escala global, lo que nos permitirá comprender las dificultades que ofrece nuestro clima al desarrollo vegetal así como la singularidad espacial del mismo, que ha dado lugar a uno de las regiones calientes en biodiversidad del planeta. En nuestro caso agua más mediterraneidad da lugar a incrementos de biodiversidad.

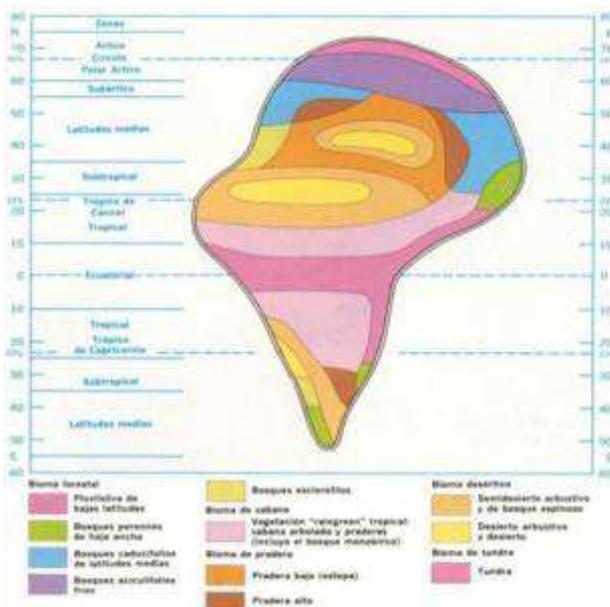


Figura de los tipos de biomas en un continente ideal.

2.3.- EL MUNDO MEDITERRÁNEO Y LA VEGETACION

El ámbito mediterráneo ocupa los cuatro quintos (4/5) de la geografía de nuestro país. Pero el contorno del Mediterráneo no es la única región de la tierra donde esto ocurre, hay otras cuatro zonas, mencionadas más abajo, que presentan este tipo de clima, donde la relación entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial son negativas habiendo un periodo de sequía más o menos largo, lo que impone unas condiciones duras para la vegetación. Se trata de regiones donde la demanda de provisión de agua para las tierras forestales es potencialmente alta y creciente.

Área de distribución potencial de la encina



Coinciden las regiones mediterráneas (por clima y vegetación), del mundo, con las fachadas occidentales de las grandes masas continentales.

La variabilidad del mundo mediterráneo desde un concepto clásico, se establecía según los meses de déficit hídrico:

- 1-2 meses de sequía - Submediterráneo
- 3-4 meses de sequía - Mesomediterráneo
- 5-6 meses de sequía - Termomediterráneo
- 7-8 meses de sequía - Mediterráneo árido o xerotémico (subdesértico)

Basándose en esta idea se establecen los llamados pisos bioclimáticos, aunque en este caso clasificados en función de la temperatura, pues que se sustituyen unos a otros, ya sea en altitud o en latitud,

estableciendo lo que se denomina igualmente cliserie altitudinal.

Pisos bioclimáticos (o cliserie altitudinal según temperaturas medias anuales, T^a):

Criomediterráneo (Piso no forestal, vegetación de montaña y alta montaña) $T^a < 4$

Oromediterráneo (parcialmente forestal) $T^a 4-8^{\circ}$

Supramediterráneo $T^a 8-13^{\circ}$

Mesomediterráneo $T^a 13-17^{\circ}$

Termomediterráneo $T^a 17-19^{\circ}$

Inframediterráneo $T^a > 19^{\circ}$

- Criomediterráneo o piso de la alta montaña, con un mosaico alternante de hábitats como pastizales de tipo alpino, comunidades vegetales rupícolas, turberas, canchales y comunidades de megaforbias.
- Oromediterráneo o piso de montaña. Dominados por formaciones arbustivas de coníferas cupresáceas (enebros y sabinas), así como de matorrales de leguminosas y ericáceas y pastos climáticos de montaña. En su horizonte inferior puede haber bosque abierto de coníferas, en zona límite de arbolado.
- Supramediterráneo o piso de bosques caducifolios y marcescentes, así como de las coníferas de montaña, representado por los hayedos, abedulares, robledales, quejigares, pinares de montaña, sabinares y otros pequeños bosques singulares que aparecen en este piso, con sus formaciones seriales arbustivas y herbáceas. Hasta el encinar en su variante más fría aparece en este piso.
- Mesomediterráneo o piso basal. El más cálido o menos continental, dominado por el encinar y el monte mediterráneo, con una gran cantidad de variantes y formaciones derivadas del encinar.
- Termomediterráneo. Por lo general con un gran periodo de sequía estival. La vegetación en este caso está ocupada

por encinares termófilos, coscojares, pinares de pino carrasco, formaciones con palmitos, algarrobos, lentiscar o espinal negro termófilo.

- Inframediterráneo. En gran parte de los casos suele ser un piso con características próximas a las de un desierto árido, con vegetación herbácea y arbustiva adaptada a estas duras condiciones. En el caso de España se reconoce en Canarias.

Desde el punto de vista del Agua Forestal esta información es de gran interés para poder interpretar los balances hídricos. Cuanto mayor es la temperatura media, más alto es el potencial de crecimiento de la vegetación, y su ETP (Evapotranspiración potencial) aumenta. En consecuencia, el consumo de agua potencial también es más alto y por lo tanto el potencial de recogida de Agua Azul, será menor. El riego en las zonas más cálidas será más productivo y al mismo tiempo la demanda de éste aumenta con la temperatura. Todo caudal que traslademos al circuito del Agua Verde, rendirá altas productividades. Por el contrario, los pisos más fríos, los de mayor cota, son los ideales para la producción de Agua Azul. La ETP es muy inferior y las precipitaciones aumentan al enfriarse el aire que se eleva a superar los obstáculos que suponen los sistemas montañosos.

Los ombroclimas mediterráneos

En función de la precipitación anual se establecen los Ombroclimas. Cada tipo de formación vegetal se asocia con uno o varios de estos ombroclimas (siendo los dos más lluviosos en general muy raros):

- Árido P <200 mm
- Semiárido P 200-350 mm
- Seco P 350-600 mm
- Subhúmedo P 600-1000 mm
- Húmedo P 1000-1600 mm
- Hiperhúmedo P >1600 mm

Otros lugares de la Tierra con clima y vegetación mediterránea son:

En el Hemisferio Norte:

California. Denominación general "chaparral".

En el Hemisferio Sur:

Chile, en su zona media. Denominación general "espinal".

Sudáfrica, zona llamada capense. Denominación general "Fynbos".

Sur y suroeste de Australia. Denominación general "mallé".

La región Mediterránea (en rojo) y otras áreas de clima mediterráneo (en azul) del planeta



La flora y la vegetación de todas las zonas mediterráneas tiene un aspecto muy similar, por convergencia evolutiva, fenómeno que llamamos *vicarianza*: mismas adaptaciones, aunque flora de distinto origen evolutivo en muchos casos.

En el contomo mediterráneo se han utilizado las áreas de distribución de la encina (*Quercus ilex* s.l.), o del olivo (*Olea europaea*), como indicadores de la Región Mediterránea (Sur de Europa, Noroeste de África y extremo Este de Asia). Otros géneros importantes en la Cuenca mediterránea son *Pistacia*, *Cistus*, *Arbutus*, *Phillyrea*, *Ruscus*, *Genista*, *Cytisus*, etc.

Géneros importantes o dominantes, que forman la vegetación mediterránea en los otros puntos de la Tierra:



Cedrus atlantica en el Parque del Retiro de Madrid. Su región natural es el Atlas norteafricano

- California: *Quercus*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Adenostoma*, *Ceanothus*, *Pinus*.
- Chile: *Peomus*, *Quillaja*, *Lithraea*, *Cryptocarya*, *Beilchmiedia*, *Trevoa*.
- Sudáfrica: *Erica*, *Cliffortia*, *Muraltia*, *Protea*.
- Australia: *Eucalyptus*, *Casuarina*, *Macrozamia*.

Existen otras pequeñas áreas mediterráneas en otros puntos del mundo, por ejemplo en Méjico y otros lugares. Una aplicación de este hecho, fácilmente comprensible, es la aclimatación de plantas de otros climas mediterráneos en el de España, siendo una posible línea de investigación, aunque no nueva. En el Jardín Botánico de Barcelona (inaugurado en abril de 1999), que está especializado en flora mediterránea de todo el mundo, tienen experiencia en cultivo de todas estas plantas y otras. Las posibilidades de investigación controlada para la introducción de especies ahorradoras de agua y fertilizadoras son enormes.

ADAPTACIONES DE LAS PLANTAS A LA MEDITERRANEIDAD. XEROFITISMO

El agua es el principal factor limitante al crecimiento de las plantas mediterráneas. Éstas deben utilizar diversas estrategias evolutivas para afrontar las máximas temperaturas en el momento de las mínimas precipitaciones.

Las dos principales adaptaciones en las plantas leñosas son la esclerofilia y la estrategia perennifolia. Sin embargo en plantas herbáceas predominan otras estrategias. Nombramos las más importantes, todas juntas:

Respuestas de la vegetación al clima mediterráneo (factores todos ellos que suelen ir combinados):

- Esclerofilia. En relación con la economía hídrica es la adaptación más habitual y

nombrada, consistente en un tipo de hojas duras y rodeadas con cutículas gruesas y coriáceas incluyendo ceras de recubrimiento. Este factor suele ir asociado a otros caracteres como:

- Carácter perennifolio. Hojas perennes, de duración plurianual.
- Coloraciones oscuras. En relación con el filtrado de la luz mediterránea intensa.
- Hojas pequeñas o a veces inexistentes.
- Portes generales de la planta reducidos o achaparrados, que recuerdan a la vegetación de montañas o desiertos.
- Largas raíces y potente sistema radical.
- Reducción y control de estomas para disminuir transpiración.
- Suculencia. Plantas crasas o paquicaules (tallos gruesos que acumulan agua).
- Terofitismo. Plantas anuales o efímeras, de ciclo corto (efemerófitos).
- Plantas bulbosas y vivaces. Adaptación a asegurar la supervivencia mediante órganos subterráneos de propagación.
- Tomentosidad. Pelo fino o apretado para evitar evapotranspiración. A veces pelo sedoso o lanoso.
- Espinescencia. Ya sea de tallos, hojas, folíolos o estípulas.
- Malacofilia (Latencia). Estado latente en sequías fuertes. Marchitez aparente y reviviscencia. Es un fenómeno muy interesante que presentan algunas plantas mediterráneas y de desiertos, por el cual, parece que están completamente secas y sin embargo reaccionan tras años de malas precipitaciones, en los años buenos, reviviendo. Como por ejemplo el jaguarzo *Cistus monspessulanum*, o el helecho *Notholaena marantae*.
- Presencia de esencias (aceites esenciales, aromas, ceras, resinas, lánanos). Adaptación de las plantas aromáticas para evitar la evapotranspiración y la herbivoría. Muy evidente por ejemplo en algunas jaras

Hojas de encina (Quercus ilex), típico ejemplo de adaptación al clima mediterráneo, con hojas de



Tamaño reducido, coriáceas o esclerófilas, algo espinosas, oscuras por el haz y caras y tomentosas por el envés.

(*Cistus ladanifer*), y diversas labiadas (*Thymus* spp.).

De las adaptaciones citadas, algunas son especialmente interesantes en el caso del trabajo de campo. La Espinescencia nos va a indicar el nivel y grado de pastoreo al que está sometida una propiedad entre una multitud de síntomas asociados. La Malacofilia nos permite aproximar el grado de sequía acumulado que tiene un territorio en el año hidrológico en curso o bien en una serie acumulada de estos. Por último los portes y sobre todo la altura de los árboles nos va a indicar dos cosas íntimamente relacionadas: la profundidad del suelo y la capacidad de retener agua del mismo. Otras adaptaciones son:

La resistencia al fuego. El mundo mediterráneo presenta una fuerte adaptación al fuego, ha evolucionado coexistiendo con el fuego natural. Así determinadas especies rebrotan tras el paso del fuego, como el conocido caso del alcornoque o el pino canario, y otras como el pino negral o resinero ven favorecida la apertura de sus piñas por el calor del incendio. Sin embargo, estas estrategias



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

están diseñadas para enfrentarse a incendios naturales muy esporádicos, no a reiterados incendios en una misma zona provocados por el hombre.

Los "Bosques subterráneos". En el mismo sentido de la resistencia al fuego, los bosques mediterráneos se han definido como subterráneos, en el sentido de que su biomasa interior oculta bajo el suelo es superior a la aérea, y la capacidad de rebrote de cepa y raíz es enorme, como reacción al fuego o a la sequía pertinaz. Los sabinares son quizás, uno de los más claros ejemplos en este sentido. Las higueras son arbolillos que en la gran mayoría de sus casos tienen raíces distribuidas por el suelo con superficies muy superiores a la de su copa. La diferencia con las sabinas es que muy probablemente en algún punto están en contacto con zonas húmedas del subsuelo. Cuando este hecho no se produce son capaces de tirar la hoja durante el verano. La vegetación mediterránea también está adaptada a la irregularidad del clima en sentido positivo. Es decir muestra una elevada capacidad de respuesta a los años de precipitación favorable.

Detalle de tomentosidad o pubescencia en envés de la hoja de encina



Este hecho es especialmente relevante en dos periodos del año. El inicio del otoño y los finales de primavera e inicio del verano. Con el mes de septiembre llegan las primeras lluvias en los años buenos. El agua va atemperando y humidificando los suelos, respondiendo la vegetación con gran rapidez en su aprovechamiento. Es agua que se transforma casi con toda seguridad en Agua Verde. Lo mismo sucede a finales de primavera e inicio del verano con la reserva de agua en el suelo prácticamente agotada. El agua tardía de primavera es aprovechada por las plantas vivaces de forma muy eficaz, mostrando grandes crecimientos en los años favorables.

Las plantas anuales o terófitos, una vez que se produce su agostamiento estival no son capaces de responder a estos eventos favorables y necesitan para su puesta en marcha a partir de las semillas un número de días suficiente con humedad en el suelo, hecho que no se produce en el verano mediterráneo.

Las grandes precipitaciones invernales, cuando el clima es de inviernos frescos, solo tienen reflejo en la vegetación, si las capacidades de retención de los suelos son muy altas. En el resto de los casos el agua sobrante invernal es la base del Agua Azul producida.

Todos estos factores tienen aplicación también en la llamada jardinería mediterránea con especies autóctonas o xerojardinería, sostenible y de bajo consumo de agua, que favorece además a la microfauna local. Son muy importantes a la hora de ajardinar infraestructuras situadas en el medio natural o rural, jugando también con los conceptos de bajo impacto paisajístico e integración paisajística. Mas adelante veremos como esta estrategia se puede complementar con la recogida y aprovechamiento de las aguas pluviales.

2.4.- BIOTIPOS VEGETALES Y AGUA FORESTAL EN CLIMA MEDITERRÁNEO

La supervivencia de todo ser vivo depende de la disponibilidad de agua y alimento. La evolución biológica no es más que la búsqueda más eficiente de nichos ecológicos donde conseguir estas necesidades. Tiene lugar mediante lo que llamamos estrategias adaptativas o simplemente *adaptaciones al medio*.

Hablando en concreto de las plantas y el agua, es muy útil repasar las principales estrategias vitales o formas adaptativas que existen, y que llamamos tipos biológicos o biotipos.

La idea original se la debemos a Christen Christiansen Raunkiær (en 1934), botánico danés, famoso por su sistema de clasificación conocido como Sistema Raunkiær, que se basa en la morfología y la posición de las yemas de crecimiento de las plantas en la estación desfavorable (ya sea por frío o por sequía).

Estas morfologías son las idóneas para el aprovechamiento del agua según los lugares donde vive la planta, y así predominan en uno u otro de los Biomas terrestres. Los biotipos son también llamados formas biológicas.

Entre las plantas terrestres se distinguen:

- LAS PLANTAS ANUALES O TERÓFITOS: aquellas que dejan sólo la semilla de un año para otro, cubriendo un ciclo corto de temporada.

Son herbáceas y dominan en los pastos anuales, aprovechan el agua superficial (a veces incluso la más profunda, según la longitud de sus raíces), y suelen predominar en climas más áridos o en los mediterráneos de fuerte estiaje. Entre ellas abundan las plantas colonizadoras o pioneras.



Explosión de terófitos a inicios de primavera en un descampado urbano

Una variante son los efemerófitos o plantas del desierto, que cubren todo su ciclo en pocos días, plantas típicas de la "floración del desierto" en años algo lluviosos, muy frecuentes también en ambiente temomediterráneo semiárido o subdesértico.

Otra variante de las plantas anuales son las bienales, que cubren su ciclo en dos temporadas, la primera estrictamente vegetativa y la segunda reproductiva. Bienal significa cada dos años, mientras que bianual es que sucede dos veces al año. No confundir ambos términos.

En resumen, los terófitos implican una menor disponibilidad de agua. Se desecan y marchitan pronto. Son típicos de climas cálidos con periodo de sequía acusada. Durante el periodo de estiaje cubren el suelo con sus restos protegiéndolo de la erosión y generando un microclima favorable para la colonización de otras especies más exigentes. Durante este periodo no consumen agua. El manejo adecuado de este grupo de especies en agricultura es objeto de un debate permanente. La agricultura ecológica y natural postula la

permanencia parcial o total de estas especies en las zonas de cultivo. Un tipo de cultivo característico de este debate son los cultivos de leñosas mediterráneas.

- LOS HEMICRIPTÓFITOS (que significa medio escondidos). Plantas perennes que dejan sus yemas preparadas para brotar a ras de suelo o como mucho hasta 10 cm por encima del mismo. Este grupo incluye entre otras las plantas que poseen una roseta basal de hojas.

Predominan en las regiones templadas y frías, pero también pueden ser frecuentes en el clima mediterráneo, ya que esta estrategia es muy eficiente para aprovechar rápido las primeras aguas de la estación lluviosa y a la vez proteger las yemas del frío. Entre estas hay también muchas plantas resistentes a la sequía. Generalmente son herbáceas y sus yemas de recambio se encuentran a nivel del suelo. Pensemos en la mayor parte de las plantas que pueblan nuestros pastos perennes, praderas o céspedes. Resisten muy bien el pisoteo y el pastoreo.

*Los narcisos (aquí *Narcissus rupicola*), son geófitos que florecen a comienzos de primavera en nuestras montañas*



- LOS GEÓFITOS (BULBOSAS O RIZOMATOSAS). Plantas perennes cuya estrategia es dejar un órgano subterráneo totalmente enterrado a la espera de la lluvia y las condiciones favorables para brotar. Le llamamos órgano subterráneo perdurante, como son los bulbos, tubérculos o rizomas.

Es un biotipo muy frecuente en el mundo desértico y subdesértico, incluso entrando en el mediterráneo y en los climas sabanoides. Hablamos de plantas bulbosas en general. Se habla también muy frecuentemente de *plantas vivaces*, que rebrotan desde el suelo cada primavera.

- LOS CAMÉFITOS (del griego *chamaeos*, enano, y *fitos*, planta). Plantas perennes leñosas cuyas yemas permanecen aéreas en la estación desfavorable, pero se sitúan entre 5 o menos y 25 (50) cm del suelo, pudiendo ser perennifolias o caducifolias.

Son lo que llamamos arbustos enanos, como por ejemplo los tomillos, teucrios, etc. Entran en esta categoría también las plantas en cojinete o almohadilladas más pequeñas, muy bien adaptadas a la sequía y a la alta montaña, sus vientos y la fuerte radiación

- FANERÓFITOS (del griego *faneros*, visible, y *fitos*, planta). Plantas perennes leñosas cuyas yemas permanecen aéreas en la estación desfavorable, pero siempre por encima de los 50 cm del suelo, pudiendo ser también perennifolias o caducifolias.

Nos referimos a los arbustos altos, los matorrales, los arbolillos y los grandes árboles. Su estrategia da como consecuencia la dominancia de los árboles y por tanto los bosques o formaciones forestales, que son la principal adaptación del ecosistema terrestre para aprovechar mejor el agua, la luz y los nutrientes, en sus múltiples variantes (tipos

de bosques). Los fanerófitos representan tan solo un 7 a un 9 % de nuestra flora mediterránea.

Una variante del tipo anterior es el biotipo lianoide (Liana), cuando ésta es leñosa. Las lianas son muy abundantes en zonas tropicales y subtropicales, pero penetran en el mundo mediterráneo y son un argumento que apoya el origen subtropical reciente de estos bosques.

- **HIDRÓFITOS.** Especies vegetales ligadas al agua de forma estricta. Existen muchos subtipos dentro de esta variable. Plantas de borde de humedal (HELOFITOS), flotantes, sumergidas total o parcialmente, enraizadas, etc.
- **EPÍFITOS.** Plantas que se apoyan sobre otras para vivir; pueden ser parásitas, semiparásitas o autótrofas. Existe también el fenómeno del hemiepifitismo. Viven del polvo y la humedad ambiental, no dependiendo del agua del suelo. O bien se apoyan en el suelo que se acumula en las grietas de otras plantas.

No hay que confundir estas estrategias o biotipos con las adaptaciones morfológicas y fisiológicas de las plantas (especies), a la sequía o a la mediterraneidad, tan común en nuestro clima y de lo que ya hemos hablado.

La planta mediterránea trata de aprovechar el agua al máximo, como factor limitante que es, e incluso producir y acumular agua en sus tejidos.

Algo similar ocurre en los saladares o zonas salinas (halófilas) donde las plantas adoptan estructuras formas crasas o carnosas como mecanismo de evitar perder su propia agua útil, al no poder utilizar el abundante agua disponible por la saturación de sales existente. Este hecho provoca el efecto contrario con pérdida del agua dulce de sus propias células.

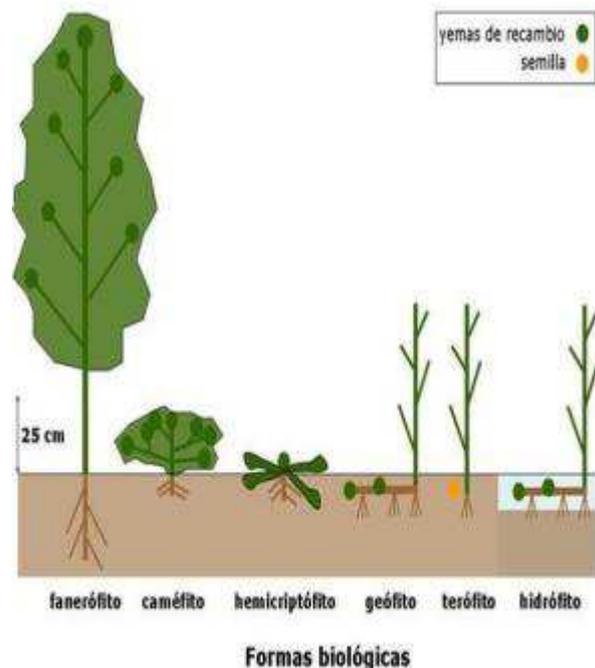
Un conocimiento básico de las formas biológicas nos ayuda a comprender la relación de las planta con el agua superficial o profunda del suelo. Las etapas de sucesión en una estación ecológica normalmente se resuelven con una estrategia combinada de ocupación del espacio, iniciándola los terófitos y finalizándola los fanerófitos.

FORMAS BIOLÓGICAS O BIOTIPOS DE LAS PLANTAS

1. FANERÓFITO
2. LIANA
3. EPÍFITO
4. CAMÉFITO
5. HEMICRIPTÓFITO
6. GEÓFITO
7. TERÓFITO
8. FANERÓFITO
9. LIANA
10. EPÍFITO
11. CAMÉFITO
12. HEMICRIPTÓFITO
13. GEÓFITO
14. TERÓFITO

Principales biotipos. Fuente:

<http://www.unavarra.es/herbario/fotos/formas/image001.jpg>



2.5.-FLORA Y VEGETACIÓN DE ZONAS HÚMEDAS. HUMEDALES Y CRIPTOHUMEDALES

En el mundo mediterráneo, donde predominan las plantas adaptadas al déficit de agua, interesa mucho conocer las plantas asociadas a la acumulación de humedad, ya sea porque indican un aumento de precipitación en esa zona o porque viven en topografía favorable donde se acumula agua de escorrentía o aflora el manto freático.

Una de las vocaciones profesionales de Agua Forestal es la creación de focos de biodiversidad a partir de la recolección, almacenamiento y manejo de los superávits hídricos existentes a lo largo del año hidrológico. Conocer y manejar la flora asociada a estos enclaves azonales permite todo un abanico de actuaciones profesionales de interés. De hecho existen comunidades autónomas como la de Extremadura que ofrecen ayudas o subvenciones para este tipo de acciones, ligadas al fomento y cuidado de espacios, hábitats y especies protegidas. Hablaremos de la flora y la vegetación bioindicadora de zonas húmedas. Aparte de la vegetación de las riberas de los ríos y arroyos, se encuentra la vegetación leñosa o herbácea asociada a humedales, lagunas estacionales, turberas, zonas higroturbosas, saladares y medios afines.

Lagunas endorreicas del Bonillo. Albacete



Las plantas hidrófilas, hidrófitas y helófitas constituyen la flora de estas zonas, consideradas normalmente lugares de mayor interés para la biodiversidad que los del entorno circundante, ya que la presencia de agua introduce un factor de diversidad muy importante. Las hay a cientos por la geografía española. Por ejemplo en Castilla y León están catalogados más de 700 humedales y otros muchos más que son temporales o de pequeña extensión (criptohumedales). Cifras similares posee Castilla-La Mancha, siendo Extremadura y Andalucía más pobres en estos enclaves, debido al descenso en latitud y al incremento de la aridez. En Extremadura hay 23 lugares húmedos catalogados.

Induimos también la vegetación de cursos de agua lentos, manantiales o rezumaderos, sistemas hídricos kársticos, etc., con flora bioindicadora característica. Se trata de flora de interés aunque poco valorada hasta fechas recientes.

Las zonas higroturbosas y turbosas (turberas verdaderas), resultan del encharcamiento continuo, con falta de oxígeno en el suelo, lo que condiciona la supervivencia de las raíces de las plantas. En ellas se establecen comunidades vegetales de interés y frágiles, entre las que viven plantas insectívoras, brezos de turbera (*Erica tetralix*), y muchas especies raras como el mirto de Brabante (*Myrica gale*).

Los halófitos son las plantas integrantes de las comunidades vegetales de saladares adaptadas a las sales, principalmente cloruros, ricas en plantas de la familia de las quenopodiáceas, principalmente con hojas carnosas. Aquí viven las plantas barrilleras que tan importantes fueron en el pasado, como fuente de sosa y potasa. La acumulación de sales normalmente es el resultado del encharcamiento de una zona baja endorreica (sin zona de desagüe

natural), con posterior evaporación por sequía estival.

Debido a su importancia para la conservación de la biodiversidad, todos los humedales en general merecen una especial consideración en las actuaciones que se hagan de recolección y aprovechamiento de aguas. Por este motivo es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

- Hay que tener precaución con la extracción de agua subterránea en zonas cercanas a humedales, pueden hacer desaparecer estos enclaves.
- Al realizar pequeños embalses o balsas ganaderas en zonas favorables con humedales naturales preexistentes, conviene hacerlas de modo que no los destruyan y respetando la superficie original de valor.
- La construcción de pilones integrados en el paisaje para que beba el ganado es muy necesaria para no destruir estos enclaves. Impedir el acceso al ganado a cambio de un abrevadero es una mejora de interés.
- Las plantas indican también el grado de encharcamiento y la temporalidad del agua libre.
- Los humedales en el ámbito mediterráneo tienen siempre un alto valor para la biodiversidad y la conservación, es decir su valor ecológico. Las plantas de un humedal identificadas por un experto indican la calidad de agua y características de ese humedal así como su valor para la conservación. A veces poseen incluso plantas raras, escasas, amenazadas y protegidas. Esto hay que tenerlo en cuenta según la legislación ambiental vigente así como los estudios medioambientales, incluyendo los de impacto ambiental, de cartografía de flora y vegetación, hábitats y relacionados.
- La Biología de estas especies es igualmente interesante, tanto en lo que tiene que ver con sus ciclos vitales como

con sus adaptaciones evolutivas. Son lugares propicios para el aprendizaje.

CRIPTOHUMEDALES

Se suelen llamar criptohumedales a aquellos puntos con humedad edáfica donde aunque no aparezca lámina de agua visible, se mantiene un nivel freático alto cercano al nivel del suelo durante gran parte del año. En ellos viven determinadas plantas higrófitas (amantes de la humedad). En algunos casos pueden encharcarse durante la estación favorable de lluvias (humedales temporales en este caso). Pero en otros casos permanecen secos aparentemente todo el año.

El nombre viene del prefijo *criptos* que significa oculto, procedente del idioma griego. Estos lugares son muy importantes como bioindicadores de la presencia de agua próxima al nivel del suelo. Se suelen detectar por la presencia de determinadas plantas o comunidades vegetales específicas (higrófitas). En fotografía aérea se descubren muy bien si la foto ha sido realizada a finales de primavera o en temporada de verano.

Carrizales (Phragmites australis) al borde del agua. Pueden ser también un indicador de la presencia de un criptohumedal





Juncal y comunidad acuática de *Ranunculus peltatus*

El ejemplo más conocido es el de los juncales (familias juncáceas, ciperáceas y tifáceas), aunque de estos hay diversas especies y géneros que en el lenguaje común se conocen como "juncos" en general. Otras de las especies muy conocidas que pueden detectar los criptohumedales son los carrizos y carrizales (*Phragmites australis*) o cañaverales (*Arundo donax*), etc.

En el caso de plantas leñosas pueden aparecer sauces de diversas especies (*Salix* spp.), chopos o álamos (*Populus* spp.), fresnedas y olmedas (*Fraxinus* spp. y *Ulmus* spp.), o tarays (*Tamarix* spp.), pudiendo darse saucedas y tarayal, según la zona. Otras especies: son el arraclán (*Frangula alnus*), o las zarzas (*Rubus* spp.) en la meseta, o las adelfas (*Nerium oleander*), y tamujos (*Flueggea tinctoria*), en Extremadura y Andalucía.

Algunas veces una antigua laguna o humedal queda colmatada, ya sea por depósito de materiales o por descenso del nivel freático y se convierte en un criptohumedal.

A pesar de no tener agua libre, son lugares de alto interés biológico y ecológico, que en

años favorables o ciclo de varios años especialmente lluviosos, pueden cargarse o saturarse de agua, tras años de estar ocultos.

Son buenos indicadores para elegir los lugares donde realizar pequeñas balsas o aljibes en el medio natural o forestal. Recordamos que no deben destruirse éstos cuando se realicen las balsas, manteniendo en parte el criptohumedal y su biodiversidad natural. La realización de pilones y abrevaderos para el ganado y aprovechamiento ganadero o agrícola del agua es importante para no dañar por pisoteo y nitrificación estos enclaves. Las variaciones rápidas en la cota de la superficie del agua empobrecen también su calidad natural. Las charcas encadenadas pueden favorecer una mayor estabilidad de la cota del agua que una gran charca equivalente.

Se habla también de áreas húmedas difusas o superficies evaporantes. Son como anomalías hídricas positivas en el terreno. Para designar estos lugares existe mucha terminología vernácula que se ha recopilado en el epígrafe dedicado a la terminología popular de los humedales.

HELÓFITOS: BIOINDICADORES DE HUMEDAD

Dentro de las higrófitas o plantas bioindicadoras de presencia o acumulación de humedad en el ámbito mediterráneo, hay que destacar las helófitas o higrófitas emergentes, vegetales que arraigan en el fondo del agua pero que tienen órganos vegetativos y reproductores aéreos.

Los helófitos (de *helos*: pantanoso), no son exactamente plantas acuáticas y no hay que confundirlos con éstas. Son más bien plantas que viven ligadas a mayor o menor humedad del suelo pero que tienen siempre una parte emergente del agua. Son plantas típicas de borde de arroyo o lagunas, o bien

de enclaves con nivel freático cercano al nivel del suelo, lugares aquí llamados criptohumedales.

Los helófitos viven bordeando o sellando las zonas húmedas (humedales, arroyos, lagunas o ríos), y también les podemos llamar plantas de borde. Suelen ser herbáceas vivaces o rizomatosas, como por ejemplo las eneas o espadañas, juncos, junquillos, juncias, platanarias, cárices, cañas, cañuelas, castañuelas o carrizos.

Induimos algunos ejemplos de plantas bioindicadoras de puntos de humedad permanente, fáciles de distinguir, indicando familias y géneros de los que gran parte de sus especies son helófitos.

- Juncáceas: *Juncus*
- Ciperáceas: *Bolboschoenus*, *Carex*, *Cladium*, *Cyperus*, *Schoenoplectus*, *Scirpoides*, *Scirpus*, *Cyperus*, *Eleocharis*.
- Tifáceas: *Typha*
- Esparganiáceas: *Sparganium*
- Labiadas: *Lycopus*, *Mentha*
- Gramíneas: *Molinia*, *Arundo*, *Phragmites*, *Phalaris*, *Saccharum*
- Umbelíferas: *Carum verticillatum*, *Oenanthe* (precaución, son tóxicas), *Apium*
- Crucíferas: *Rorippa* (*Nasturtium*), *Barbarea*
- Iridáceas: *Limniris pseudacorus* (*Iris pseudacorus*)
- Litráceas: *Lythrum* spp., destacando *L. salicaria*
- Onagráceas: *Epilobium hirsutum*

Induso a veces indican encharcamiento temporal o nivel freático muy próximo al nivel del suelo por lo que es importante conocerlas de modo general, por ser incluso indicadoras de criptohumedales (humedales sin agua en superficie).

Las eneas o espadañas también son fáciles de diferenciar. De las dos especies más frecuentes que se encuentran, una de ellas,

con hoja estrecha (*Typha domingensis*), indica agua más contaminada que la otra, de hoja ancha (*Typha latifolia*). También se distinguen bien por su inflorescencia, llamada bordo o "puros".

Entre las indicadoras de salinidad, destacan las plantas camosas de la familia de las Quenopodiáceas (sobre todo especies de los géneros *Atriplex*, *Halimione*, *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Suaeda*). También, de las plantas antes citadas algunas de ellas señalan esta situación (*Bolboschoenus maritimus*, *Juncus maritimus*, etc.).

Los típicos juncos (*Juncus* spp., *Schoenoplectus*, *Scirpoides*), llaman la atención por sus hojas más o menos oscuras y cilíndricas. Aunque gran parte de los helófitos tienen un aspecto discreto, poco llamativo, hay buenas y coloridas excepciones como la del acoro bastardo (*Limniris pseudacorus*), la salicaria (*Lythrum salicaria*), etc.

Sarcocornia sp., helófito estricto *crasifolio*



2.6.- FLORA ACUÁTICA, HIDRÓFITOS: SU ECOLOGÍA Y SU FUNCIÓN COMO BIOINDICADORES

En una guía sobre Agua Forestal, agua procedente de precipitaciones que cae sobre tierras forestales mediterráneas, puede parecer un contrasentido hablar sobre flora acuática. Sin embargo, en muchas zonas de la península ibérica mediterránea, el volumen de las precipitaciones recogidas permite la recogida de cantidades suficientes de agua, para crear láminas de agua temporales y permanentes. Para llevar a cabo una buena ejecución de las actuaciones con este fin, es necesario conocer las comunidades vegetales que las pueden habitar así como algunos de los requerimientos ecológicos básicos de las mismas. A continuación pasamos a hacer una reseña sintética de algunos de ellos.

Ranunculus sp., con dos tipos de hojas, flotantes y sumergidas



Se denomina *flora acuática* verdadera al conjunto de plantas que viven exclusivamente en medios acuáticos. Hablamos también de hidrófilos estrictos. Indican siempre aguas permanentes ya sean corrientes o estancadas según las especies.

La importancia de estas especies para el ámbito profesional de Agua Forestal es su valor como indicadores de la calidad de las aguas, de la estabilidad de los ecosistemas y su valor para la conservación. Las grandes charcas ganaderas o los pequeños embalses que con este fin u otros se construyen en los predios forestales, con el tiempo, se pueden llegar a convertir en ecosistemas de gran interés para la conservación. Bien en sí mismos, por la vegetación o fauna que acogen, bien como zonas de campeo, refugio o descanso de fauna que tan solo lo usan de forma temporal, o discontinua. Ese es el caso, por ejemplo, de la emblemática cigüeña negra o las comunidades de anfibios, mundialmente amenazadas.

Muchas veces el carácter y el hábitat de esta flora se reflejan en los propios nombres científicos específicos. Ejemplos de denominaciones pueden ser: *aquatica*, *aquatilis*, *inundatum*, *maritima*, *palustris*, *amphibium*, *riparia*, *stagnalis*, *halophila*, *limosa*, *fluitans*, *natans*, *emersum*, *submersum*....

Algunas familias predominan en estos medios acuáticos, siendo casi todos sus representantes hidrófitos o helófitos, como ocurre con las juncáceas, ciperáceas, tifáceas o lemnáceas. Estas plantas presentan interesantes adaptaciones a la vida sumergida como por ejemplo las hojas acintadas, la ausencia de tejidos de sostén y la presencia de tejidos aeríferos parenquimáticos.

Entre los géneros más importantes de plantas estrictamente acuáticas están

- *Ranunculus* (8 especies acuáticas).
- *Potamogeton* (16 especies)
- *Glyceria* (gramínea acuática).

Otros géneros de interés son: *Callitriche*, *Spirodela*, *Zannichellia*, *Chara*, *Nitella* (los dos últimos macroalgas carófitas).



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Son plantas que crean ambientes biodiversos o ricos para la vida silvestre. En general algunas tienen un alto interés tanto desde el punto de vista científico y biológico, como del de la conservación de la biodiversidad. Se presentan en enclaves o ecosistemas que no se deben destruir ni alterar por su escasez y valor ambiental. Son un indicador de la salud de un territorio y de la calidad de sus aguas. Son especies beneficiosas incluso para las explotaciones por crear puntos de diversidad que contribuyen a disminuir plagas y otras afecciones sobre los cultivos agrarios o forestales.

A la hora de aprovechar un humedal hay que conocer y asesorarse de expertos o técnicos para no destruir estos lugares y su flora. Además suelen ser enclaves incluidos entre los hábitats europeos (Directiva Hábitat), de interés, a veces prioritarios.

Se trata de una flora no muy numerosa en nuestro país, que incluye en la región Mediterránea de la península Ibérica poco más de un centenar de especies (117), muchas de ellas difíciles de diferenciar entre sí.

No sólo se incluyen plantas con flores en este grupo. También se incluyen algas macroscópicas, determinados musgos acuáticos y por supuesto, helechos ligados al agua, aunque nada parecidos a los helechos típicos. Se habla en general de macrófitos, incluyendo flora vascular, algas macroscópicas y musgos acuáticos.

Es un medio donde suelen acoplarse determinadas plantas alóctonas, muchas veces invasoras que pueden cambiar y alterar las condiciones de ese humedal o punto de humedad, por lo que hay que tener precaución con estos temas y asesorarse. Ejemplos en el mundo mediterráneo serían el helecho *Azolla caroliniana*, el jacinto de

agua (*Eichhornia crassipes*) o *Ludwigia grandiflora* y *L. repens*.

La presencia de macrófitos indica humedad o agua disponible todo el año, incluso en verano. Son muy sensibles a la desecación pero pueden soportar ciclos de sequía o sequía temporal en lagunas. Lo hacen mediante la aportación de semillas o propágulos resistentes, que soportan la sequía hasta que vuelve a llegar el agua. A veces son propias hasta de medios salinos (cloruros), o yesosos (sulfatos), incluso en zonas muy alejadas de las costas. Estos lugares son siempre de interés para la conservación por la flora especializada que contienen y conllevan la obligación de conservarlos según leyes europeas y nacionales.

Las plantas acuáticas son buenas indicadores de la calidad de las aguas donde viven. En algún caso basta con observar las plantas que habitan en un humedal para saber y evaluar la calidad del agua y el medio de ese enclave húmedo.

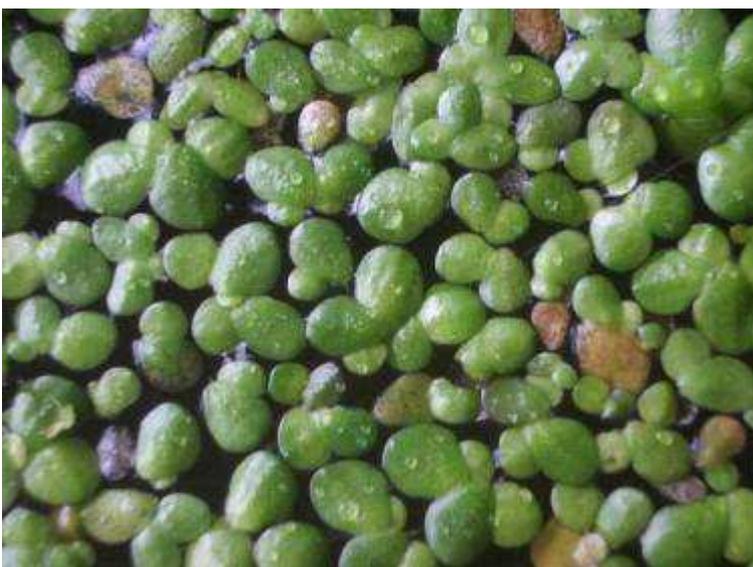
Así se distinguen 3 grandes categorías, según la materia orgánica o mineral de un determinado tipo de agua. En cada una predominan distintas especies y comunidades de plantas acuáticas:

Lagunas eutróficas por su pH por situarse en litologías calizas es alto.



- Aguas oligótrofas. Aguas puras pobres en materia orgánica. Pueden ser carbonatadas o no. pH entre 4-6.
- Aguas mesótrofas. Condiciones intermedias a la anterior y la posterior. pH entre 6-7.
- Aguas éutrofas. Ricas en materia orgánica. pH >7
- Aguas distrofas. También se utiliza el término distrofas para indicar alto contenido en humus y por tanto medios muy ácidos cenagosos o humícolas.

Comunidad acuática flotante no enraizada de lentejas de agua (*Lemna minor*)



Las plantas acuáticas también pueden indicar: el tipo de agua, sustrato, tiempo de inundación, salinidad y grado de contaminación, etc.

Tipos de aguas principales según el agua visible: permanentes e intermitentes. Dentro de las permanentes distinguimos las aguas corrientes y las lentas o estancadas (lénticas), llamadas en amplias zonas de la Mancha "tablas".

Tipos de aguas según carbonatos y cloruros: básicas o carbonatadas, pobres en cal o

ácidas y salobres o salinas. Limpias u oxigenadas, ricas en minerales, etc.

A continuación se indican algunos ejemplos de bioindicadores fáciles de observar y distinguir de especies estrictamente acuáticas en humedales permanentes mediterráneos:

Principales plantas acuáticas autóctonas:

- Lentejas de agua. Hay varias especies. De entre las más comunes que podemos encontrar destacan la *Lemna gibba* y la *Lemna minor*, fáciles de diferenciar por el envés de sus hojas flotantes, hinchado en *gibba* como indica su nombre, y no así en *minor*. Pues bien, *L. gibba* es de lugares más éutrofos y contaminados que *L. minor*, que prefiere los ambientes de agua más limpia, mesótrofos u oligótrofos. En el caso de que convivan ambas especies indica una mesotrofia.
- Nenúfares (*Nymphaea alba*, *Nuphar luteum*). Indicadores de aguas quietas (tablas) o de corriente lenta. Viven en ambientes ricos en carbonatos, escasamente alterados o contaminados.
- *Myriophyllum* ("filigranas"): hay varias especies, entre ellas *M. alternifolium* que indica aguas claras limpias de débil mineralización, mientras que *M. spicatum* indica aguas contaminadas y eutrofizadas. También hay algunas especies alóctonas.
- *Groenlandia densa* indica aguas bastante carbonatadas pero limpias.
- *Potamogeton*. Género versátil que incluye especies adaptadas a distintas situaciones: aguas estancadas, aguas de corriente moderada, aguas carbonatadas, aguas oligótrofas, presencia de cierta salinidad, etc.
- Pimienta de agua (*Polygonum amphibium*). Indica aguas éutrofas (también mesótrofas). Es común.
- Rupíáceas. Géneros *Ruppia* y *Althenia*. Plantas acuáticas propias de medios salobres o halófilos. Soportan mayor

concentración de sal que el medio marino.

- *Zannichellia*. Por lo general indican aguas limpias, a veces algo salobres.

Principales plantas acuáticas alóctonas o invasoras

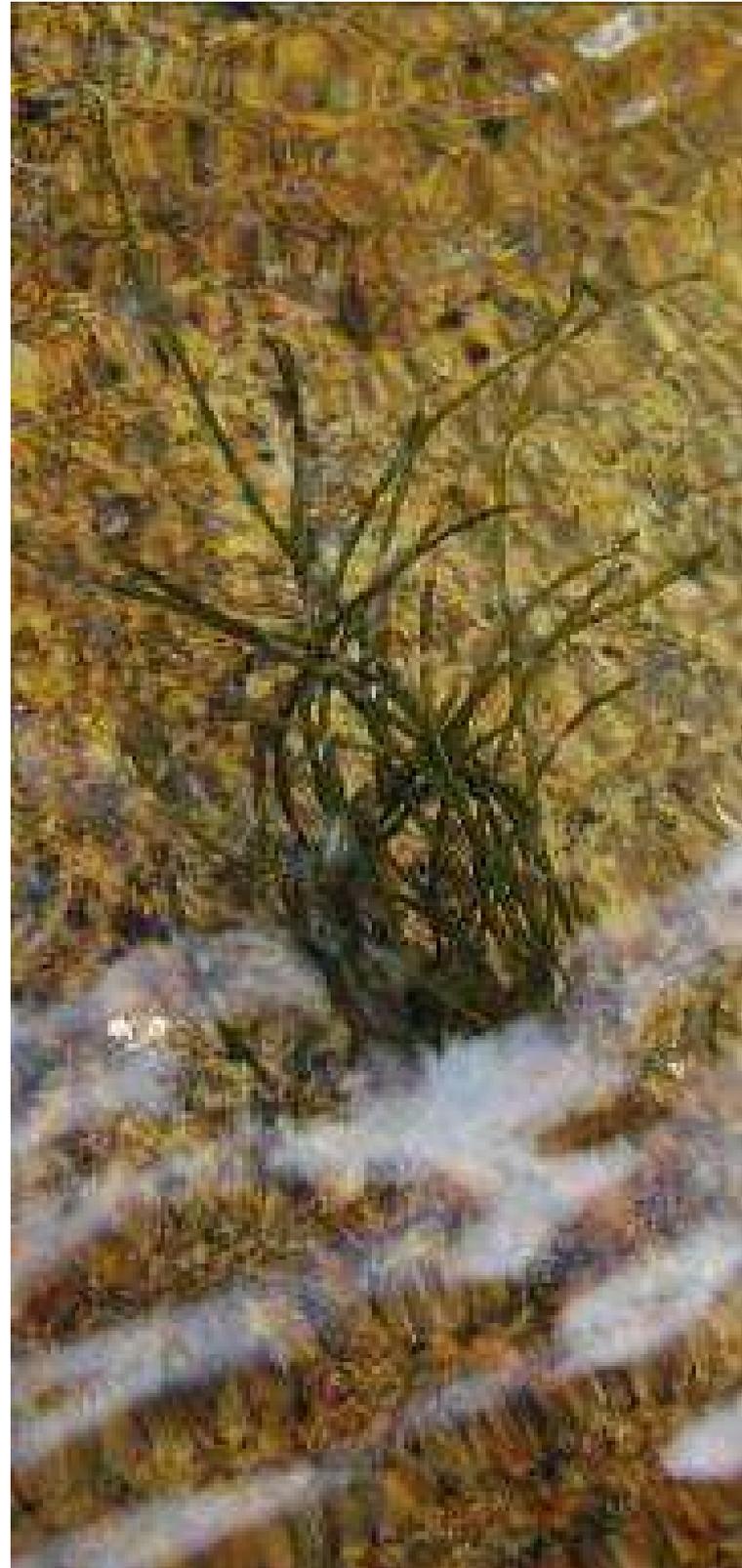
- *Azolla filiculoides*. Helecho acuático alóctono de aguas eutrofizadas con abundancia de fósforo.
- *Elodea canadensis*. Indicadora de degradación o al menos que empieza la degradación del humedal.
- Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*). Invasora de gran fama, que puede incluso obstruir cauces. Indica cierta contaminación del agua y eutrofia. Tiene gran poder de depuración de aguas residuales y metales pesados (filtros verdes). Introducida en Andalucía, Extremadura y Portugal.
- *Ludwigia grandiflora* y *L. repens*. Especies extendidas por acequias, arrozales y algunos humedales de la Comunidad Valenciana y Cataluña. No debe olvidarse que el género cuenta con un representante autóctono, *L. palustris*.
- Los arrozales de Andalucía, Extremadura, Valencia o Albacete, son cultivos muy proclives a tener flora acuática, en algunos casos con abundancia de táxones invasores y alóctonas.

Por último incluimos algunos táxones de especial interés de los humedales mediterráneos para la conservación (escasos y amenazados):

- *Ceratophyllum demersum*
- *Hydrocharis morsus-ranae*
- *Isoetes setaceum*
- *Luronium natans*
- *Marsilea batardae* y *M. strigosa* (en charcas estacionales, muy escasas)
- *Nymphaea alba*
- *Nuphar luteum*
- *Sagittaria sagittifolia* (extinta)
- *Trapa natans* (extinta)
- *Wolffia arrhiza*

- *Zanichellia palustris*

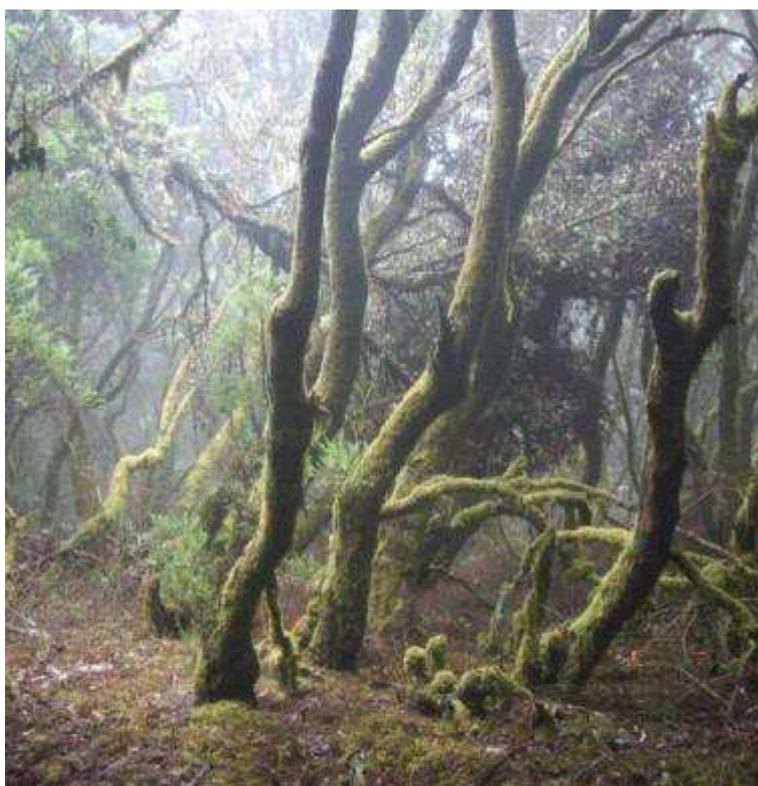
Alga rodofita duceacuícola del género *Lemanea* (río Trancoso, Orense)



2.7.- BOSQUES DE NIEBLAS, LAURISILVAS Y UN PROCESO SINGULAR: ABSORCIÓN DE AGUA POR LAS HOJAS.

En otro epígrafe hablaremos sobre los aspectos meteorológicos propiamente dichos de las nieblas y las precipitaciones horizontales. Ahora nos centraremos en las comunidades vegetales que habitan las zonas de nieblas como fuente de conocimiento e inspiración para la recolección del agua de las nubes. Debemos recordar que son nieblas aparentemente fijas sobre una zona o comarca pero con aire en desplazamiento. Son las llamadas nieblas de advección o también orográficas pues realmente se crean al tener que ascender el aire para superar un obstáculo, las cumbres isleñas. De hecho las islas de Fuerteventura y Lanzarote no presentan estas formaciones vegetales pues sus máximas alturas no tienen la suficiente cota como para que el aire de los alisios se enfríe lo suficiente para que se produzca el manto de nubes.

Laurisilva herreña y fayal-brezal



La precipitación horizontal es especialmente importante en Canarias y en toda la Macaronesia, en zonas de montaña media en ambientes subtropicales, que es peinada por el viento húmedo constante. Sobre ellas se desarrollan los llamados bosques de nieblas o laurisilvas.

En estos casos decimos que "la niebla peina la vegetación". En zonas tropicales y subtropicales son también llamados "bosques de ceja" o "ceja de selva", por ocupar las cejas nubosas de la montaña media. Este fenómeno es conocido también como nubes de estancamiento. En Canarias se pueden contar más de 100 días de niebla al año para las masas de laurisilva que dan lugar a verdaderas selvas forestales.

La laurisilva canaria tiene un conjunto de especies adaptadas a esta condición atmosférica cuya capacidad para producir este tipo de precipitación es alta. Son especies de hojas perennes duras lustrosas y acabadas en punta. El caso de los árboles más eficientes en esta captación es muy interesante, como el conocido árbol-fuente "El til de la isla de Hierro". Dice la leyenda que de estos árboles bebía la población entera de El Hierro. De la alberca que había en su base se podían llenar miles de cántaros de agua procedente de la "destilación" de sus hojas, así nos habla de ello Bartolomé de las Casas. Parece demostrado que el árbol existió y que desapareció junto con los bimbaches, pobladores originales de la Isla. Según la leyenda fue una joven indígena enamorada de un español la que desveló el secreto. En 1945 se plantó otro árbol en la ubicación donde se supone estuvo este árbol-fuente o árbol santo.

Algunas especies de la laurisilva de Canarias que favorecen el fenómeno de la precipitación horizontal son:

Apollonias barbujana

Heberdenia bahamensis

Ocotea foetens
Persea indica
Picconia excelsa
Pleiomeris canariensis (Myrsine canariensis)
Sideroxylon marmulano
Erica arborea
Erica scoparia subsp. *platycodon*
Ilex canariensis
Ilex perado
Laurus azorica
Myrica faya
Pinus canariensis
Prunus lusitanica subsp. *hixa*

Aparte de Canarias, en la península destacan los bosques de Algeciras (laurisilvas mediterráneas peninsulares), situadas en Cádiz, e igualmente existentes en la zona costera del norte de África. Es lo que se denomina localmente "canutos". En otras montañas mediterráneas de influencia atlántica u oceánica se pueden dar localmente estos fenómenos, aunque con más difícil aprovechamiento. Aquí los vientos húmedos proceden del aire de levante mediterráneo que tiende a canalizarse con gran fuerza por el estrecho de Gibraltar, y cuando el flujo es importante busca su paso por montañas aledañas.

También se puede dar este fenómeno en cañones u hoces donde el viento se encañona con frecuencia en una dirección fija. Asimismo en zonas litorales donde el viento diariamente circula del mar al continente cargado de humedad. Un caso extremo de este fenómeno son las nieblas o camanchacas de Atacama al norte de Chile y las neblinas con garúa en la continuación de dicho desierto costero en Perú.

EL PROCESO SINGULAR: ABSORCIÓN DE AGUA POR LAS HOJAS.

Relacionado con este tema se encuentran las noticias de la existencia de árboles capaces de absorber agua por sus hojas, es decir, que captan agua por sus hojas y la conducen



Til (Ocotea foetens). Especie típica de la laurisilva canaria

al suelo por sus vasos internos. Esto se ha estudiado en especies de la selva de Costa Rica y de Brasil, por ejemplo del árbol *Drymis brassiliensis*. El agua de neblina así captada por estos árboles puede contribuir hasta con el 30 % del volumen de agua del suelo y de los ríos de una región.

El camino recorrido por el agua en este caso es inverso al recorrido normalmente, ya que van de la hoja a la raíz. Estos estudios demuestran que la relación entre las nieblas y los bosques son más complejas de lo que se pensaba.

Para los experimentos se han fabricado unas hojas artificiales electrónicas capaces de medir la humedad en superficie a partir de cambios en el voltaje de un circuito eléctrico incorporado. Se instalaron unos sensores en las ramas para confirmar que el agua estaba entrando por las hojas cuando estaban mojadas.

3.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA

Redactar una breve guía básica de interpretación de la vegetación en relación con el agua como parte de las materias básicas de Agua Forestal, tiene por objeto facilitar el trabajo de los "zahoríes de las precipitaciones". El conocimiento de campo y en especial las claves que nos aporta su tapiz vegetal, nos va a permitir valorar datos tan básicos como la precipitación anual, los periodos de sequía y humedad del suelo, las variaciones locales en la evapotranspiración real, la existencia o no de agua freática, las posibles precipitaciones horizontales, etc. La vegetación es el reflejo de los valores medios locales y difícilmente retrata factores meteorológicos puntuales.

La vegetación también nos habla de la temperatura local, de las máximas y de las mínimas. Esta variable influye también en la economía del agua, en su balance hídrico. Entre otras cosas marca el inicio de la actividad vegetativa en los climas fríos y la intensidad de la evapotranspiración como elemento básico del consumo de agua del suelo. Por lo que es una forma indirecta de analizar el recurso hídrico en el paisaje forestal a interpretar.

Decir "mediterráneo" es decir muchas cosas, pues es un concepto muy amplio y variado,

tanto refiriéndose al clima como a la vegetación. Ante la contemplación de un paisaje de tipo mediterráneo es necesario conocer unas pequeñas claves de identificación que nos ayuden a "leerlo" o interpretarlo. Todo ello tiene mucho que ver con la precipitación, es decir, el agua disponible en ese paisaje (ya sea agua de precipitación, agua disponible del suelo o agua atmosférica o del aire: nieblas). Hay una íntima relación entre los paisajes que contemplamos y los factores del clima, lo cual constituye la ley universal de la Geobotánica: correlación o correspondencia entre clima y vegetación. Daremos algunas claves sencillas para una mínima interpretación del medio sin necesidad de ser botánico o especialista del paisaje o la vegetación.

El clima es un factor muy complejo, ya que muchas variables intervienen en su definición, no sólo la precipitación media y la temperatura. A la hora de tratar de interpretar la vegetación hemos de tener en cuenta también múltiples factores locales que definen el microclima o clima local. Por ejemplo la topografía condiciona el efecto umbría/solana, el efecto de sombra de lluvias, la inversión térmica y de pisos de vegetación, el efecto desecante del viento en los cañones y hoces, la proximidad al mar, etc. Éstos a su vez influyen en la cantidad de precipitación y su reparto, así como el modo en que es captada.

Dehesa próxima al embalse de García Sola.



3.1.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA. LOS BOSQUES

Si en el paisaje que contemplamos hay bosques naturales del tipo que sea, se puede saber el intervalo de precipitación media aproximada que se recoge en la localidad. Si estos bosques son abundantes -salvo que se esté en una zona árida o demasiado fría-, se trata en general de un paisaje bien conservado y valioso, en equilibrio natural con el agua disponible. Igualmente si hubiera repoblaciones antiguas bien hechas e integradas ocurriría algo similar. Bosques maduros y repoblaciones naturalizadas, van acompañados de suelos profundos con mayor capacidad de retención.

A partir del conocimiento de unas pocas especies arbóreas dominantes que definen los bosques se puede interpretar la disponibilidad de agua en ese territorio. No se tratan aquí en detalle ni los bosques eurosiberianos ni los bosques riparios o de ribera, ligados a cursos de agua, por no corresponder al tema de la captación de Agua Forestal general.

Hablando sólo de bosques mediterráneos existe una gran diversidad de ellos en España, con diversas variantes y situaciones mixtas. Pero sólo unas pocas especies arbóreas autóctonas dominan en las masas forestales, ya que el resto son acompañantes.

ENCINARES.

Partimos de los considerados más típicos mediterráneos, es decir, los bosques planifolios perennifolios esclerófilos (de hoja dura y perenne). De entre ellos, los más representativos en la península Ibérica son los encinares [*Quercus ilex* subsp. *ballota* (= *Q. rotundifolia*)], y sus derivados, los chaparrales o carrascales (facies arbustivas del encinar), así como las dehesas de

encina. Tomaremos como base de referencia el encinar, que indica siempre una situación plenamente mediterránea de tipo medio, con precipitación anual comprendida en el intervalo 350-550 mm (ombroclima seco; pisos termo, meso- y supramediterráneo), con un déficit hídrico o sequía variable, de varios meses al año. El encinar consume poca agua.

Hay una gran variedad de encinares, se han destacado hasta siete o más tipos o variantes, con lo cual es muy difícil afinar en relación al agua. Más alejados del tipo están los encinares de aspecto lauroide y principalmente costeros catalanes, mallorquines y cantábricos (de *Quercus ilex* subsp. *ilex*), que habitan en condiciones de mayor precipitación, próximas a las exigencias de los alcornoques.

ALCORNOCALLES.

El alcornoque (*Quercus suber*), requiere unas condiciones de humedad algo superiores a los encinares (más humedad y ambiente más cálido), en relación al encinar. Por ello ocupa zonas un poco más frescas o con más humedad ambiental, por lo que busca la influencia atlántica, con

Quejigar de Barriopedro (Guadalajara)



precipitación igual o superior a 500-550 mm anuales. Su consumo de agua es parecido al del encinar, aunque al situarse en situaciones más temófilas la tendencia global será a ser algo mayor. En el sur, en las sierras interiores de Cádiz, existe una variedad de alcornocal húmedo mixta con quejigo andaluz (*Q. canariensis*), relacionada con los "canutos" o retazos de laurisilvas ibéricas.

En muchas zonas, sobre todo del sudoeste, hay formaciones mixtas de encinar-alcornocal o dehesas mixtas, al darse condiciones intermedias.



Abies pinsapo, conífera muy usada en jardinería mediterránea.

Otros bosques mediterráneos escleroperennifolios atípicos pueden aparecer, ya sea como acompañantes o puros, en situaciones muy especiales: madroñales o acebuchares. El madroñal (de *Arbutus unedo*), suele indicar condiciones similares al alcornocal, siendo normalmente matorral acompañante de éste o sus formaciones derivadas. Del acebuchar hablamos al describir las formaciones más xéricas mediterráneas.

A continuación hablamos de los bosques de coníferas mediterráneas. En general existe

un paralelismo ecológico, de exigencias climáticas y de precipitación, entre bosques de frondosas quercíneas (género *Quercus*), y de coníferas (*Pinus*, *Juniperus*), éstas últimas más antiguas. Aunque casi siempre la batalla la ganan las frondosas, más modernas y mejor adaptadas, en otros casos, en parte por factores naturales y en parte por influencia de factores humanos, perviven y dominan las coníferas, que por otra parte, a menudo están mejor adaptadas a suelos de peor calidad. Ese paralelismo se manifiesta en las exigencias de precipitación, a cada unidad de bosque de frondosas mediterráneas se corresponde (más o menos), una unidad de bosque de coníferas. La presencia bajo sus pies de suelos de peor calidad, en general menos profundos, supone la disminución de la capacidad de retención. La consecuencia no es otra que el aumento de la infiltración hacia capas profundas, o de las escorrentías cuando se producen precipitaciones y los suelos están saturados. En definitiva un menor consumo de Agua Verde que las frondosas y una mayor producción de Agua Azul.

- Pinares mediterráneos de pino negral o resinero (*Pinus pinaster*) y pino piñonero (*P. pinea*). La presencia de estos tipos de pinares indica unos requerimientos hídricos similares a los del encinar, aunque pueden ser a veces algo más xerófilos. Precipitación en general > 300 mm anual. Consumen poco agua.
- Pinares mediterráneos de pino carrasco (*Pinus halepensis*). Indican unas condiciones de xericidad aún mayor que los anteriores. Sustituyen a los encinares cuando estos ya no pueden crecer por falta de precipitación ($P > 250$ mm anuales), existiendo algunos relictos incluso en zonas subdesérticas de Almería.
- Pinsapares o abetales de pinsapo (*Abies pinsapo*). Son un caso muy especial y excepcional de las montañas de Málaga y Cádiz, con altas exigencias de

precipitación, a la vez que con una aceptable resistencia a la xericidad, viviendo aquí en condiciones microclimáticas, aunque también sufren en los estíos prolongados. Se trata de una especie muy interesante para su uso en repoblación, que ya se usa en la jardinería de todo el mundo. Su área de distribución coincide con uno de los máximos anuales de precipitación de la península, superando ampliamente los 1.000 mm anuales.

- Bosques de cupresáceas mediterráneas: enebrales y sabinares. En paralelo a los encinares cálidos o a los bosques de pino carrasco pueden aparecer bosquetes de enebros (*Juniperus oxycedrus*) o sabinares negrales (*J. phoenicea*), bastante térmicos y muy poco exigentes en cuanto a precipitaciones medias. Consumen muy poca agua y son muy frugales.
- En paralelo a las formaciones de frondosas de tipo encinar o quejigar (considerado más abajo), aparecen a veces los sabinares albares (también llamados enebrales de olor, de *Juniperus thurifera*). Indican una situación similar de precipitación anual (350–600 mm), pero mayor continentalidad o contraste térmico, siendo típicos de las parameras y sierras interiores de la fachada este, y zonas subáridas del valle del Ebro y Albacete. También consumen poca agua. Generalmente van asociados a litologías calizas, muy porosas y con un alto nivel de infiltración. Por este motivo el consumo de Agua Verde será menor y la infiltración profunda mucho mayor.

Volviendo a las frondosas, por encima del piso del encinar, ya sea en altitud o en latitud (+ precipitación, + humedad, + frío), aparecen los bosques de robles caducifolios

marcescentes mediterráneos y submediterráneos.

- Quejigares. Los bosques de quejigo (*Quercus faginea* s.l.), denuncian en general un aumento de humedad edáfica o de precipitación con respecto

Quercus faginea de buen porte en Extremadura.



al encinar, por lo que aparecen en lugares algo más frescos o fríos. Pese a ello son los bosques caducifolios marcescentes más resistentes a la sequía (Precipitación media > 550 mm), con hojas todavía dentadas y algo coriáceas, por lo que presentan un consumo bajo de agua, son relativamente secos. Son indiferentes en cuanto al suelo. Más exigentes en precipitación y temperatura son los quejigares de quejigo andaluz

(*Quercus canariensis*; véanse alcornocales). La ubicación de los quejigares coincide muchas veces, con fondos de valle y umbrías característicos de suelos de gran profundidad y una alta capacidad de retención de agua. Si forman masas en mosaico con encinar, su ubicación estará en aquellos lugares favorables a la utilización de Agua Verde: suelos profundos en fondo de valle.

Melojar de Quercus pyrenaica en las faldas del Sistema Central. Se sitúa por encima del piso de la encina y por debajo del pino silvestre por razones de humedad y precipitación fundamentalmente



- Robledales mediterráneos. El quejigar, que también es un tipo de robledal, es sustituido en altura o en lugares algo más frescos o húmedos por otras formaciones con robles de hoja lobulada. En sustratos preferentemente silíceos se dan los melojares, marojales o rebollares (de *Quercus pyrenaica*), que suelen ser sustituidos sobre todo en sustratos calizos del cuadrante noroeste peninsular por los robledales de *Quercus pubescens* (= *Q. humilis*, incluyendo *Q. x subpyrenaica* y *Q. x cerrioides*). Ambos indican unas condiciones de humedad similares con un déficit hídrico sensiblemente inferior al del encinar y

sólo en verano. Apuntan a la variante climática que solemos llamar habitualmente submediterráneo, aunque la palabra lleva a confusión. Indican precipitaciones medias en intervalo entre 600 y 1200 mm, un período seco algo más corto y un consumo de agua medio.

- Castañares. En paralelo a las dos formaciones anteriores en cuanto a requerimientos hídricos: del orden de 500–1000 mm anuales, con un consumo de agua moderado. Aunque de origen cultivado en nuestro país (no así el castaño bravo como árbol silvestre aislado), indican unas condiciones muy concretas de humedad ambiental, típica del mundo de la transición o submediterráneo. Crean buenos suelos al descomponerse su hojarasca lo que les permite ir mejorando su propia disponibilidad de agua.
- Fresnedas no riparias. Formaciones de fresnos (*Fraxinus angustifolia*), o bien presencia de fresnos acompañantes en otras formaciones arbóreas, situadas fuera de los cauces de los ríos, en laderas frescas o similares. Constituyen un buen indicador de unas condiciones de humedad bastante altas, aunque más bien de suelo. Puede vivir bajo precipitaciones superiores a los 600 mm, aunque su óptimo se sitúa por encima. Otros árboles caducifolios tienen comportamientos parecidos como almeaces (*Celtis australis*), arces (*Acer spp.*), etc.

De nuevo con las coníferas, hablamos de aquellas más exigentes en humedad:

- Pinares de montaña mediterránea. Nos referimos ahora a los otros pinares que ocupan áreas de montaña en el ámbito mediterráneo, en situación paralela a los robledales mediterráneos, y con similares requerimientos hídricos. Son los pinares de pino laricio o salgareño (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), y los de pino albar o silvestre (*Pinus sylvestris*),

de los cuales los primeros son algo más xerófilos, mientras que los segundos abundan también en el mundo eurosiberiano o no mediterráneo. Ambos soportan fuerte continentalidad, y su presencia suele indicar precipitaciones del orden de 600 a 1000 mm, con un consumo medio de agua.

Los bosques caducifolios y de coníferas templados eurosiberianos, no son en realidad bosques mediterráneos pero a veces penetran en el dominio mediterráneo por las montañas, formando isleos atlánticos en un contexto mediterráneo. Su presencia en todo caso siempre indica precipitaciones medias anuales superiores a 650 mm (óptimo de 1000-1550 mm), y mucha mayor exigencia de humedad y requerimiento hídrico, en microclimas de humedad semipermanente todo el año con ausencia de periodo de sequía.

- Se trata de hayedos, abedulares, carballedas, robledales albares, abetales, pinares de pino negro, acebedas, temblares, tilares, tejedas, avellanedas, cerecedas y otros bosques mixtos de este tipo. Tienen un consumo alto de agua. Además de un microclima favorable apoyado en la orientación normalmente de umbría y/o a barlovento de vientos húmedos, es necesario la presencia de suelos muy profundos o muy favorables hídricamente. Su presencia garantiza un máximo desplazamiento del punto de equilibrio del Agua Forestal a favor del Agua Verde frente a la Azul.

A continuación nos referiremos a un tipo de bosques y matorrales arborescentes mediterráneos (a veces climáticos), muy interesantes por su bajo requerimiento de agua, formaciones vegetales que llamamos del dominio infralítico, por situarse en latitud por debajo de los encinares que hemos tomado como nuestro bosque mediterráneo básico. Toman el relevo a los

encinares cuando éstos no pueden desarrollarse por bajos requerimientos de agua. Nos referimos, aparte de los pinares de pino carrasco (que ya fueron descritos líneas arriba), a los coscojares y otros.

- Coscojares. Las formaciones de coscoja (*Quercus coccifera*), cuando no son etapas seriales del encinar sino climáticas, indican siempre unas condiciones de menos disponibilidad de agua que el encinar, en un ambiente más seco y cálido (suelo, precipitaciones y atmósfera), que aquel.

Abedular en dominio mediterráneo en la Sierra de Cebollera.



Se trata de formaciones con porte de gran matorral, salvo casos aislados. Estamos en general en lugares donde el déficit hídrico es alto y donde los encinares no pueden crecer o son sustituidos debido a las bajas precipitaciones medias (250-350 mm anuales). Consumen muy poca agua y en general están situados en lugares donde la producción de Agua Azul tan solo es posible en años muy favorables o asociada a eventos de precipitación extraordinarios.

- Sabinares de *Tetraclinis articulata*. Se trata de los bosques más resistentes a la

sequía que viven en nuestro país, ocupando un área mínima en la provincia de Murcia (Sierras de Cartagena). El llamado ciprés de Cartagena es una especie muy interesante para recuperar zonas áridas que se reproduce bien y brota de cepa. Soporta las condiciones más duras de sequía y austeridad hídrica de Europa. Es la única esperanza de arbolado natural autóctono en paisajes hiperáridos. Indica mínimas precipitaciones (< 250 mm anuales). Consume muy poca agua.

Otras formaciones arbóreas o arborescentes. En puntos con mayor sequedad y menores precipitaciones que las anteriores, se sitúan especies muy sensibles al frío, pero muy resistentes a la sequía. No suelen formar bosques, sino rodales y muy raramente. Indican precipitación inferior a 200-250 mm y su consumo de agua es muy bajo. Nos referimos a la presencia de algarrobos (*Ceratonia siliqua*), silvestres o cultivados, y formaciones de acebuchares (*Olea europaea* var. *sylvestris*), lentiscas (*Pistacia lentiscus*), o palmitos (*Chamaerops humilis*).

Sudeste árido. Albacete.



El caso de los acebuchares es un poco especial, ya que ocupan zonas muy templado mediterráneas pero a veces viven en suelos arcillosos especiales (bujeos), que retienen algo más la humedad. Son formaciones mediterráneas que llamamos termófilas.

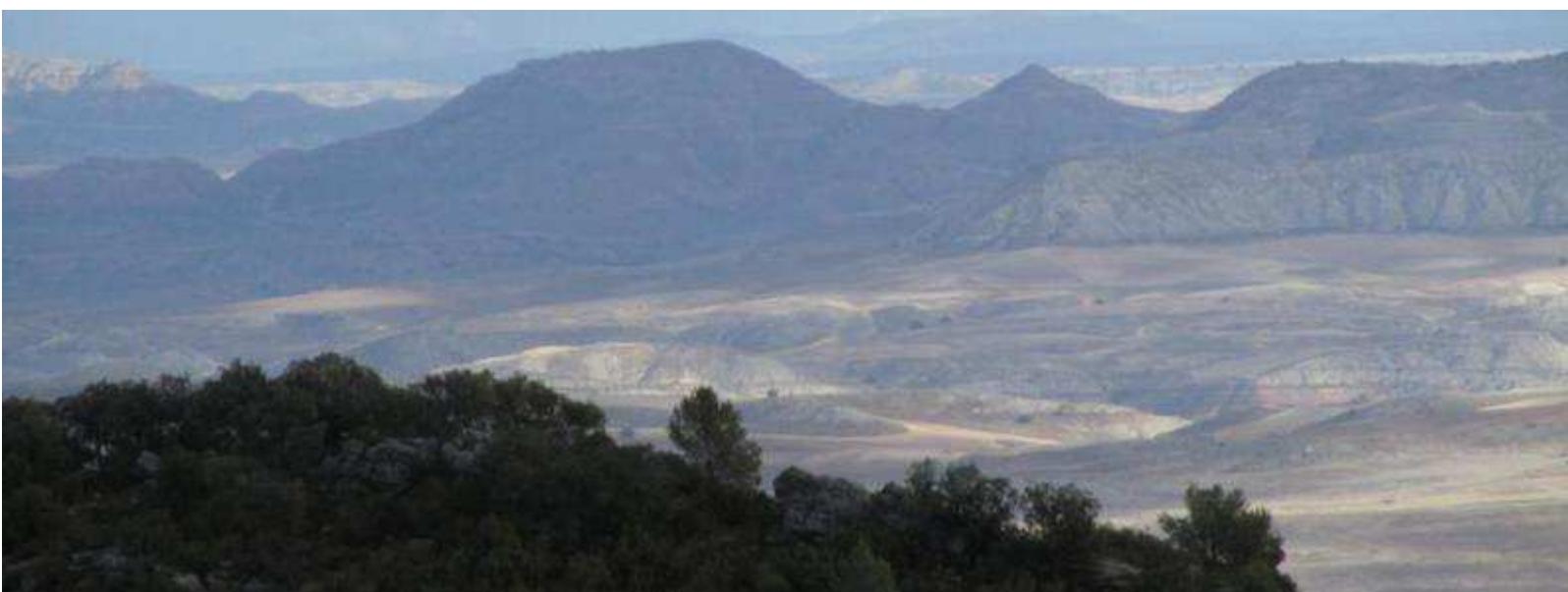
- Matorrales mediterráneos hiperáridos (azufaifares, cambroneras, artos, espinos negros, etc.). Por debajo de las condiciones de precipitación comentada (intervalo de 100-250 mm), se sitúan en el sudeste árido peninsular, de forma natural, una serie de matorrales norteafricanos, que nos hablan ya de unas condiciones desérticas o al menos subdesérticas. En estas condiciones no son capaces de crecer los árboles y aparece el llamado matorral térmico hiperárido mixto.

Hasta dónde llegan estas estepas de forma natural en las sierras del sudeste árido y hasta dónde han sido extendidas por la influencia humana, es un tema controvertido: lo cierto es que son unidades de vegetación interesante, únicas en Europa y con unas adaptaciones a la sequía muy importantes y muy válidas a la hora de buscar la economía del agua en el ámbito mediterráneo extremo. Indican una bajísima precipitación y tienen mucho interés para la conservación. Son mucho más frecuentes en el norte de África. Se tratan aquí, en el apartado de bosques, por ser climáticos y crecer en zonas donde no crecen bosques naturales.

A continuación incluimos una tabla con las principales familias y géneros de árboles o grandes arbustos que forman nuestros principales bosques mediterráneos no riparios (entre paréntesis nº especies). Nos permitirá hacer la primera aproximación a la interpretación del paisaje.

FAMILIA (géneros)	GÉNERO (especies)
FRONDOSAS O ANGIOSPERMAS	
<i>Aceráceas (1)</i>	<i>Acer (5)</i>
<i>Aquifoliáceas (1)</i>	<i>Ilex (1)</i>
<i>Betuláceas (2)</i>	<i>Betula (2-3)</i> <i>Corylus (1)</i>
<i>Caprifoliáceas (1)</i>	<i>Sambucus (1)</i>
<i>Ericáceas (1)</i>	<i>Arbutus (1)</i>
<i>Fagáceas (3)</i>	<i>Castanea (1)</i> <i>Fagus (1)</i> <i>Quercus (8-11)</i>
<i>Juglandáceas (1)</i>	<i>Juglans (1)</i>
<i>Lauráceas (1)</i>	<i>Laurus (1)</i>
<i>Leguminosas (1)</i>	<i>Ceratonia (1)</i>
<i>Moráceas (1)</i>	<i>Ficus (1)</i>
<i>Oleáceas (2)</i>	<i>Fraxinus (2)</i> <i>Olea (1)</i>
<i>Rosáceas (4)</i>	<i>Malus (1)</i> <i>Prunus (3)</i> <i>Pyrus (1)</i> <i>Sorbus (5)</i>
<i>Ulmáceas (2)</i>	<i>Celtis (1)</i> <i>Ulmus (3)</i>
GIMNOSPERMAS O CONÍFERAS	
<i>Cupresáceas (1)</i>	<i>Juniperus (3)</i> <i>Tetraclinis (1)</i>
<i>Pináceas (2)</i>	<i>Abies (1)</i> <i>Pinus (6)</i>
<i>Taxáceas (1)</i>	<i>Taxus (1)</i>

Sierra de Altomira en Guadalajara, de carácter calizo. Es un colector de agua clave para las Tablas de Daimiel a pesar de la distancia, pues recarga un acuífero que a su vez recarga el acuífero que sustenta las Tablas de Daimiel



3.2.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA: MATORRALES

En el mismo sentido que hablamos de interpretar el paisaje y su relación con el agua a partir de los bosques, se puede hablar de sus matorrales de sustitución, cuya interpretación resulta compleja, pero muy interesante a la hora de conocer los terrenos y su disponibilidad del agua. Normalmente los matorrales sustituyen a los bosques que han sido destruidos, aunque en determinadas situaciones (como la alta montaña, los saladares, los roquedos, los terrenos yesosos o los hiperáridos), pueden ser el óptimo de la vegetación potencial en ausencia de arbolado. Estos son los matorrales climáticos. Normalmente los matorrales provienen de la destrucción del bosque por el manejo del fuego, el ganado, la agricultura o la transformación con maquinaria en general. Hablamos en este caso de matorrales seriales, a los que nos referimos a continuación.

Encinar Castellano Manchego sobre calizas de estructura achaparrada y con alta diversidad de matorral



Hay también una diversidad enorme de tipos de matorral, pero no mayor que de bosques, a los que sustituyen. Varios tipos de bosque pueden ser sustituidos por un mismo tipo de matorral y existe una relativa fidelidad. Su interpretación por tanto es más difícil que la de los bosques porque normalmente varios matorrales comunes sirven para reemplazar a diversos tipos de bosque y al revés. No hay un paralelismo inmediato, por lo que dependiendo de las condiciones un tipo de bosque puede ser sustituido por diferentes tipos de matorral y un mismo matorral puede entrar a sustituir a diferentes tipos de bosques, todo ello en función de clima, suelo, orientación, etc.

Se distinguen al menos una treintena de tipos básicos de matorral, la mayoría de ellos (dos tercios), dominados por una sola especie y, el resto, mixtos. Cuatro familias de plantas acaparan la mayor cantidad de los matorrales dominantes en España: las cistáceas (jaras y jarillas), las genisteas (subfamilia de leguminosas del tipo de las retamas, escobas y aulagas), las labiadas (romeros, tomillos, espliegos, salvias, cantuesos), y las ericáceas (brezos y gayuba). Otras familias como compuestas, quenopodiáceas, etc., tienen gran importancia en algunos matorrales de zonas áridas y en los saladares.

Los matorrales conforman gran parte del paisaje, son buenos indicadores ecológicos de la cantidad de precipitación, frenan la erosión y evitan la desertización. Enriquecen el suelo permitiendo la lenta recuperación del bosque, y proporcionan materiales imprescindibles para nuestra vida, como aromas, esencias, mieles, combustibles y forrajes.

En muchos casos se trata despectivamente a la vegetación mediterránea arbustiva y de matorral como vegetación o paisaje degradado, en proceso de desertificación, calificándola como secarrales, "desiertos" o

"estepas" improductivas o similar. Esto no es generalizable y en general es incorrecto. Cada caso hay que analizarlo por separado, ya que los matorrales mediterráneos son por lo común de gran interés, tanto desde el punto de vista económico (explotación, producción), como ecológico (conservación).

Hablar de matorrales y de Agua Forestal conlleva algunas reflexiones inmediatas, que en general se pueden prestar a debate o discusión. En primer lugar sobre la tendencia a afirmar que los matorrales tienen una menor evapotranspiración. Esta afirmación se sustentaría en su menor talla frente a la vegetación arbórea y por lo tanto con menor volumen de biomasa soportado por metro cuadrado de suelo. Sin embargo sabemos que la evapotranspiración potencial depende básicamente de la temperatura, lo que contradice dicha afirmación. No es así, al menos teóricamente, si hablamos de evapotranspiración real. Ésta es la que debería ser menor. En general este hecho se cumplirá si buscamos la explicación en el suelo y su capacidad de retención. En general los suelos bajo matorral tienen un grado menor de madurez y profundidad que bajo cubierta arbórea. Es decir, una menor capacidad de retención de agua o de reserva. Por este motivo, durante la primavera, cuando la respuesta a la demanda de la vegetación depende en parte del agua acumulada y retenida en el suelo a lo largo de los meses de invierno, el volumen disponible es menor y la evapotranspiración se verá limitada. El consumo de Agua Verde disminuirá respecto a un bosque maduro de suelo más profundo. Por el contrario, durante el invierno, la reserva de agua del suelo se completará antes y la infiltración y la escorrentía aumentarán. Al igual que en las repoblaciones jóvenes el porcentaje de Agua Azul aumentará respecto a una masa forestal. Por el contrario si el suelo que soporta a un bosque y a un matorral es



Jaral de Cistus ladanifer con presencia de romero en las Villuercas

similar, los consumos de Agua Azul y Verde serán similares.

Hecha esta disquisición pasamos a describir los principales tipos de matorrales mediterráneos en España. A la hora de interpretar los matorrales, consideraremos sólo los más importantes y fáciles de distinguir en el campo (sin ser experto), indicando las condiciones de precipitación y humedad en que se desarrollan y cuánta agua consumen. Analizamos una docena de tipos generales, pero antes los nombraremos por dominios:

- Dominio mediterráneo-atlántico y/o submediterráneo: brezal, tojal, orla espinosa, zarzal, escobonales o xesteiras, piornal.
- Dominio mediterráneo subhúmedo (oro, supramediterráneo): escobonal, piornal, jaral-estepar, brezal, bojeda, cambronal, matorral almohadillado espinoso o de erizones, enebrales y sabinares rastreos.
- Dominio mediterráneo típico (mesomediterráneo): maquias o mancha mixta, madroñales, retamares, jarales, aulagares, romerales, tomillares,

salviares, esplegares, coscojares, garrigas, cornicabrales.

- Dominio mediterráneo seco, semiárido, árido o termomediterráneo: coscojares, lentiscares, espinales, cornicales, artales, azufaifares, palmiales, tomillares, ontinares, sisallares.



Matorrales secos a semiáridos en suelos yesos de Cuenca, con efedras, coscojas, etc.

Desde un punto de vista fisionómico los tipos que se describen aquí son los siguientes:

- Maquia o mancha mixta. Se trata de un matorral mixto denso sin dominancia neta de ninguna especie. Aun así, casi siempre interviene el madroño (*Arbutus unedo*), en el conjunto. A veces se denomina "monte" sin más, aunque monte es una palabra con varios significados, según zonas. Esta formación suele aparecer en las umbrías de las sierras mediterráneas bien conservadas de la mitad sur. Su presencia supone una zona de valor para la conservación de la biodiversidad. También le llamamos matorral noble por su carácter mixto y por el buen desarrollo correspondiente a las primeras fases de degradación del bosque mediterráneo climático. A menudo

aparecen en mosaico con estas formaciones pequeñas orlas espinosas esclerófilas (con diversas especies de los géneros *Rhamnus*, *Asparagus*, etc.), así como jarales, jaral-brezales y otras formaciones descritas más abajo. La mancha mixta, garriga o maquia, indica la presencia en el pasado de bosques mediterráneos subhúmedos o de umbría. Es una zona muy favorable para la captación de agua de lluvia y de escorrentía, en ambiente mediterráneo. Por el contrario debido a su complejidad estructural consume mucha agua y la evapotranspiración es alta (Agua Verde). El hecho de situarse preferentemente en umbrías facilita el consumo de Agua Verde a pesar de tener temperaturas algo menores. La razón como ya hemos dicho está en el suelo y su capacidad de retención.

- Coscojar. Como ya hemos dicho al hablar de bosques, es un matorral alto de coscoja (*Quercus coccifera*), que indica un ambiente bastante xérico con suelos pobres y precipitación media inferior a la de los encinares, a los que a veces sustituye en dima seco. También señala un ambiente poco favorable a la captación de agua de lluvia y escorrentía. De modo más raro, hay también determinados puntos con coscojar de umbría, más alto y cerrado (a veces con pequeños árboles), indicador de mucha mayor humedad y capacidad de retención. Los coscojares tienen una cierta preferencia por los suelos calizos muy permeables y secos lo que facilita la posibilidad de obtener algo de Agua Azul vía infiltración. De hecho en estos lugares puede haber precipitaciones favorables para la producción de Agua Azul coincidente con vegetación de zonas más pericas como los coscojares, debido a que el agua se infiltra rápidamente en el suelo y queda fuera del alcance de los sistemas radicales de las plantas.

- Brezales. Suelen vivir en suelos ácidos. Los hay de muy diversos tipos, pero en general su presencia revela unas condiciones de humedad mayores que otras formaciones mediterráneas como los jarales o los escobonales. Su presencia delata generalmente una humedad disponible moderada (a veces alta), con consumo de agua variable según zonas. Hablando sólo de brezales altos, hablamos de dos tipos:

1. Brezales blancos (*Erica arborea*). Indican un grado de humedad más elevado dentro del mundo mediterráneo. Crecen en suelos frescos o laderas umbrosas, junto a arroyos o bonales, en zonas buenas para el agua y la captación de la misma. Producen suelos típicos negros de brezal, frescos y húmedos. Hay también diversas variantes y es difícil generalizar. Muy importantes en los bosques y matorrales de la Macaronesia (clima templado de tendencia subtropical). Estos brezales son buenos captadores de precipitación horizontal.
2. Brezales colorados o rojos (*Erica australis*). Indican mayor xericidad que los anteriores, pero también una ligera influencia atlántica, es decir mayor humedad ambiental que en otras formaciones como los jarales. Tienen un papel ecológico muy variable dentro de la mediterraneidad. Sus condiciones son más favorables para la captación de agua que las de otros matorrales, incluso de agua de niebla. En ciertos lugares más secos, su presencia puede indicar una buena orientación de su ubicación a favor de los vientos húmedos, generalmente del oeste, en las dos mesetas y sus sistemas montañosos próximos.
3. Parecidos a los anteriores y más escasos están los brezales de *Erica lusitanica* y los de *E. scoparia*.



Cistus ladanifer. Jara pingosa.

- Matorral de Cistáceas. Jarales. También los hay de muy diferentes tipos.
1. Los que más abundan son los de jara pingosa (*Cistus ladanifer*), indicadores de condiciones fuertemente xéricas, y que principalmente acompañan o sustituyen a endrines secos o muy secos, en suelos pobres y superficiales. Los suelos de estos jarales retienen poca agua y son por tanto buenos para recoger agua de escorrentía. Es un agua de escorrentía abundante, invernal sobre todo, y de calidad, cuando son cerrados, pues no se produce el impacto de las gotas sobre suelos desnudos. El grado de espesura dependerá de las precipitaciones principalmente. Esta jara tiene bajo consumo de agua. Suelen

tener un punto negativo: son matorrales inflamables muy pirófilos o favorecidos por los incendios.

2. La situación mixta jaral-brezal (sobre todo de *Cistus ladanifer* y *Erica australis*), es frecuente en el ámbito mediterráneo de la mitad occidental ibérica, presentándose en condiciones intermedias con fuerte insolación y termicidad, pero con ligera influencia atlántica. Como ya indicamos, puede indicar una orientación favorable a los vientos húmedos del oeste.
3. Los jarales de jara estepa (*Cistus laurifolius*), se corresponden con ambientes más frescos y húmedos, del piso de robleal, pinar de media montaña o encinar húmedo y frío. Son indicadores de un grado de humedad ambiental muy superior a los otros jarales pringosos descritos. Indican también un alto grado de continentalidad.

Jaguarzal de *Cistus crispus* en Extremadura



Consumen más agua pero son más favorables a la captación de agua en las laderas que ocupan, por recibir mayor precipitación. En invierno, debido al frío al que suelen ir asociados, la evapotranspiración no existe y toda el

agua de precipitación va destinada a recargar suelos y acuíferos. No así en cuanto al agua de escorrentía que seguramente sea menor que la de los jarales pringosos.

4. Otros tipos de jarales (o jaguarzales) de menor talla o dominancia, indican condiciones muy diferentes, ya sea de mayor o menor sequía, siendo el tema complejo. Tan solo decir que hay jaras o jaguarzos que indican un grado de humedad mayor, como el jarón o jara cervuna (*Cistus populifolius*), y la jara pelosa [*Cistus psilosepalus* (= *C. hirsutus*)]. Otras jaras, como *Cistus mospeliensis*, *C. clusii* y *C. crispus*, apuntan a condiciones de mayor termicidad e insolación, siendo muy resistentes a la sequía e incluso capaces de aletargarse temporalmente (malacofilia) en veranos muy secos o sequías plurianuales.
- Matorral de leguminosas arbustivas (genisteas retamoides). Muy variados y ricos en nuestro país, que ocupa uno de los centros genéticos de estas especies, con una diversidad grande de matorrales (por ejemplo de *Genista* existen unas 40 especies peninsulares). Su interpretación respecto al agua resulta difícil pero podemos dar unas directrices. La capacidad de fijar nitrógeno de estos vegetales los hace algo más valiosos en el paisaje para la fertilidad de los suelos y tierras, así como para la reconstrucción paisajística del monte con vegetación autóctona. En cuanto a agua, sin embargo, quizás sean más consumidores que otros tipo de matorrales a la hora del balance entre captar agua de lluvia y soltarla (relación agua verde/agua azul). Este hecho dependerá entre otras cosas de su espesura y la densidad foliar. Como ya hemos dicho de la biomasa asociada que tiene que ver con la calidad del suelo disponible.

1. Retamar (de *Retama sphaerocarpa* y *R. monosperma*). Indica ambiente seco y térmico, aunque es las retamas tienen gran valencia ecológica ("todoterreno"), pudiendo pasar de habitar desde la meseta continental, a convivir con los matorrales áridos del sudeste ibérico. Su presencia de retamares nos habla de precipitaciones medias a bajas, pero sin embargo los suelos que mantienen son algo profundos y fértiles, por lo que la captación de agua en ellos es factible, así como la recuperación de bosques mediterráneos más nobles en la sucesión ecológica. Consumen poca agua. Sus sistemas radicales, si el suelo es favorable, le permiten extraer agua desde varias decenas de metros de profundidad. Es una especie asociada al concepto de redistribución hidráulica, que se explicará más adelante y que facilita la ascensión del agua desde zonas profundas a zonas superficiales beneficiando a herbáceas situadas en sus proximidades.
2. Escobonales o escobales y piornales (formados por varias especies de aspecto retamoide e inermes –sin espinas– de los géneros *Cytisus* y *Genista*), y que generalmente son exclusivos de sustratos silíceos. Indican ambiente algo submediterráneo o mediterráneo mesófilo. Son muy variables en composición de especies y muy complejos de interpretar, según la especie de que se trate. Se necesita por tanto un análisis particular o local en cada caso. En las montañas se llegan a producir pisos de vegetación con diferentes especies que se van sustituyendo en altura unas a otras en los matorrales. En general la escoba blanca (*Cytisus multiflorus*), indica más termicidad que las demás. Al ir ganando altura, en el sur de la sierra de Gredos por ejemplo, va siendo sustituida sucesivamente por *C. striatus*, *C. scoparius*, *Genista florida*, *G. cinerascens*

y *Cytisus oromediterraneus*. A veces se asocian con brezales y entonces indican un grado mayor de humedad y mejores posibilidades de captar agua.

Enebrales oromediterráneos (alta montaña mediterránea). Sierra de la Mujer Muerta (Segovia). Por su situación en cabeceras de cuenca y el alto grado de pastoreo al que suelen estar sometidos, son uno de los paisajes con mayor capacidad de recolección de Agua Azul, en valores absolutos y relativos.



3. Codosedas o cambronales (matorrales retamoideos de diversas especies del género *Adenocarpus*). A veces se presentan en determinados sectores, pero son mucho menos frecuentes que los escobales. Indican unas condiciones similares a éstos, de tipo medio o mesófilo, dentro de la región Mediterránea. Suelen requerir suelos algo profundos y consumen poca agua.
4. Aulagares y otros matorrales de porte almohadado y espinosos (dominados por aulagas como *Genista scorpius* y otras parecidas, como *Genista hispanica*, *G. hirsuta*, *G. polyanthos*, etc., y especies vulnerantes de los géneros *Astragalus*, *Erinacea*, *Echinopartum*, etc.). Delatan suelos pobres, a menudo esqueléticos, y ambientes muy xéricos. En los paisajes que caracterizan, cuando

la pendiente es baja, hay pocas posibilidades de aprovechar el agua de lluvia o de escorrentía, ya que además de la escasez de precipitaciones, gran parte de ellos se desarrollan sobre calizas, que "chupan" mucha agua. Como contrapartida, el consumo de agua de estos matorrales es muy bajo. Sobre todo en calizas se asocian frecuentemente a los matorrales de labiadas que tratamos a continuación. Su ubicación en laderas, en estratos arcillosos o arenosos, y la existencia de un porcentaje importante de suelos desnudos da lugar a altas escorrentías de baja calidad con muchos sólidos arrastrados.

5. Otros matorrales de leguminosas: tojales (género *Ulex*), carqueisales (*Pterospartum tridentatum*), matorrales bajos de *Dorycnium pentaphyllum*, etc.

Sotobosque de romero en sabinar de Albacete. El suelo presenta gran parte de su superficie al descubierto por lo que se producirán escorrentías significativas y de aguas con fuerte arrastre de sólidos en suspensión



- Matorrales de labiadas. En general estos matorrales presentan un alto valor desde el punto de vista de la apicultura para la

producción de miel. Presentan en general un gran porcentaje de superficie de suelo desnudo, suelos esqueléticos, y suelen estar ubicados en zonas en pendiente por lo que el equilibrio se desplaza hacia la producción de Agua Azul, de mala calidad y con presencia de procesos erosivos. En las pocas zonas llanas donde dominan, se traducirá en infiltración.

1. Cantuesares (principalmente de *Lavandula stoechas* s.l. y *L. pedunculata*). Propios de suelos ácidos arenosos graníticos o similares, y bastante secos, salvo en primavera. Tienen consumo bajo de agua, pero escorrentía potencial alta y buena infiltración, por lo que su valor es bajo para la captación de agua.
2. Esplegar-salviar (*Lavandula latifolia* y *Salvia lavandulifolia*). Indican suelos calizos pero de ambiente muy seco, con fuerte déficit hídrico en verano, y esplendor fugaz primaveral, como en el caso de los cantuesares. Colonizan zonas pedregosas calizas difíciles de aprovechar para la captación de agua. Además de su alto valor apícola, son muy apreciados para el aprovechamiento de plantas aromáticas. Tienen consumo muy bajo de agua
3. Romeral (principalmente de *Rosmarinus officinalis*, ya que son muy locales los de *R. eriocalix* y *R. tomentosus*). Es un típico matorral muy xérico de laderas solanas. Indica xericidad y relativa ausencia de heladas a lo largo del año (no siempre). Viven en suelos pobres e indiferentes en cuanto a carbonatos. Cuando habitan sobre suelos ácidos o silíceos son buenos indicadores de la captación de agua por escorrentía, ya que estos suelos son pobres, poco húmicos y muy superficiales, y por lo tanto retienen muy poca agua (situación similar a la de los jarales de pringosa).

4. Tomillar. Formaciones muy variables y difíciles de generalizar, ya que existen muchas especies dominantes en el contexto mediterráneo. El nombre tomillo se aplica sobre todo a especies del género *Thymus*, pero es frecuente que también se aplique ese nombre a otras labiadas de porte similar. En general se puede decir que indican suelos pobres superficiales pedregosos, muy secos, y ambiente de baja precipitación. Suelen ser matorrales claros alternantes con pastos anuales y suelo desnudo, que bajo fuertes lluvias pueden producir abundante escorrentía. Consumen poca agua e indican poca lluvia.
 5. A menudo se habla de formaciones de tomillar-pradera, mosaicos de pastizal con rodales de matas arbustivas y subarbustivas, entre las que se cuentan tomillos, espliegos, salvias y otras labiadas.
- Orlas espinosas caducifolias (con fisionomía de zarzal, rosal escaramujal, espinar de espino blanco, etc.). Las plantas que más comúnmente integran estas formaciones son zarzas (*Rubus* spp.), rosales silvestres (*Rosa* spp.), majuelos o espinos (*Crataegus* spp.), endrinos (*Prunus spinosa*), etc. En zonas de montaña, más continentales, suelen incorporarse otros arbustos tales como guillomos (*Amelanchier ovalis*), agracejos (*Berberis vulgaris*), lantanas (*Viburnum lantana*), etc. Al contrario que las formaciones anteriores, la presencia de orlas, zarzales y espinales de este tipo indican presencia de humedad en el suelo y precipitaciones más elevadas (antiguos bosques mediterráneos más frescos o submediterráneos). Mantienen suelos profundos o con humedad edáfica en niveles profundos y son buenos indicadores de humedad en el terreno, sobre todo en depresiones bajas o terrenos con afloramientos de la capa

freática. Podemos extrapolar para todos ellos una norma muy sencilla. Ofrecen en grado menor o menor hojas de carácter caducifolio, planifolias y sin características esclerófilas. Bajo clima mediterráneo, se puede interpretar que durante el verano conservan humedad disponible en el suelo en mayor o menor grado. También en común tienen la presencia de espinas como defensa frente a los herbívoros. En la Sierra de Guadarrama, por ejemplo, las hojas de las zarzas, las pocas que permanecen en la mata, son el alimento principal de los corzos.

- *Ladera en paisaje granítico con presencia de enebros, rosales, jara pringosa y otros matorrales, dependiendo del suelo, la pendiente y el tiempo transcurrido desde el último incendio*



Estas orlas son buenos indicadores para hacer balsas ganaderas o pequeños depósitos (tipo pilones), en sus proximidades. Señalan también pastos frescos posibles a favorecer como pasto de diente para el ganado. Cuando no se pastan, entonces vuelven a recuperar territorio y compiten con el pastizal, disminuyendo su superficie. El paisaje de pastizales o prados con mosaico o setos de orla espinosa (bocage), tiene un alto valor ecológico. Por otra parte, ofrecen

perfecta protección para la regeneración de especies arbóreas de mayor porte: ofrecen sombra, nutrientes, humedad y protección a sus semillas.

- Enebrales y sabinares postrados o arbustivos (de *Juniperus communis* s.l., *J. sabina*, facies arbustivas de *J. oxycedrus*). Aunque pueden hallarse a veces cerca de la costa, son más habituales en zonas de paramera y de alta montaña. En general se trata de formaciones fuertemente adaptadas a bruscos cambios de temperaturas y muy xerófilas, que viven sobre suelos con escasa retención hídrica, y en general poco exigentes en cuanto a precipitaciones.

Sabina negral o roma (*Juniperus phoenicea*)



OTROS MATORRALES MENOS FRECUENTES: bojeda, arlera, gayubar, cornicabrales, lentiscales, albaidales, matorrales gipsófilos (sisallares por ejemplo), matorrales halófilos (almarjales), espinales semiáridos, etc. Como puede verse hay una gran diversidad y el tema es complejo para ser analizado brevemente.

Principales géneros de los matorrales y arbustos ibéricos (excepto riparios)

FAMILIAS DOMINANTES	GÉNEROS (nº de especies aproximados más importantes)
LEGUMINOSAS-tribu GENISTEAS	<i>Adenocarpus</i> <i>Anthyllis</i> <i>Astragalus</i> <i>Calicotome</i> <i>Colutea</i> <i>Coronilla</i> <i>Cytisus</i> (14) <i>Dorycnium</i> <i>Echinopartum</i> <i>Erinacea</i> <i>Genista</i> (unas 40) <i>Ononis</i> <i>Pterospartum</i> <i>Retama</i> <i>Stauracanthus</i> <i>Teline</i> <i>Ulex</i>
ERICACEAS	<i>Arbutus</i> <i>Arctostaphylos</i> <i>Calluna</i> <i>Erica</i> (15) <i>Vaccinium</i> Otros: <i>Daboecia</i> , <i>Rhododendron</i> <i>Loiseleuria</i> , <i>Empetrum</i> , <i>Corema</i>
CISTACEAS	<i>Cistus</i> (13) <i>Fumana</i> <i>Halimium</i> (6) <i>Helianthemum</i>

Otras: Tuberaria	
LABIADAS (LAMIACEAS)	<i>Lavandula</i> (7) <i>Rosmarinus</i> <i>Salvia</i> <i>Satureja</i> <i>Teucrium</i> <i>Thymus</i>
ROSACEAS (parte)	<i>Amelanchier</i> <i>Crataegus</i> <i>Malus</i> <i>Prunus</i> <i>Pyrus</i> <i>Rosa</i> <i>Rubus</i>
FAGÁCEAS (parte)	<i>Quercus</i> (<i>Q. coccifera</i> , <i>Q. lusitanica</i>)
CUPRESACEAS (parte)	<i>Juniperus</i>

FAMILIAS DE ARBUSTOS Y PRINCIPALMENTE A COMPAÑANTES O DE HÁBITAT MÁS LOCALES	GÉNEROS
BERBERIDACEAS	<i>Berberis</i>
BUXÁCEAS	<i>Buxus</i>
OLEACEAS	<i>Jasminum</i> <i>Ligustrum</i> <i>Olea</i> <i>Phillyrea</i>
CAPRIFOLIACEAS	<i>Sambucus</i> <i>Viburnum</i> <i>Lonicera</i>
ANACARDIACEAS	<i>Pistacia</i> <i>Rhus</i>
CELASTRACEAS	<i>Euonymus</i> <i>Maytenus</i>
EFEDRÁCEAS	<i>Ephedra</i> (3)
RAMNACEAS	<i>Frangula</i> <i>Paliurus</i> <i>Rhamnus</i> <i>Ziziphus</i>
OTRAS FAMILIAS: QUENOPODIÁCEAS, COMPUESTAS, UMBELÍFERAS, CRUCÍFERAS, LILIÁCEAS, SANTALÁCEAS, ETC.	

Matorral y mancha mediterránea en Extremadura



3.3.- GUÍA BÁSICA DE INTERPRETACIÓN DE LA VEGETACIÓN MEDITERRÁNEA CON RESPECTO AL AGUA: PASTOS

El tema de los pastos o pastizales es muy complejo en cuanto a su interpretación. Uno de los problemas que ofrece reside en la dificultad de identificación de las gramíneas que dominan en estos hábitats. El ganado es un factor fundamental en el manejo de los pastos, por lo que son objeto de estudio de disciplinas específicas, llamadas Pascicultura (pastos) y Agrostología (gramíneas). Su dificultad nos va a permitir tan solo una breve referencia introductoria al tema. Los pastizales ocupan las zonas sin vegetación leñosa, y al igual que los matorrales sólo son totalmente naturales en la alta montaña, en algunos páramos y estepas naturales, o en lugares muy áridos. Son sistemas complejos donde dominan dos familias de plantas principalmente: gramíneas y leguminosas. Existen grandes extensiones en las zonas ganaderas de nuestro país y en zonas de campiña cerealística, muy deforestadas. A veces alternan con setos, dando paisajes reticulados muy productivos y bellos como los bocages de montaña mediterránea, las dehesas extremeñas y otros.

Vallicar acidófilo (Agrostis castellana y Agrostis sp.). Monfragüe. Cáceres.



De acuerdo con la humedad, se puede hablar en general de pastizales anuales — que se agostan—, y pastizales vivaces o perennes, los primeros caracterizan más al mundo mediterráneo, y los segundos al eurosiberiano y la transición mediterráneo-atlántica. Según el pH del suelo hay pastos acidófilos y basófilos.

Los pastos bien manejados favorecen la producción de agua azul por dos razones principales. La disminución de la interceptación y el incremento de la escorrentía en zonas en pendiente. Por otro lado, al no requerir de suelos muy profundos, favorecen la infiltración y la escorrentía invernal con suelos saturados. Los pastizales tienen un consumo de agua proporcional a la biomasa que producen, y en igualdad de condiciones con otras comunidades vegetales estructuralmente más complejas, consumen en proporción de la biomasa verde existente en uno u otro caso. Los pastos anuales son buenas formaciones para facilitar la escorrentía por su agostamiento estival y su eliminación es prácticamente total por el ganado en dicho período, dejando los suelos desnudos.

Podemos clasificarlos por grandes tipos: anuales, perennes y mixtos

- Anuales. Más menos nitrófilos, indican baja humedad, fuerte periodo de sequía y déficit hídrico. Dentro de estos, los efímeros, constituyen una variante que dura muy poco verde, propia de suelos muy superficiales.
- Perennes. Pueden darse sobre suelos calizos o carbonatados (basófilos), o silíceos (silicícolas, acidófilos o calcífugos).
- Mixtos. Situación intermedia de transición entre anuales y perennes.

Los pastizales mixtos formando mosaico con el matorral, son también muy frecuentes.

La diversidad pascícola es muy grande. Un caso especial constituyen los pastos de gramíneas que podemos llamar gigantes, como los carrizales (*Phragmites australis*) y los cañaverales (*Arundo donax*), ligados a la humedad de ríos, arroyos o lagunas y también buenos bioindicadores de humedad próxima al suelo. Son especies muy interesantes y productivas para su manejo en explotaciones, pero pueden ser invasivas y desplazar a otra flora higrófila.

Otros pastos de gramíneas gigantes son los berceales, de los que hablamos abajo, o los pastos de *Ampelodesma mauritanica* en Levante y Baleares.

A continuación citaremos los nombres de algunos de los grandes tipos de pastos más comunes que se pueden encontrar en nuestro país, sin pretender hacer ninguna clasificación. Los hemos ordenado de mayor a menor humedad.

- Pastizales higróturbosos. Relacionados con las turberas o en transición hacia ellas. Son medios anaerobios especializados con flora turfófila típica y otras especies.
- Juncales, pastos higrófilos de las zonas basales sobre todo. Diversos géneros y especies (los más característicos son de los géneros *Juncus*, *Schoenoplectus*, *Scirpoides*). Muy complejos. En zonas mediterráneas suelen aparecer en lugares con afloramientos de agua subterránea, o en zonas de acumulación de sedimentos finos donde la infiltración está anulada.
- Cervunales. Son pastos hidrófilos (a veces higróturbosos), de montaña, dominados por el cervuno (*Nardus stricta*).
- Helechar de *Pteridium aquilinum* (normalmente mixto con otro tipo de pastos o matorral). Indica piso de robledales o de pinares de montaña. A

menudo son comunidades invasoras de pastizales descuidados.

- Herbazales megafórbicos. Algo nitrófilos y muy húmedos gran parte del año. Algunos son de zonas próximas a las riberas fluviales y otros de zonas frescas de montaña como vaguadas, orlas de bosque, etc.
- Pastos altos de diente o de siega. Dominados por gramíneas de los géneros *Dactylis*, *Cynosurus*, *Anthoxanthum*, *Arrhenatherum*, *Lolium*, *Trisetum*, etc. Generan una gran biomasa y son muy productivos en general. Tienen un gran consumo de Agua Verde, que es canalizada hacia la producción de forraje.



Bodonal extremeño con matices de flora turfófila asociada a manaderos

- Berceales. Pastizales gigantes de berceo (*Stipa gigantea*), bastante secos y propios de zonas rocosas de tipo berrocal, principalmente graníticas. Sobre granitos la infiltración es alta, la escorrentía menor y aunque los suelos son secos, las precipitaciones pueden superar con facilidad los 600 mm favoreciendo la recolección de Agua Azul.

- Vallicares perennes (de *Agrostis castellana*, *A. stolonifera*, *Agrostis* spp., *Lolium* spp., etc.).

Brachypodium distachyon



- Majadales de *Poa bulbosa*. A veces codominados por *Trifolium subterraneum*. Son perennes. La presencia de un alto contenido en materia orgánica debida a la práctica del majadeo supone una mejora a favor de la estructura del suelo y de su capacidad de retención de agua que incrementa en cierta medida el periodo húmedo del mismo disminuyendo el periodo de estiaje.
- Lastonares. Nombre que suele aplicarse genéricamente a formaciones del género *Brachypodium*, denominado "lastón" o "fenal" en algunas zonas. Algunos son más o menos exigentes en humedad como los de *Brachypodium phoenicoides* y *B. pinnatum*, mientras que otros son más xerófilos, como los de *B. retusum*.
- Espartales. Pastos muy interesantes en cuanto a su relación con el agua, dominados por el esparto (*Stipa tenacissima*). Dibujan gran parte de las estepas españolas y son un gran protector de los suelos. Según los estudios que hemos leído del mediterráneo catalán, son una de las comunidades vegetales con mayor capacidad de producir Agua Azul a favor de la escorrentía y la infiltración. Quizás por la porción de suelo que permanece desnuda entre sus macollas. También por la existencia de perfiles edáficos con un alto contenido en arcillas.
- Cerrillares (*Hyparrhenia* spp.). Son pastizales térmicos de aspecto sabanoide del sur y este peninsular, muy frecuentes en el Norte de África.
- Pastos anuales efímeros, de *Brachypodium distachyon*, *Anthoxanthum aristatum* y otras especies. En suelos generalmente muy someros, a menudo en claros de matorral.

3.4.- SOBRE LAS ESTEPAS ESPAÑOLAS Y LOS CONCEPTOS DE DEGRADACIÓN, EROSIÓN, DESERTIZACIÓN O DESERTIFICACIÓN

Dos son los motivos que nos han llevado a incluir un epígrafe destinado a las estepas españolas y a su puesta en valor en un manual de Agua Forestal:

- Por un lado las biocenosis que las habitan suelen albergar especies singulares y con alto valor para la conservación.
- Por otro lado, la confianza de que de la misma manera que podemos manejar el Agua Forestal a favor de un mayor aprovechamiento y recolección de las precipitaciones, también podemos hacer lo contrario. Tenemos en nuestras manos la oportunidad de favorecer la diversidad con el mantenimiento de las condiciones de de aridez, especialmente en lugares de carácter subhúmedo. La estrategia sería favorecer su rápido paso por los predios, aumentando la aridez de los mismos. Para ello las medidas de gestión irán destinadas a favorecer la escorrentía principalmente

Se utiliza, con frecuencia, la palabra estepa para designar determinados paisajes nuestros, desarbolados, faltos de vegetación o con vegetación rala. O bien se llama también estepa cerealista en España a los paisajes dominados por amplios cultivos de cereal de secano. La palabra es de origen ruso (*step*), y su significado original en Asia Menor o Asia Central, no parece corresponderse con nuestro paisaje, pero nos sirve para expresar este tipo de paisajes, de tierra llana seca, cultivada o no, con vegetación poco aparente y ausencia de arbolado. Sin embargo lo cierto es que la estepa es muy cambiante a lo largo de las estaciones.

En nuestro país existen sin duda estepas naturales, pero también estepas de origen

antrópico (por transformación histórica del paisaje y los bosques), y estepas cerealistas, sin que sea nada fácil discernir dónde acaba una y empieza otra, ya que los núcleos de estepas naturales han sido ampliamente extendidos por la actividad humana en amplias zonas, ya sea por el fuego, la tala, el pastoreo o el secano. Está claro que siempre existió una base natural de verdaderas estepas mediterráneas en nuestro país, por el gran número de animales y plantas adaptadas a este medio y que han evolucionado con este tipo de hábitats. Además, la mayoría de ellas son especies de interés biológico y bastante raras en el contexto europeo. Hay que recordar que una de las evidencias claras de la presencia de especies esteparias en territorio ibérico, la encontramos en la desecación casi total del Mediterráneo que se produjo hace unos 6 millones de años en el periodo Messiniense.

Pequeña ladera "esteparia" en los cerros miocenos margosos de Cuellar (Segovia). Lugar de alto valor para la conservación de la biodiversidad por las especies esteparias que contiene. No debería considerarse apta para repoblaciones forestales, en todo caso para una microrrestauración paisajística, utilizando las especies testigo de árboles y arbustos que quedan.



Las estepas pueden ser sólo herbáceas, pero lo normal es que sean mixtas de matorrales (arbustos caméfitos), y pastos anuales.

Existe una tendencia entre nuestros conciudadanos a considerar los paisajes esteparios como feos o áridos, degradados o en proceso de erosión y desertificación. Hay mucha confusión en este sentido, y se utiliza la palabra "degradación" en un contexto despectivo y muy antrópico, tanto en el lenguaje común como el científico (ciencias de la vegetación).

Hay muchas personas y profesionales que ante la contemplación de un paisaje estepario opinan que es algo degradado, verdaderamente desolador y deprimente, siendo imprescindible para ellos intentar repoblarlo. Esto es relativo y hay que considerar cada caso concreto en particular.

Hay una tendencia también a considerar al árbol y arbolado como sinónimo de bueno, fresco, saludable (sin importar que tipo de árbol se trate, ni dónde, ni cuándo),

Los paisajes esteparios nos sorprenden con lagunas endorreicas de características salinas. Laguna de El Hito. Cuenca



mientras que la ausencia de arbolado es sinónima de malo. Expresiones como "esto es un secarral", "esto es un desierto", "esto es un paisaje degradado", o "se encuentra en peligro de desertificación inminente", son comunes y alarmantes, sin replantearse nada más que esa primera impresión negativa. Lo cierto es que también abunda la confusión entre los términos, desertización, desertificación y erosión. Veamos las definiciones exactas a tener en cuenta antes de usarlos:

Desertización. Aridificación de los lugares semiáridos colindantes o próximos a los desiertos naturales, principalmente por cambio climático, con resultado de despoblamiento. Es una ampliación natural o casi natural, del desierto. Desertización se refiere a la aparición a condiciones similares a las de los desiertos en las zonas semiáridas limítrofes con los mismos por causas naturales o mal conocidas.

Desertificación. Proceso de degradación prácticamente irreversible de los recursos de un lugar, como consecuencia de la acción humana, acompañada del desmoronamiento de los sistemas socio-económicos que lo explotaban. Ocurre cuando el ecosistema es forzado más allá de su resiliencia por las actividades que soporta. La desertificación es la degradación de un lugar hasta una situación de escasez de recursos, en particular de agua, que lo hacen difícilmente apto para la vida humana. Da lugar a áreas degradadas, despobladas o despoblándose, con pocos recursos utilizables en su contexto socioeconómico.

Erosión. La erosión es el proceso por el cual se pierde suelo en un lugar determinado, siendo los principales agentes que la producen el agua y el viento. Consiste en una destrucción de los materiales de la superficie terrestre, rocas y suelos, por separación física de partículas de cualquier tamaño, debido a la acción de los agentes externos erosivos (viento, agua y hielo). La



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

intensidad de la erosión depende de la energía del agente erosivo, la naturaleza de los materiales (litología), el grado de meteorización, la pendiente del terreno, y en el caso del suelo, del grado de cobertura vegetal y del enraizamiento, por lo que las acciones humanas sobre la vegetación y el suelo pueden favorecer la erosión.

Como muchos saben, la erosión puede ser natural, al igual que la desertización, y es un procesos lento y no muy alarmante en medios naturales en general. Incluso en estepas antrópicas es raro observar una erosión preocupante, de pérdida de suelos, salvo en casos muy concretos.

Finalizamos estos comentarios diciendo que algunas estepas incluso las de origen antrópico (bastantes), son lugares de interés y a veces medios más biodiversos que los bosques. Su suelo tiene estructura aunque no lo parezca, y allí viven un montón de interesantes especies (insectos, plantas, etc.), que presentan adaptaciones únicas a las condiciones extremas y difíciles. Es importante mantenerlas para la conservación, analizando cada caso en particular. Muchas veces valen más estos espacios que el beneficio que podamos obtener repoblándolas, aparte de la dificultad que entraña la plantación de

árboles en estos medios y su desarrollo. Si se decide emprender restauraciones estas tienen que ser con buen criterio ecológico y muy bien programadas, tratando de no afectar al suelo.

Recomendamos, por tanto, tener cuidado con la utilización de estos términos y conceptos. Si no se hace así puede ocurrir que, partiendo de premisas que se dan como universales, se justifiquen actuaciones forestales inadecuadas.

Así que ante expresiones que escuchamos o leemos como "es una ladera degradada" o "un paisaje degradado", debemos preguntar: ¿Qué entienden exactamente por ello y en qué situación o ejemplo concreto? Se pueden emprender repoblaciones, o más bien restauraciones de paisaje, pero habría que responder previamente a algunas de las siguientes cuestiones: ¿Qué especies arbóreas introducir?, ¿cuántas?, ¿dónde?, ¿cuándo?, y ¿cómo? Sabiendo además que son su seguimiento y mantenimiento posterior, la fase más importante. En definitiva, no hay que precipitarse.

Pseudoestepa con fuertes procesos erosivos en la provincia de Cuenca





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

4.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS. EL CLIMA MEDITERRÁNEO EN LA PENÍNSULA

Vamos a analizar algunos conceptos básicos relacionados con la dinámica hídrica y la actividad vegetal. Empezaremos por el balance hídrico, que nos va a marcar los ciclos de actividad de la vegetación en el mediterráneo así como a definir con gran precisión los caudales esperados para la red hidrográfica. A continuación haremos una descripción de las precipitaciones anuales en la península, con sus matices en cuanto a distribución, intensidad y ritmo anual. Veremos como el relieve y el perfil geográfico general y local es clave para sus cuantías. Describiremos como es la estación

más definitoria de nuestro clima para la vegetación y analizaremos en detalle una magnífica herramienta para Agua Forestal: los diagrama bioclimáticos de Montero de Burgos y González Rebollar. Hablaremos de la vocación del territorio de cara a la producción de agua en tierras forestales, Agua Forestal y de la importancia y distribución de las precipitaciones horizontales en especial de las nieblas. Para terminar pondremos un poco más en candelero un nuevo concepto, para nosotros desconocido de la interacción entre el agua y las plantas. La Redistribución Hidráulica.

Campos cosechados en agosto. Sotopalacios Burgos.





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

4.1.- EL BALANCE HÍDRICO

El clima mediterráneo se caracteriza por un periodo de sequía estival de aproximadamente tres meses: desde mediados de junio a mediados de septiembre, dependiendo del año. Es en los meses de más calor, los del verano, cuando se produce el periodo de precipitaciones mínimas. Los frentes lluviosos procedentes generalmente del oeste, se desplazan a latitudes más altas y la península Ibérica, al sur de las cordilleras Cantábrica y Pirenaica, cae bajo la influencia de las altas presiones.

En estos meses la demanda potencial de agua por parte de la vegetación es máxima, ya que depende de la temperatura, y la disponibilidad del líquido elemento mínima. Se genera un periodo de aridez elevada en el que la vegetación herbácea se agosta, la leñosa entra en parada fisiológica cerrando sus estomas y durante el cual el crecimiento se paraliza.

En el extremo contrario del ciclo anual, suele existir salvo en lugares de clima cálido, un periodo invernal con temperaturas medias por debajo de 7,5° C que varía, dependiendo de la altitud del lugar. En zonas por debajo de los 400/500 m de la cuenca del Guadiana o del Guadalquivir, o en los litorales atlántico y mediterráneo del sur y el este, tal periodo desaparece. Por el contrario, en la alta montaña mediterránea se llegan a superar los 6 meses de frío. Lo normal en el interior de la meseta sur son, al menos dos meses, diciembre y enero, ampliables otro mes más entre noviembre y marzo. Para algunos lugares de la meseta norte existe un refrán muy significativo: 9 meses de invierno y 3 de infierno.

Entendemos por Balance Hídrico aplicado a una superficie determinada de terreno, el balance o diferencia entre aportes de agua a dicha superficie (precipitación), y salidas de

agua de las mismas por evaporación y transpiración (evapotranspiración).

Si el balance es positivo (superávit), el exceso de agua recargará los acuíferos o bien saldrá de la zona a través de la red hidrográfica. Si el balance es negativo (deficitario), los acuíferos disminuirán su nivel y la red hidrográfica no incrementará sus caudales. Los balances hídricos se suelen aplicar a cuencas hidrográficas o bien a un metro cuadrado de terreno, como referencia a los valores manejados habitualmente para precipitaciones y cálculo de la evapotranspiración.

Observemos un ejemplo a escala continental (*Fuente Wikipedia*).

Continente	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Escoorrentía (mm)	% de Escoorrentía
Europa	734	-415	-319	43%
Asia	726	-433	-293	40%
África	686	-547	-139	20%
América del Norte	670	-383	-287	43%
América del Sur	1,648	-1,065	-583	35%
Australia	440	-393	-47	11%
Promedio	834	-540	-294	35%

En todos los casos la escoorrentía discurre por la red hidrográfica hacia el mar. Se puede observar que el continente con menor porcentaje de escoorrentía es Australia y los de mayor porcentaje son Europa y América del Norte. La razón más significativa es la temperatura media sobre los mismos, probablemente la más alta y las más bajas respectivamente. A más temperatura más evapotranspiración y por lo tanto menores superávits. Este aspecto se verá matizado por la disposición de los continentes frente a los frentes de borrascas y zonas de precipitaciones importantes determinados por la circulación general de la atmósfera.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

CONCEPTOS	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
Precipitaciones	30-40%	30-40%	30-40%	0-10%
Vegetación	Transpirando hasta diciembre	Reposo Invernal	Activa, transpirando	Parón por estiaje
Evapotranspiración	En disminución	Mínima por frío	En aumento	Nula por ausencia de agua.
Saldo	Positivo al final	Positivo	Negativo al final	Negativo
Capacidad de retención del suelo	Recarga del suelo hasta posible saturación	Recarga y posible saturación	Descarga e inicio de estiaje	Sin agua. Estiaje
Saldo infiltración	Inicio infiltración final	Infiltración	Infiltración inicial solo	Nula.

A continuación vamos a ver lo que sucede en un clima mediterráneo tipo de Extremadura o Castilla La Mancha, o bien de las cuencas medias del Guadiana, del Tajo, o del Guadalquivir.

Al inicio del año meteorológico durante el otoño el suelo se recarga de agua hasta alcanzar valores suficientes como para ser utilizada por las raíces, y la vegetación se pone en marcha. La evapotranspiración va disminuyendo poco a poco y las precipitaciones, retrasadas o no, llegan a nuestros campos. A finales del otoño, el suelo suele haber alcanzado su saturación y se inicia la infiltración profunda al mismo tiempo que aumenta la probabilidad de aparición de escorrentías.

Durante el invierno la evapotranspiración se mantiene en mínimos, en diciembre y enero. Con el suelo saturado, las precipitaciones originan, mayores infiltraciones y escorrentías. Es el momento de la

producción eficaz de Agua Azul.

En primavera las temperaturas aumentan, la vegetación se pone en marcha y la evapotranspiración real alcanza sus máximos. En mayo o junio, la reserva de agua del suelo se agota debido al calor y en especial a la desaparición casi total de las precipitaciones durante este último mes. La primavera no genera superávits, que por infiltración pasen a la red hidrográfica, ni tampoco escorrentías muy significativas, salvo en eventos excepcionales.

Por último, el verano, como ya hemos dicho, se caracteriza por la ausencia de precipitación y agua en el suelo, con lo que se produce la paralización estival característica del clima mediterráneo.

Para una precipitación de 450 mm anuales, hipotéticamente distribuida de manera uniforme entre las tres estaciones húmedas nos encontramos los siguientes datos

CONCEPTOS	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
Precipitaciones	150	150	150	0
Vegetación	Transpirando hasta diciembre	Reposo Invernal	Activa, transpirando	Parón por estiaje
Evapotranspiración real	100	50	150	0
Saldo	50	100	0	0
Capacidad de retención del suelo	50	100	100	0
Saldo infiltración	0	50	0	0

orientativos. Para ello suponemos que no se produce escorrentía como consecuencia de la función protectora sobre el suelo de la masa forestal. El resultado conjunto sería una producción de Agua Azul de algo más del 11%, 50 mm sobre 450. El resto del agua pasaría a ser Agua Verde. Si hiciéramos el mismo supuesto para 390 mm de precipitación el Agua Azul no existiría.

El equilibrio entre Agua Azul y Agua Verde para un mismo valor de precipitaciones y en ausencia de escorrentía depende exclusivamente de la capacidad de retención del suelo, es decir de su profundidad y porosidad. Si la capacidad de retención es alta el Volumen de Agua Azul es menor. Esta es la principal explicación de que los bosques mediterráneos maduros de quercíneas, generen menos Agua Azul que los matorrales y las repoblaciones jóvenes.

En la península Ibérica de clima mediterráneo se pueden dar tres supuestos aproximados:

- Zonas con precipitaciones inferiores a los 400 mm. No existe recarga de acuíferos o es asimilable a 0. No hay infiltración. Solo se produce agua azul en forma de escorrentía asociada a episodios de precipitaciones abundantes e incluso infiltración en eventos meteorológicos especiales.
- Zonas con precipitaciones entre 400 y 500 mm. Puede haber infiltración en invierno y escorrentía en episodios de precipitaciones abundantes. Suele producirse recarga de acuíferos en invierno, al menos en los años con otoñadas favorables, lluviosas.
- Zonas con precipitación mayor de 500 mm. La recarga de acuíferos se produce todos los años desde finales de otoño, el invierno y dependiendo de la cantidad de precipitaciones llega a alcanzar hasta el mes de marzo e incluso los meses de

abril y mayo en zonas frías de montaña y alta montaña.

En las cumbres del interior peninsular el balance hídrico está claramente condicionado por el frío. Pico de Urbión. Soria.en Julio.



4.2.- COMENTARIOS A LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN ESPAÑA, DESDE EL ENFOQUE DE AGUA FORESTAL

Vamos a analizar las precipitaciones anuales en España, como punto de partida para valorar la vocación de un territorio forestal en cuanto a la provisión de aguas. En otras palabras, su potencial en Agua Forestal. Toda la cartografía de este epígrafe procede del Atlas Climático Ibérico:

<http://www.aemet.es/documentos/es/conocemas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>.

Para ello valoraremos primeramente la información proporcionada por el número de días de precipitación anual y el número de días de precipitación estival de forma complementaria. El primero muestra un claro gradiente descendente en sentido Noroeste-Sureste. Va, desde más de 150 días al año, hasta valores inferiores a 20 días en el sureste almeriense. Refleja, en cierta medida, lo que son tierras atlánticas y mediterráneas.

Para los días de precipitación del verano, la dirección cambia nítidamente, orientándose hacia un gradiente Norte-Sur, con valores superiores a los 30 días en el Norte, en la costa vasca, e inferiores a los 3 días, en el

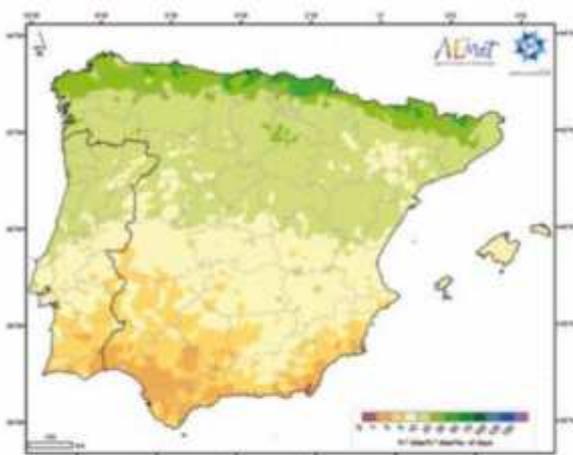


Fig. 85. Número medio de días con precipitación $\geq 0,1$ mm en verano.
Número médio de dias com precipitação $\geq 0,1$ mm no Verão.
Average number of days with precipitation $\geq 0,1$ mm in summer.

Sur, en toda la costa andaluza. El mínimo es un valor medio puntual de 1 día para Almería. Se observa una clara y brusca frontera coincidente con los valores de 10 días de precipitación estival, que recorre las vertientes meridionales de la Cordillera Cantábrica y Pirineos. Por debajo de este número de días y de la isolínea que los cartografía, podríamos decir que nos encontramos en las tierras mediterráneas de la Península ibérica. En estas tierras, la provisión de agua por las masas forestales se convierta en un recurso clave ligado a temas tales como los regadíos, el consumo doméstico e industrial o la producción de energía. Son tierras con aridez en el periodo del año con mayor evapotranspiración (ETP), e incluso lugares de clima semiárido en aquellos lugares donde las barreras montañosas impiden la llegada de masas húmedas de agua procedente del Atlántico o del Mediterráneo.

Si entramos a valorar los días de precipitación con intensidad importante, aquellos en que los valores superan los 10 mm/día, obtenemos nuevos elementos relevantes para el análisis del Agua Forestal.

En primer lugar se observa, como a escala anual, cordilleras y sistemas montañosos son los lugares donde se concentran el mayor número de días de precipitación de gran intensidad. Es decir en ellos, lloviendo el mismo número de días que en su entorno regional, las precipitaciones son mucho más abundantes.

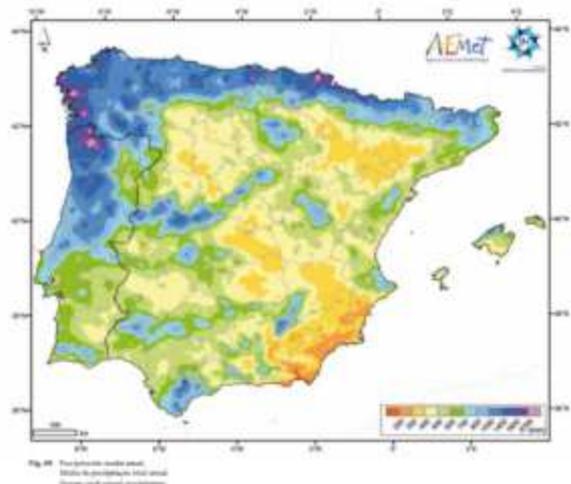
En términos coloquiales, podemos afirmar, que los sistemas montañosos son los mejores captadores de precipitación que existen. El aire húmedo, al encontrarse estos obstáculos, se eleva y se enfría. El agua se condensa en mayor medida y los volúmenes precipitados lo hacen también.

Como consecuencia de este hecho, se produce el efecto contrario. Las comarcas y regiones rodeadas de montañas y alejadas de las costas, son las localidades con menor número de días con alta intensidad de precipitación. El agua se queda en las montañas, especialmente a barlovento, y no llega al interior. Sucede en la cuenca del Ebro, las dos mesetas y, en menor medida, en las cuencas del Guadiana y del Tajo. La cuenca del Guadalquivir, abierta por el Suroeste a los vientos húmedos del atlántico, no sufre este efecto de forma tan evidente.

El tema de la intensidad de la precipitación es muy importante, pues valores superiores a los 10 mm de precipitación, son los que suelen tener algún efecto en la aparición de escorrentías. Además son los que explican o justifican más del 60/70% de la precipitación anual.

Si reflexionamos ahora sobre la distribución y número de días con precipitaciones superiores a 30 mm/día, podemos matizar algún elemento más. Esta intensidad de precipitación genera escorrentía, prácticamente en todas las ocasiones. Es un hecho seguro, si el territorio o cuenca analizados supera los 10 km². El mapa de la península muestra dos nuevos aspectos, con consecuencias para la vocación de las tierras forestales. En las proximidades del Mediterráneo peninsular, centro y Norte, y del Atlántico, Sur y Suroeste, aparecen valores diferenciales positivos para este hecho. Son regiones y comarcas susceptibles de recibir grandes chaparrones. En segundo lugar, algo que ya sabemos. Son eventos de otoño e invierno principalmente. Los del litoral mediterráneo, en un gran porcentaje, están asociados a las gotas frías.

Los días de precipitaciones intensas, los utilizaremos más adelante, para crear modelos locales en el cálculo de la escorrentía media, asumiendo que son estos



tipos de precipitación los únicos que generan aguas superficiales libres.

Ahora, debemos analizar los valores medios de las precipitaciones anuales en las comarcas mediterráneas peninsulares. Para ello nos vamos a fijar en dos valores tipo que podemos calificar como fronteras funcionales. Las precipitaciones inferiores a 400 mm y las superiores a 600 mm. Las primeras coincidirán con valores potenciales de recolección o producción de Agua Azul, prácticamente nulos si tan solo tenemos en cuenta el balance hídrico del suelo. Coinciden con las zonas centrales de la cuenca del Ebro y la submeseta Sur, el Sureste peninsular, y algunas zonas interiores de la Cuenca del Duero.

Por otro lado, los lugares con precipitaciones superiores a 600 mm, coinciden, en clima mediterráneo, con los sistemas montañosos, a los que añadiremos tres comarcas en sentido amplio muy significativas: las vertientes mediterráneas de la provincia de Cádiz y suroeste de Málaga, y en la cuenca mediterránea propiamente dicha, las sierras como la de Alcoy que estructuran el cabo de la Nao, y la comarca de los Puertos de Beceite y norte del Maestrazgo castellanense. Estos tres lugares, son lugares especialmente favorables para provocar la precipitación de los temporales de levante en otoño e invierno.

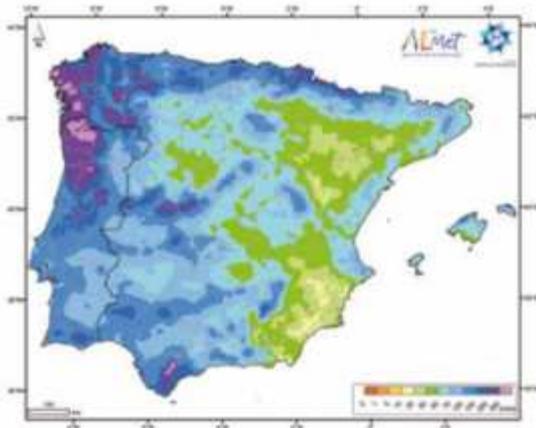


Fig. 81. Precipitación media de diciembre.
Média da precipitação total em Dezembro.
Average total precipitation in December.

En cuanto al Agua Azul disponible debemos añadir dos elementos más. En la mayor parte de las zonas interiores de la península, las más extremas o continentales, el mes más lluvioso es Mayo. Este mes la primavera está en su máximo esplendor y la demanda de agua por la vegetación es máxima. En él, la evapotranspiración suele superar a las precipitaciones y la producción de Agua Azul es prácticamente nula. Todas se canalizan en forma de Agua Verde. En el litoral del mar Mediterráneo, los meses con más precipitación se concentran en otoño, especialmente en octubre. Son los efectos de las gotas frías y los temporales con origen en el gran calentamiento estival de este mar interior. En este caso, la mayor parte de esta agua recogida permite recargar la capacidad de retención de los suelos y acaba en forma de Agua Verde de consumo otoñal. Por último la mitad occidental de clima mediterráneo peninsular, las cuencas de la vertiente atlántica, alcanzan sus máximos en noviembre, diciembre y enero, sobre todo en la transición de diciembre a enero. En este mes la vegetación está en parada invernal por las temperaturas, la evapotranspiración es mínima, los suelos están saturados y prácticamente la totalidad del agua recogida pasa a convertirse en Agua Azul.

Una variable significativa más por analizar es la irregularidad climática, en una doble cuantificación. La variación de las precipitaciones anuales y la presencia de precipitaciones diarias de altísima intensidad. El primero de estos hechos fue analizado, ya en los años 80 del siglo XX, por José Luis Montero de Burgos y José Luis González Rebollar en su publicación Diagramas Bioclimáticos. Aquí presentan el coeficiente de variación pluviométrica, que varía en un gradiente de Norte a Sur-Sureste, de 17,5% en la costa cantábrica (región Eurosiberiana de tipo atlántico), hasta el 42,5% en el Sureste y Sur mediterráneo. Esta variación coincide casi directamente con la mediterraneidad climática y se puede traducir que a mayor mediterraneidad más irregularidad y por lo tanto la estrategia de recolección de Agua Forestal dependerá de los años buenos, debiendo preverse la existencia de ciclos de años negativos a estos efectos. En cualquier caso, nos garantiza a largo plazo la existencia de años con balances hídricos positivos para la recolección. A menor coeficiente de variación pluviométrica podemos afirmar que mayor atlanticidad climática encontraremos.

Por último la presencia de grandes chaparrones es analizable también en los datos presentados en el Atlas Climático Ibérico que hemos usado como referencia básica. En las páginas correspondientes normales climatológicas de precipitación para distintas estaciones de la península se aprecia como en los observatorios que se sitúan en las zonas más mediterráneas o irregulares pluviométricamente de la península, la máxima precipitación diaria, supera en más del 50% de los meses a la precipitación media del mes. Los valores alcanzados dichos días, son todos ellos, grandes productores de escorrentías y en general conllevan un reflejo en la red hidrológica: riadas, y arroyadas temporales muy importantes.

4.3.- LAS PRECIPITACIONES EN EL CLIMA MEDITERRÁNEO Y LA RESPUESTA DE LA VEGETACIÓN

Como ya hemos dicho, la principal característica del clima mediterráneo es la ausencia de precipitaciones durante el verano: la estación meteorológica de temperaturas más altas, en la que el agua es más necesaria para la vida vegetal. Esta singularidad ha dado como resultado una vegetación capaz de frenar al máximo su actividad vital durante el estiaje y de aprovechar de forma rápida y eficaz los momentos más favorables: El otoño y la primavera en general y, en especial, las otoñadas adelantadas o los temporales primaverales tardíos de inicios del verano.

Algunos de los árboles mediterráneos más representativos en cotas medias y bajas son las encinas, los alcornocos, los pinos carrascos, los madroños o las enebros de la miera. Todos ellos son de hoja perenne, un tipo de hoja que permite una reacción rápida y eficaz frente a situaciones hídricas favorables de corta duración. Por contra, en la región mediterránea se puede afirmar, en general, que los árboles de hoja ancha y caducifolia están ligados a la existencia de agua al alcance de sus raíces. Estas pueden llegar a tener un gran desarrollo como sucede con las higueras o las vides.

El clima mediterráneo se caracteriza también por la irregularidad de sus precipitaciones, que presenta distintos marcos compatibles entre sí.

- Irregularidad de las precipitaciones anuales, que aumenta en la península en sentido Noroeste-Sureste y alcanza su máximo grado en Almería. Años muy buenos en precipitaciones pueden venir seguidos de otros muy malos y viceversa. En general los territorios de clima más irregular son también los de clima más árido.

- Precipitaciones máximas diarias que pueden superar con creces las medias mensuales, en especial en verano y otoño. Destacan en diferencias absolutas los meses de junio, julio, septiembre y noviembre. Al Este, septiembre, y al Oeste, julio y agosto. En el levante costero, las precipitaciones asociadas a gotas frías de otoño de un día o dos de duración pueden superar la precipitación media de todo un año. Los días de máximas precipitaciones son los que van asociados a riadas e inundaciones en levante.

Otra singularidad es el alto porcentaje de precipitaciones asociado a chubascos y temporales: más de las tres cuartas partes del total. Este tipo de precipitación es más abundante en invierno y otoño, por este orden, que en primavera.

La intercepción de las copas es el proceso de calado de las hojas de árboles y arbustos hasta alcanzar la saturación. Algo que, como dice el refrán, provoca aquello de que "el que bajo árbol se cobija dos veces se moja". La cantidad de agua que pueden interceptar los árboles durante un evento de precipitación tiene un volumen máximo a partir del cual la lluvia cae sobre la copa y de esta cae al suelo al mismo ritmo. Es decir aunque aumente la precipitación no





GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

aumenta la intercepción y de esta forma va disminuyendo el peso relativo de la primera frente a la segunda. Así muchos días de baja precipitación frente a pocos días de alta precipitación dan como resultado un mayor porcentaje de intercepción.

Los valores anuales de escorrentía asociados a precipitaciones fuertes o abundantes son mayores que en otros climas. Cuando llueve tanto que la cantidad de agua que llega hasta el suelo es mayor que la que en este se puede infiltrar, se producen las escorrentías. El ritmo de aparición es similar al de la acción de la intercepción. Inicialmente el suelo lo absorbe todo hasta que a partir de un momento la cantidad de agua que llega supera la infiltración y pasa a resbalar por su superficie. En zonas de baja pendiente la infiltración es mayor y la escorrentía es menor, pues con la fuerza de la gravedad el peso del agua actúa a favor de la infiltración. Por el contrario en pendiente, el peso actúa a favor de la escorrentía, empujando a las gotas de agua a resbalar pendiente abajo. Para aclarar este concepto pensemos que en pendientes mayores de 45°, la componente del peso paralela a la pendiente es mayor que la perpendicular a la misma y en ausencia de obstáculos que retengan su paso, la escorrentía sería el camino a seguir casi en exclusiva. Las inundaciones en el oeste de la España mediterránea vienen de la mano de

fuertes borrascas, con más de 2 o 3 días de lluvias intensas, hasta que llueve sobre mojado.

Es interesante destacar también, que cuando llueve en invierno, en los climas mediterráneos frescos, la vegetación está en parada invernal. Sucede en las montañas, cabeceras de cuenca y en las mesetas. Es decir, no consume agua, pero favorece su infiltración. Es el momento de los grandes superávits. Si se produce un año muy lluvioso, los suelos se saturan de agua, la infiltración durante los chubascos no drena suficientemente y aparecen fuertes escorrentías. Es el tiempo de las inundaciones invernales del centro de la Meseta o asociadas a sistemas montañosos con precipitaciones medias abundantes.

Resumiendo, las precipitaciones en el Mediterráneo son muy variables y pueden alejarse mucho de las medias de referencia. Por otro lado, cuando se producen, suelen ser fuertes y abundantes. Estas características conllevan la necesidad histórica de aplicar técnicas de embalsado, depósito, defensa contra las avenidas y protección del suelo. Así es como han dado lugar a paisajes muy característicos asociados a las mismas.

Crecidas invernales en el río Cega, con suelos saturados previamente y varios temporales encadenados



4.4.- OTRAS VARIABLES DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PRECIPITACIONES SOBRE TIERRAS FORESTALES

EL RELIEVE Y LA ALTURA

Las montañas, sierras y cordilleras, funcionan como perfectos captadores de precipitaciones. Si miramos un mapa de precipitaciones de la península Ibérica podemos observar como las zonas de máxima precipitación nos dibujan con precisión el mapa del relieve ibérico. La razón es sencilla. El viento que intenta atravesar una sierra o cordillera debe elevarse y al hacerlo se enfría. Al enfriarse, el vapor de agua se condensa y forma las nubes, haciendo que descarguen en forma de agua o nieve sobre las montañas. En las montañas no llueve muchos más días que en las zonas bajas de su entorno, si no que llueve de forma mucho más abundante.

Cuando la dirección de los vientos húmedos es perpendicular a las líneas de cumbres las precipitaciones suelen ser más altas. En levante las precipitaciones más fuertes se asocian a las montañas orientadas perpendicularmente a los vientos del Este y Noreste procedentes del Mediterráneo en el otoño. Al Oeste, y en general para el mediterráneo ibérico, se alcanzan los valores medios más altos sobre los sistemas montañosos que están orientados perpendicularmente a los vientos del Oeste y Suroeste. Por último, a sotavento de los vientos húmedos dominantes del Oeste se generan espacios más secos.

Las vertientes orientadas al Sur, como sucede en la mayor parte de las principales cordilleras españolas, en verano, como consecuencia del calentamiento tan importante que sufren por su exposición al sur, generan corrientes ascendentes que pueden dar lugar a nubes de desarrollo vespertino que acaben en tormentas. En presencia de aire relativamente húmedo, y

con laderas cubiertas de vegetación, este efecto se amplifica en mayor o menor medida.

Cuando las cumbres de las montañas están cubiertas de pastos y sus laderas de masas forestales, podemos afirmar que estamos ante la versión más perfecta de estos "captadores de agua". En las zonas de montaña, con precipitaciones superiores a 1000 mm, el Agua Azul producida supera el 40%, y probablemente alcance valores del 60% en las zonas altas de la Sierra de Gredos extremeña. Parece evidente que el recurso económico más valioso que producen las tierras forestales en montaña es el agua, al menos en regiones como la Mediterránea, donde es un recurso escaso.

La pendiente de las laderas montañosas favorece la aparición de escorrentía. Ésta dependerá de la longitud de la ladera así como de su inclinación, pero especialmente de la cubierta vegetal existente. Si esta tiene una cobertura total, sean pastos o bosques, las escorrentías producidas serán limpias y de calidad. Si este hecho no se produce, irán turbias y cargadas de sólidos. Por último, la cuantía de las mismas depende de este mismo factor esencial, la cobertura vegetal, que alcanza sus máximos valores de protección bajo las masas forestales maduras.

Suelos arenosos en el Monte de El Pardo.



EL SUELO

La capacidad de infiltración de un suelo depende de su estructura:

- Suelos muy porosos como los arenosos asociados a dunas o terrenos graníticos absorben el agua a gran velocidad, disminuyendo la escorrentía y aumentando la infiltración
- Los suelos arcillosos, del tipo que sean, son muy poco porosos y prácticamente impermeables. En ellos la infiltración es muy baja y la escorrentía mucho mayor. Algo similar pasa con los limosos. Es el caso típico de los suelos de las rañas de Extremadura y Castilla-La Mancha.
- Los suelos ricos en materia orgánica, sean arenosos o arcillosos, mantienen una estructura esponjosa, muy apta para retener el agua, favorable a la infiltración y contraria a la escorrentía.



Un suelo con una buena cubierta herbácea es un suelo rico en MO.

- Por último, los roquedos y cantiles, generan un 100% de escorrentía mientras que por el contrario, pedreras, canchales o casqueras suelen ir asociadas a infiltraciones máximas y escorrentías nulas.

La capacidad de retención de agua de un suelo depende básicamente de su profundidad y su estructura. En otras palabras, la cantidad de agua que es capaz de retener un suelo empapado por procesos físicos similares a los que retienen el agua en una esponja.

- Un suelo rico en materia orgánica se mantiene grumoso y esponjoso. La presencia de restos vegetales, múltiples raíces, la acción de invertebrados, hongos y microorganismos, le hace capaz de retener más agua que un suelo de mala estructura.
- A mayor capacidad de retención de agua, más agua de reserva se pone a disposición de las raíces para la temporada seca, y menos agua pasa a ser de escorrentía, ya que tarda más en saturarse. En cuanto a infiltración profunda, el agua retenida es agua transpirada que no llega a los acuíferos. Los suelos con mayor capacidad de retención, los de mayor espesor, se encuentran en zonas llanas, piedemontes o bajo masas forestales maduras.
- El entramado radical existente bajo vegetación arbórea o arbustiva de calidad, facilita los caminos, poros y fisuras para que el agua penetre en el subsuelo y alcance los acuíferos, una vez que se ha completado la capacidad de retención de un suelo. Se sabe que este momento se empieza a producir cuando los arroyos de temporada empiezan a correr.

En consecuencia, suelos poco profundos, esqueléticos, como los que suelen ir asociados a jarales en zonas no arenosas, favorecen la escorrentía, dejando poca agua para la infiltración: infiltración profunda + transpiración. Como se puede observar, la capacidad de retención de un suelo tiene efectos contradictorios sobre el Agua Azul (infiltración profunda y escorrentía) y la Verde (intercepción y transpiración = evapotranspiración). Por un lado, su estructura hace que aumente la infiltración inicial y disminuya la escorrentía, pero al mismo tiempo con su capacidad de retención resta caudal a la infiltración profunda. Es el reflejo de la complejidad de los ecosistemas forestales, falta de sencillez que no permite tomar decisiones simplistas sobre ellos.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

LA PENDIENTE Y LA ORIENTACIÓN

A mayor pendiente hay mayor escorrentía y menor infiltración. A favor de la gravedad, el agua busca el camino más rápido para llegar a las cotas más bajas. Sucede también que, a mayor pendiente, cualquier obstáculo existente, ofrece una menor capacidad de retención de agua (microembalsado), que si la pendiente disminuye.

Por último, cuanto más larga es la pendiente mayor velocidad toma el agua y más cantidad de agua se suma a la escorrentía/arroyada, aumentando su caudal con el correspondiente incremento de su capacidad de arrastre y destrucción de suelo. La orientación es importante a efectos de evaporación del agua del suelo, de la interceptación y de la actividad vital, y por tanto de la transpiración de la vegetación. Las laderas de solana, sobre las que calientan más los rayos del sol que en las umbrías, son mucho más calientes y por lo tanto más áridas que las de umbría. En umbrías, los superávits hídricos invernales y de inicio de primavera serán mayores que en las solanas, ya que la evaporación directa del suelo será muy inferior así como la interceptación debido a las temperaturas. Sobre una sierra o una vaguada orientada en dirección Este-Oeste, las precipitaciones son similares en umbría y solana. Sin embargo sus temperaturas medias y máximas no lo son, siendo las solanas mucho más calientes y áridas. A mayor pendiente, mayor intensidad del sol sobre la ladera de solana, lo que da como resultado comunidades vegetales mucho más ralas y en cambio con más cobertura en las umbrías. En consecuencia en las primeras suelen aparecer suelos desnudos y muy erosionados y en las umbrías paisajes vegetales de mayor variedad y crecimiento.

LA VEGETACIÓN

Tan solo destacaremos tres cosas más o menos evidentes.

- A escala local la vegetación que existe sobre un predio es el resultado de la ocupación del mismo por distintas comunidades vegetales de acuerdo con su dimatología puntual y de la acción del ser humano y otros seres vivos sobre las mismas.
- La vegetación existente sobre el predio tenderá a aprovechar al máximo los recursos básicos disponibles. En este sentido, las masas forestales mediterráneas cuidan y miman el agua que llega al suelo, proporcionándole sombra, eliminando el efecto desecador del viento, aumentando la humedad relativa del aire en el interior del bosque, y mejorando la capacidad de retención del suelo. Se desconoce con precisión si estos efectos positivos sobre el agua del suelo superan los efectos negativos a corto plazo de la interceptación devolviendo el agua a la atmósfera por evaporación desde sus copas.
- En ausencia de vegetación, los suelos en pendiente son arrastrados y destruidos, aumentando la escorrentía con caudales de baja calidad (muchos arrastres). Si la pendiente es muy alta, la infiltración tenderá a cero y la escorrentía al máximo.

LA CALIDAD DEL AGUA AZUL

El ámbito de esta unidad didáctica está centrado en las cuantías de los distintos caminos y rutas que sigue el agua en la fase terrestre de su ciclo hidrológico. Sin embargo, no podemos olvidar un hecho cierto que nadie pone en discusión y sobre el que la opinión mayoritaria coincide con los hechos científicos: el Agua Azul que se produce bajo la influencia de las masas forestales es agua de máxima calidad, que necesita tratamientos mínimos para su utilización por parte de la sociedad. Es decir es buena, bonita y barata

4.5.- EL VERANO EN EL MONTE MEDITERRÁNEO

Para ayudar a comprender la interrelación entre el verano, la vegetación y el ciclo hidrológico en el mediterráneo, hemos considerado de interés describir lo que pasa en las tierras forestales en esa estación. Como responde el monte mediterráneo en verano.

Como muy bien sabemos todos, la estación más desfavorable para las masas forestales mediterráneas es el verano. La máxima demanda de agua de la vegetación en concepto de evapotranspiración, coincide con la mínima disponibilidad de este preciado líquido. No llueve y las reservas del suelo se han agotado. Ante esta situación, las distintas especies mediterráneas responden de muy diversas formas. Todas ellas convergen en la paralización casi total de la actividad fisiológica. La flora mayor ofrece un follaje duro, a menudo cubierto de vello, que cierra sus estomas y se mantiene a la espera de la llegada de las

precipitaciones de otoño. La flora menor, en especial las herbáceas, se agosta: o bien son plantas anuales que ya han cumplido su ciclo reproductivo, o bien pierden su parte aérea, manteniendo su capacidad regenerativa al resguardo de la evaporación, bajo el suelo.

El mes de junio es el mes del cambio radical. En menos de dos semanas se pasa de un máximo de actividad ligado a las últimas borrascas de primavera, alta insolación y elevadas temperaturas, al estiaje veraniego y la parada fisiológica. Estamos ante la gran siesta o el gran sueño del verano vegetal. Da lo mismo estar en un suelo profundo en llanura que en un suelo esquelético en pendiente. La elevada evapotranspiración potencial acaba con las reservas de cualquier suelo en 15 días. De acuerdo con como vengan los años puede haber retrasos o adelantos en este momento, de no más de dos semanas como máximo.

Los cardos, como este de la familia de las compuestas, son especialmente llamativos durante el verano.





"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

El proceso es reflejado por los diversos tipos de vegetación de una manera muy evidente: gramíneas, crúferas y otras grandes familias se agostan y esparcen sus semillas; las compuestas de tallo verde y los cardos, aprovechan para florecer y agostarse sin solución de continuidad; el follaje de encinas y alcornoques deja de crecer y los pinos mediterráneos dan su estirón al amparo de las últimas reservas de agua en el suelo. El crecimiento es mayor en terrenos arenosos o yesosos donde las raíces pueden profundizar más en busca de agua que en otros arcillosos o esqueléticos donde los sistemas radicales son superficiales. Sin embargo para los pastos sucede lo contrario. En suelos arcillosos y limosos aguantan su frescura algo más debido a su mayor capacidad de retención de agua. Mientras tanto, en la montaña, sucede lo mismo con alguna semana más de retraso, a favor de las menores temperaturas.

La densidad de la masa forestal mediterránea, presenta un albedo (porcentaje de radiación reflejado), que varía con su densidad. A menor densidad, mayor albedo, ya que la masa es más clara vista desde el cielo. La razón está en la presencia de plantas anuales en el subpiso herbáceo que adquieren un color pajizo. A mayor densidad el tono y el color son más oscuros. Este hecho supone que el territorio, en sentido global, absorbe más radiación y se calienta más en las zonas más densas y sucediendo lo contrario en las zonas más claras. A vista de satélite, un prado en verano es de color claro, una dehesa es verde claro y un bosque es de color oscuro. Evidentemente este hecho tendrá que ver en el balance de las precipitaciones que llegan al suelo, aumentando la evapotranspiración y modificando los valores de este concepto bajo las cubiertas arbóreas. El balance hídrico final, es difícil de evaluar, pero es de suponer que la optimización del mismo por

la vegetación, coincidirá con las formaciones de máxima naturalidad, mientras que la optimización de la evapotranspiración desde el punto de vista cultural (acción humana), coincidirá con los paisajes tradicionales.

Una visión global del sistema, lo proporcionan las pequeñas cuencas forestales, por lo que son objeto de interesantes investigaciones. Dicen los estudiosos que el caudal de los arroyos y barrancos que las desaguan tiene un comportamiento singular y característico. La irregularidad del clima mediterráneo en relación a las precipitaciones no se refleja de forma biunívoca en el caudal disponible. Años muy lluviosos y años muy secos no generan caudales anuales muy altos y muy bajos, sino variaciones menores en los mismos. La razón es sencilla, el agua disponible por encima de la media es utilizada por la vegetación para crecer aumentando la evapotranspiración real, normalmente muy por debajo de la evapotranspiración potencial. En consecuencia, quedan muy pocos caudales sobrantes para los arroyos. Por el contrario, en años secos, la vegetación se paraliza más tiempo y baja su demanda de agua, por lo que la disminución proporcional del caudal no se produce.

Dehesa Extremeña Verano. PP anual > 600 mm



Afirmar los investigadores, que los caudales no reflejan con amplitud las variaciones entre años con precipitaciones muy distintas.

Nosotros hemos encontrado, al menos para tamaños medios de cuenca, muchas excepciones a este hecho. La razón estriba en las precipitaciones invernales, cuyas variaciones son fielmente reflejadas en los aforos de las cuencas, cuando las precipitaciones superan los 400 mm anuales. En otras palabras el caudal, en años lluviosos y secos depende de los sobrantes (superávits) de los meses fríos, pues en los meses de actividad vegetativa el agua de las precipitaciones es aprovechada casi en su totalidad por la vegetación. Podríamos añadir para entender mejor este proceso, que los caudales máximos de los arroyos en zonas ajenas a regímenes hídricos nivales, se alcanzan al final del invierno, con máximas precipitaciones, mínima evapotranspiración, y con la capacidad de retención de agua en el suelo saturada.

*Merendera, quitameriendas o espantapastores.
Flor que anuncia el fin del verano*



En ausencia de vegetación, esas mismas cuencas, se comportan de forma totalmente distinta debida a la escorrentía. Un suelo desnudo, o cultivado genera escorrentías superiores al 50% de la precipitación. En estos casos precipitación y caudal disponible, están estrechamente ligados. Dicho caudal, va asociado a importantísimos procesos erosivos de difícil reversión, con consecuencias económicas y sociales muy negativas.

El monte mediterráneo en verano duerme a la espera de tormentas copiosas o de la llegada de las borrascas de otoño. Si las primeras son abundantes y frecuentes, los matorrales y árboles mediterráneos son capaces de aprovechar parte de sus recursos hídricos, reactivándose precozmente. Primero las especies vivaces o perennes con mayores sistemas radicales superficiales, a continuación la "flora mayor" con sistemas radicales profundos, y por último las anuales que germinan en otoño. Este hecho, es muy evidente en los zarzales, donde dependiendo de la frecuencia e importancia de las tormentas veraniegas, el crecimiento y la fructificación son el mejor reflejo de la calidad productiva del año meteorológico.

El adecuado conocimiento de este complejo equilibrio hídrico, acompañado de las medidas de manejo adecuadas, tiene un elevado potencial de aplicación en la gestión de las masas forestales con fines hidrológicos. Más allá de la protección contra la erosión, hay un conjunto de matices de gran importancia ecológica y económica por descubrir. Todo ello bajo la premisa de que el balance hídrico mediterráneo, no admite simplificaciones excesivas, ni soluciones homogéneas. Requiere del conocimiento local y de una visión interdisciplinaria acorde con la multifuncionalidad de las masas forestales mediterráneas y su especificidad ecológica.

4.6.- LOS DIAGRAMAS BIOCLIMÁTICOS DE J.L. MONTERO DE BURGOS Y J.L. GONZÁLEZ REBOLLAR Y SU APLICACIÓN A AGUA FORESTAL

Los diagramas bioclimáticos son un intento de cuantificación aproximado de las relaciones entre el clima y la vegetación. En concreto de la capacidad del primero para permitir la actividad vegetativa de la segunda y su grado de desarrollo potencial y real.

Parten del concepto de que la actividad vegetativa máxima que puede proporcionar un clima es directamente proporcional a la superficie comprendida entre la curva de las temperaturas medias mensuales y la recta correspondiente al valor de T igual a 7,5°C. Este valor de temperatura mensual media, es aquel a partir del cual se supone que empieza la actividad vegetal. A efectos de Agua Forestal podemos afirmar que por debajo de dicha temperatura la vegetación no consume agua o casi nada.

Los autores definen como Intensidad Bioclimática Potencial la actividad vegetativa máxima de la vegetación para una distribución de temperaturas anuales (un clima), si no hubiera limitaciones de agua. Se mide por unidades bioclimáticas definidas por $1 \text{ ubc} = 5^\circ \text{C} \times 1 \text{ mes}$. La Intensidad Bioclimática Real, es directamente proporcional a la producción primaria vegetal, ya sea en madera, en pastos, en biomasa, o en cualquier otro elemento equiparable. Permite contar con un valor de productividad para los ecosistemas forestales.

La Intensidad Bioclimática puede tener diferentes características en función de la temperatura y la disponibilidad de agua:

Intensidad Bioclimática Fría: IBF. Azul. Temperatura por debajo de 7,5°C. Paralización vegetal por frío. En el

mediterráneo peninsular suele coincidir con precipitaciones máximas o altas que pasan a convertirse en su mayor parte en Agua Azul, una vez completada la capacidad de retención del Suelo.



La pérdida de las hojas en las especies caducifolias es señal inequívoca de que estamos en un periodo de IBF.

Intensidad Bioclimática potencial: IBP. Verde (coincidente con la línea de temperaturas mensuales). No presenta limitaciones por temperaturas bajas ni por escasez de agua. Hay consumo de Agua Verde proporcional a la intensidad bioclimática, y pueden producirse excedentes hacia Agua Azul por infiltración, o por escorrentía.

Intensidad Bioclimática Subseca: IBSS. Verde (no coincidente con la curva de temperaturas mensuales). La vegetación consume el agua de precipitaciones y parte de la capacidad de retención del agua del suelo. La actividad vegetal se frena y no se produce Agua Azul por infiltración. Este hecho se da a partir del punto en que la curva de Intensidad Bioclimática se separa de la curva de temperaturas.

Intensidad Bioclimática Seca: IBS. Roja. Corresponde con la paralización estival de la vegetación por ausencia de agua en el suelo.



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Los déficits entre precipitaciones y evapotranspiración potencial son máximos. Las pocas precipitaciones que caen en verano suelen perderse por evaporación o interceptación, salvo en fenómenos o eventos extraordinarios. La vegetación herbácea está agostada y donde existe sobrepastoreo los suelos llegan a estar desnudos. Hay máximo riesgo de altas escorrentías en fenómenos de gota fría o similares, que acontecen especialmente a finales de verano e inicios de otoño.

Intensidad Bioclimática Condicionada: IBC. Verde claro. Periodo de puesta en marcha vegetativa después del estiaje en el que la vegetación está condicionada aún a la sequía anterior. Con precipitaciones normales, no se produce Agua Azul, pues la que pudiera sobrar pasa a recargar el suelo y se transforma en Agua Verde. En eventos extraordinarios, pueden producirse altas escorrentías debido a la fragilidad y escasez de las cubiertas herbáceas después del verano.

El septiembre mediterráneo es época de berrea y de IBC. Monte de El Pardo.



La aplicación de los Diagramas Bioclimáticos en Agua Forestal, es recomendable para la elaboración de los informes de potencial de

este recurso ligados a territorios, propiedades o clientes determinados. El Mapa Forestal de España 1:200.000, de libre acceso en internet, incluye para cada una de sus hojas 4 diagramas, correspondientes a cuatro estaciones meteorológicas representativas de la región cartografiada:

http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe200_descargas.aspx.

Para cada estación se realizan varios supuestos en los que se combinan dos variables. Por un lado escorrentía (W), del 30% o del 0% y por otro la capacidad de retención del Suelo (CR), para la que se contemplan tres opciones: 0 mm, 100 mm, 150 mm y CRT (capaz de retener toda la precipitación recibida). Para cada uno de los supuestos analizados se dan los valores de IBR (I.B.Real), y se conoce la IBP (I.B. Potencial).

La interpretación de los diagramas nos permite valorar la dinámica hídrica de la vegetación, los momentos de producción de Agua Azul, las variaciones en la utilización del Agua Verde, así como los incrementos de productividad y consumo de Agua Forestal como respuesta a diversas modalidades de gestión. También, permiten comentar con exactitud el funcionamiento ecológico de cuencas y paisajes forestales, sobre lo que existen interesantes comentarios en muy diversas publicaciones, incluido el propio mapa forestal. Nosotros nos limitaremos al punto de vista del manejo del Agua Forestal. Para ello tomaremos los datos de dos estaciones como ejemplo: Embalse de Gabriel y Galán en la hoja 3-5 de Plasencia: http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/zona3_mfe200.aspx#para5

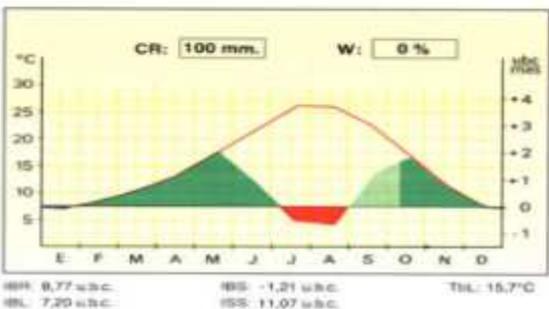
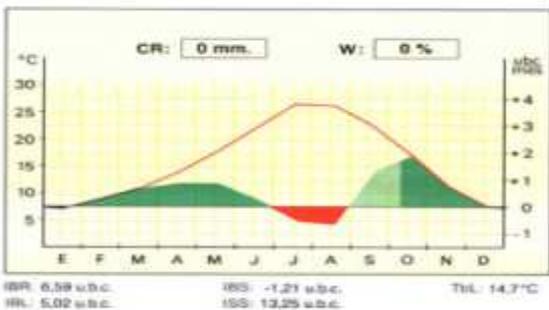
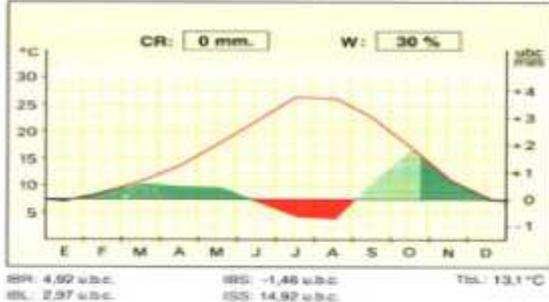
La estación tiene una pluviometría anual de 807,5 mm, y tan solo el mes de enero

Estación: **PANTANO DE GABRIEL Y GALAN (Cáceres)**

Longitud: 8°08' W. Altitud: 400 m. Precip. anual: 807,5 mm.
Latitud: 40°13' N.

CONSTANTES BIOCLIMÁTICAS

IBP: 18,94 u.b.c. IBF: -0,02 u.b.c. CRT: 403,8 mm.



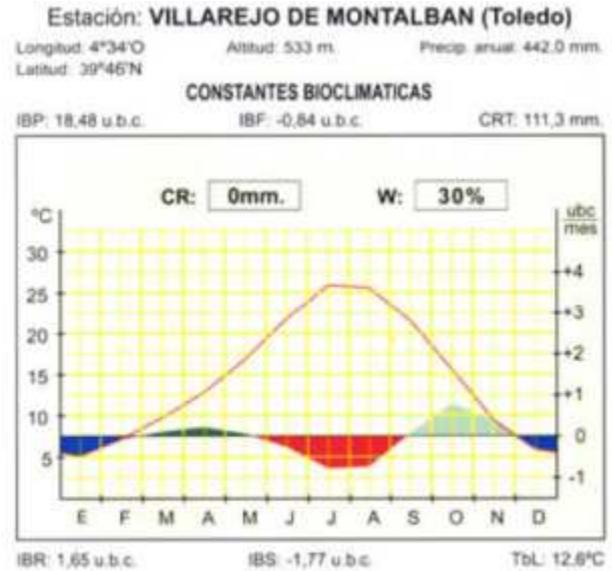
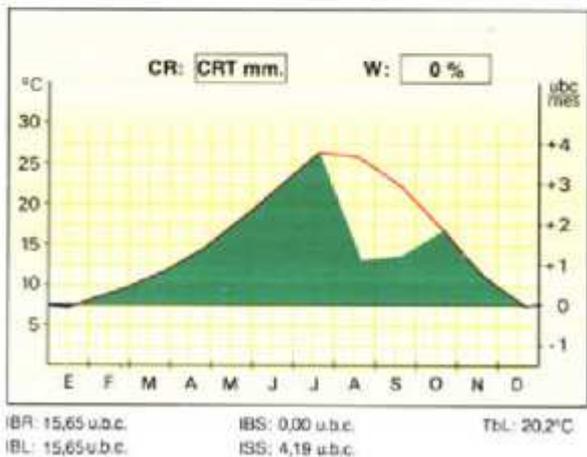
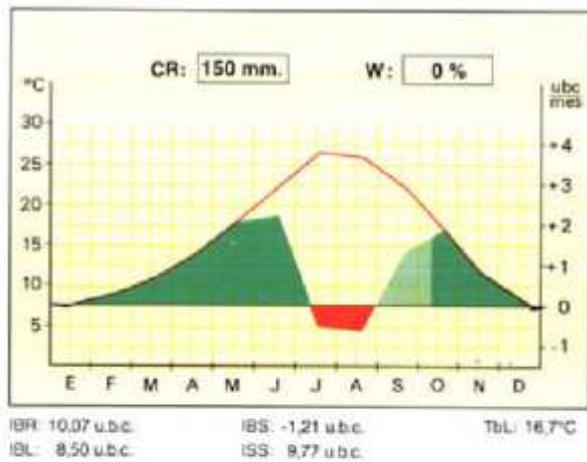
presenta temperaturas inferiores a 7,5°C, en concreto 7,4°C. La IBP es de 18,94 unidades, muy alta como corresponde a un clima templado sin periodo frío. La CRT, capacidad de retención máxima contemplada para dichas precipitaciones, es decir la capaz de retener todos los superávits mensuales acumulados, es de 403,8 mm.

Los supuestos contemplados son:

CR: 0 mm y W: 30%. Este escenario se produce con grandes pendientes, y suelos esqueléticos, o suelos desnudos sobrepastoreados. El 30% de la precipitación, 241 mm, va a parar en forma de escorrentía a la red hidrográfica de forma directa y durante todo el año. La infiltración

será también importante dada la nula capacidad de retención del suelo. Se inicia a finales de octubre, a partir de los superávits generados por la diferencia entre el agua infiltrada superficialmente y la evapotranspiración. Este proceso se mantiene hasta la primera quincena de marzo, momento a partir del cual la infiltración se anula. A primeros de junio el suelo se seca y la vegetación se paraliza por el estiaje. A primeros de septiembre con las primeras lluvias la vegetación se empieza de nuevo a activar hasta finales de octubre en que de nuevo se inicia el ciclo de infiltración neta.

CR: 0 mm. W: 0%. Este escenario se produce, o bien en suelos esqueléticos o muy finos, con una buena cubierta vegetal de matorral, por ejemplo jarales o brezales, o bien sin dicha cubierta vegetal protectora pero con pendiente nula. El agua que cae sobre el predio, al eliminarse la escorrentía, se infiltra superficialmente y a continuación pasa a infiltración profunda. Se produce un claro desequilibrio a favor del Agua Azul frente al Agua Verde. El año hidrológico se inicia en septiembre con las primeras lluvias que ponen en marcha la actividad vegetal. A finales de octubre la intensidad bioclimática deja de estar condicionada, manteniéndose hasta mediados de marzo. En este periodo se produce infiltración profunda de los superávits. A mediados de marzo, la infiltración se anula, pues el agua disponible de precipitación es consumida por la vegetación. A primeros de junio el suelo se seca y la vegetación se paraliza por el estiaje. El volumen de Agua Azul creado por infiltración profunda es el de los superávits entre precipitación y evapotranspiración de los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. La eliminación de la escorrentía permite la aparición de una vegetación serial algo más madura que inicia la creación de suelo e incrementa su capacidad de retención.



CR: 100 mm. W: 0%. Este escenario se produce, en suelos forestales, normalmente cubiertos por coníferas y con capacidad de madurar. Podríamos decir que es el caso típico de laderas forestales en pendiente. El equilibrio se va desplazando poco a poco de la producción de Agua Azul a Agua Verde. La primera se produce por infiltración profunda una vez que se completa la capacidad de retención del suelo. Respecto al supuesto anterior se retrasa a mediados de mayo la desaparición de la infiltración profunda como elemento más significativo. Hasta esas fechas la intensidad bioclimática primaveral e invernal no ha tenido prácticamente limitación. Por otra parte, sigue existiendo sequía estival de aproximadamente la misma duración.

CR: 150 mm. W: 0%. Este escenario se produce, en suelos forestales, normalmente

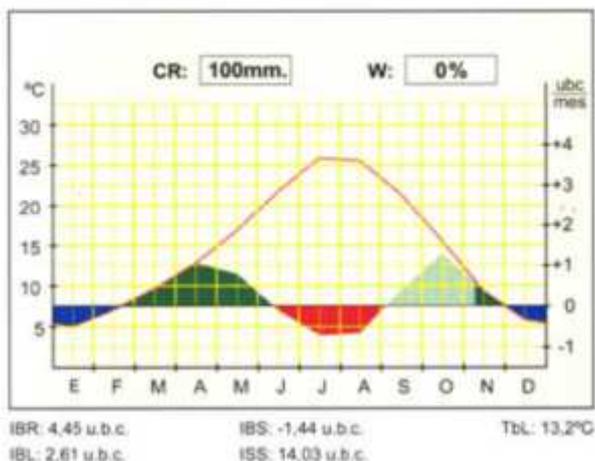
cubiertos con frondosas y vegetación autóctona sobre suelos maduros. Es el caso típico de masas forestales libres del fuego históricamente, o bien de frondosas sobre suelos de baja pendiente, o en zonas de acumulación natural de aguas de escorrentía superficial o subsuperficial. El equilibrio del Agua Forestal se desplaza hacia el aprovechamiento del Agua Verde frente al Agua Azul. Se produce infiltración profunda desde finales de abril hasta mediados de mayo en que desaparece y se deja de producir Agua Azul. Sigue existiendo sequía estival de aproximadamente la misma duración.

CRT mm. W: 0%. Este supuesto teórico es el que correspondería a un suelo tan profundo o con tanta capacidad de retención de agua que aprovechara toda el agua de precipitación. En este caso más de 800 mm. Por la misma definición del supuesto, no genera Agua Azul de ningún tipo y en la realidad es un supuesto prácticamente inexistente.

La estación de referencia analizada, dada las altas precipitaciones recogidas y el clima atemperado que la caracteriza, presenta una vocación desde el punto de vista del Agua Forestal eminentemente encaminada a la maximización del Agua Verde, a favor de la

producción forestal o de pastos. El Agua Azul, generada se reinvierte en el ciclo hidrológico local hasta que se transforma en Agua Verde en su totalidad.

Para terminar este epígrafe traeremos un ejemplo de un diagrama bioclimático en una zona con un mediterráneo típico del interior no montañoso de la meseta Sur. La estación



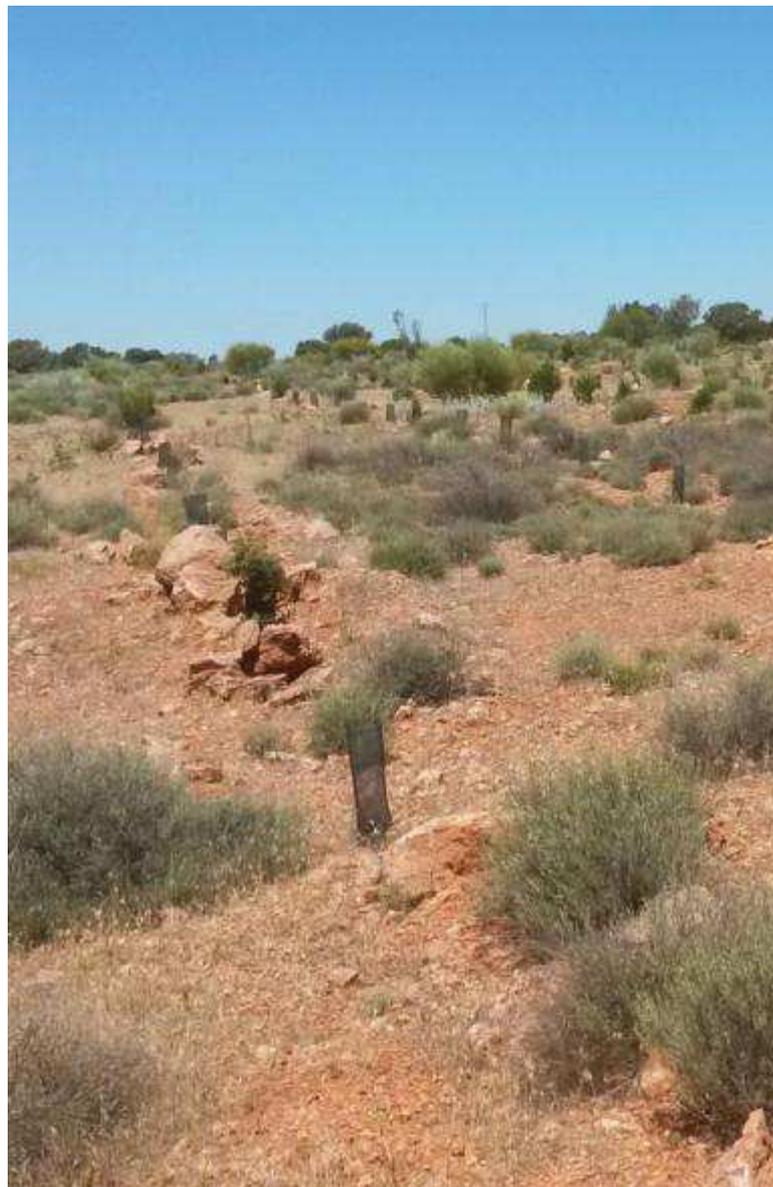
de Villarejo de Montalbán tiene 442 mm de precipitación y una CRT: de 111.3 mm.

CR: 0 mm y W:30%: en este supuesto, típico de suelos desnudos, esqueléticos o erosionados y en pendiente, la única Agua Azul que se produce es por escorrentía, y dado el alto coeficiente establecido, alcanza valores importantes. La vegetación no consume prácticamente Agua Verde, pues tan solo dispone de la que es capaz de retener el escaso suelo disponible. En este caso de valor 0. Existe paralización invernal de casi tres meses en la que se produce infiltración profunda de forma importante, y también paralización estival por ausencia de agua en el suelo y de precipitaciones desde finales de mayo a mediados de septiembre. La intensidad Bioclimática está siempre condicionada.

CR: 100 mm y W: 0%. Sería el caso de un suelo forestal típico, pero no de gran calidad. Repoblaciones, matorral mediterráneo, etc. En este caso la existencia de capacidad de retención de agua unida a

la ausencia de escorrentía, y a la existencia de superávits por frío y precipitaciones invernales da lugar a infiltración profunda desde mediados de noviembre hasta mediados de abril, retrasándose el inicio de la sequía estival hasta mediados de junio. Una vez que se agota la disponibilidad de agua en el suelo, el crecimiento de la vegetación depende exclusivamente del agua que va cayendo durante lo que queda del periodo vegetativo.

La mejora del balance hídrico en zonas áridas con acciones de laboreo o protección disminuye el número de marras.



4.7.- VALORACIÓN DEL CLIMA REGIONAL, VOCACIÓN DE LAS TIERRAS FORESTALES

A la hora de trabajar con Agua Forestal, sobre todo en su faceta de producción de agua y su provisión para diferentes usos, es necesario conocer la vocación climática de las tierras forestales. Organizando el tema en un orden jerárquico, de menor a mayor disponibilidad de Agua Forestal, podemos hacer una breve descripción de las mismas vocaciones en el orden siguiente:

- Mantenimiento de los procesos actuales de escorrentía, si estos hubieran dado lugar a paisajes o espacios merecedores de protección o ya declarados como protegidos: Las Médulas (León), Las Bárdenas Reales (Navarra), Cabo de Gata (Almería), etc. Lo mismo puede suceder respecto a la creación de pequeñas microrreservas de flora esteparia o árida. En estos casos la estrategia será mantener el delicado equilibrio existente en cuanto a procesos erosivos, y para ello el agua debe infiltrarse rápidamente en profundidad o bien las escorrentías ser muy abundantes.

Depósito para Incendios . Casas Ibañez. Albacete



Estas acciones tienen su razón de ser cuando los procesos naturales existentes en la actualidad hayan detenido la evolución serial en la etapa a proteger. En cualquier caso, como ya hemos comentado en el capítulo de la vegetación esteparia y de zonas áridas, deberían ser objeto de reflexión previa.

- Creación de puntos de agua para satisfacer las necesidades temporales y permanentes de la fauna silvestre, cinegética o ganadera, por diversos procedimientos de recolección de escorrentías asociadas a precipitaciones y temporales de alta intensidad. En sentido genérico se pueden crear puntos de agua en cualquier sitio si disponemos de una cuenca de recepción adecuada y suficientemente amplia. Las cantidades a suministrar son mínimas. Para obtener agua para todo el año hay que dimensionar y diseñar adecuadamente el depósito de recogida, el sistema de suministro y el tratamiento a dar a la cuenca o el sistema de recolección y recepción establecido: desde las cunetas de un camino, hasta una microcuenca forestal, pasando por una rambla de aguas temporales. Estamos hablando de lugares con precipitaciones menores a los 450 mm, especialmente en climas templados.
- Creación de láminas de agua temporales, o zonas de suelo húmedo con periodo temporal de humedad ampliado. Hay la posibilidad de crear estos lugares en cualquier sitio. Las láminas de agua temporales en cuencas endorreicas permiten la aparición de vegetación halófila en zonas áridas como algo singular. Por el contrario, encharcamientos de más de 9 meses dan lugar a vegetación acuática de aguas dulces, de carácter anual o vivaz. Si la actuación se realiza a partir del incremento de la capacidad de retención del agua del suelo, normalmente abrimos



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

el paso a especies arbóreas algo más exigentes que en la actualidad: frondosas frente a coníferas, frondosas marcescentes frente a esclerófilas, etc. Lo mismo sucede con las técnicas de oasisificación. Es una actuación propia de zonas áridas entre los 400 y 600 mm. También se pueden incluir las vocaciones de tierras más áridas ya señaladas.

- Por último están las regiones mediterráneas con precipitaciones que permiten la recolección de cantidades para su posterior aplicación en riego durante el período estival. Permite como en el caso anterior todas las vocaciones de zonas más áridas. Las opciones de cara a potenciar la biodiversidad abren una nueva puerta a la opción inversa. La generación de sistemas más áridos que los presentes, con aumento de la escorrentía y disminución de la infiltración, por ejemplo, en laderas de solana. Su vocación natural más evidente es la recolección, embalsado y posterior aplicación con diversos fines: provisión de agua para uso doméstico, agrario, forestal, ganadero, industrial, energético, etc. Los depósitos y embalses deben ser una oportunidad, bien diseñados, en favor del enriquecimiento de la biodiversidad local. Para grandes territorios, como son las zonas montañosas, es el momento de decidir si las ordenaciones forestales deben tener como gran objetivo la producción de madera y otros productos clásicos forestales, o bien el aumento de los caudales que van a parar a las cuencas hidrográficas. El incremento de estos últimos va en detrimento de los primeros, por lo que si se optara por esta opción debería haber algún tipo de pago por servicios ambientales de provisión de aguas. Hasta que llegue ese momento, será el mercado y la normativa ambiental los que definan el marco de actuación. Hay que recordar que la faceta protectora de la biodiversidad de

espacios, hábitats y especies está fuertemente regulada en las masas forestales, siendo el servicio ambiental no remunerado más reconocido para las mismas por el sector profesional.

Todas estas vocaciones varían ligeramente en ciertos supuestos. Por ejemplo en terrenos muy permeables la vocación irá claramente a favor de la recarga de acuíferos a gran escala. En los terrenos muy impermeables por el contrario suele dominar el manejo de las escorrentías y la recolección superficial de agua.

En las regiones muy frías, de alta montaña mediterránea, la vocación dominante será la producción y maximización del Agua Azul. En las más termófilas, sin parada vegetativa invernal dominará, en caso de lluvias abundantes, la recolección para transformación en Agua Verde a través del riego. En zonas áridas, probablemente no se pueda aspirar más que al fomento de la biodiversidad y a la aplicación de técnicas de oasisificación.

Tiene sentido dar prioridad a la producción de madera frente a otros servicios ambientales como la provisión de Agua. San Rafael Segovia.



4.8.- PRECIPITACIÓN HORIZONTAL

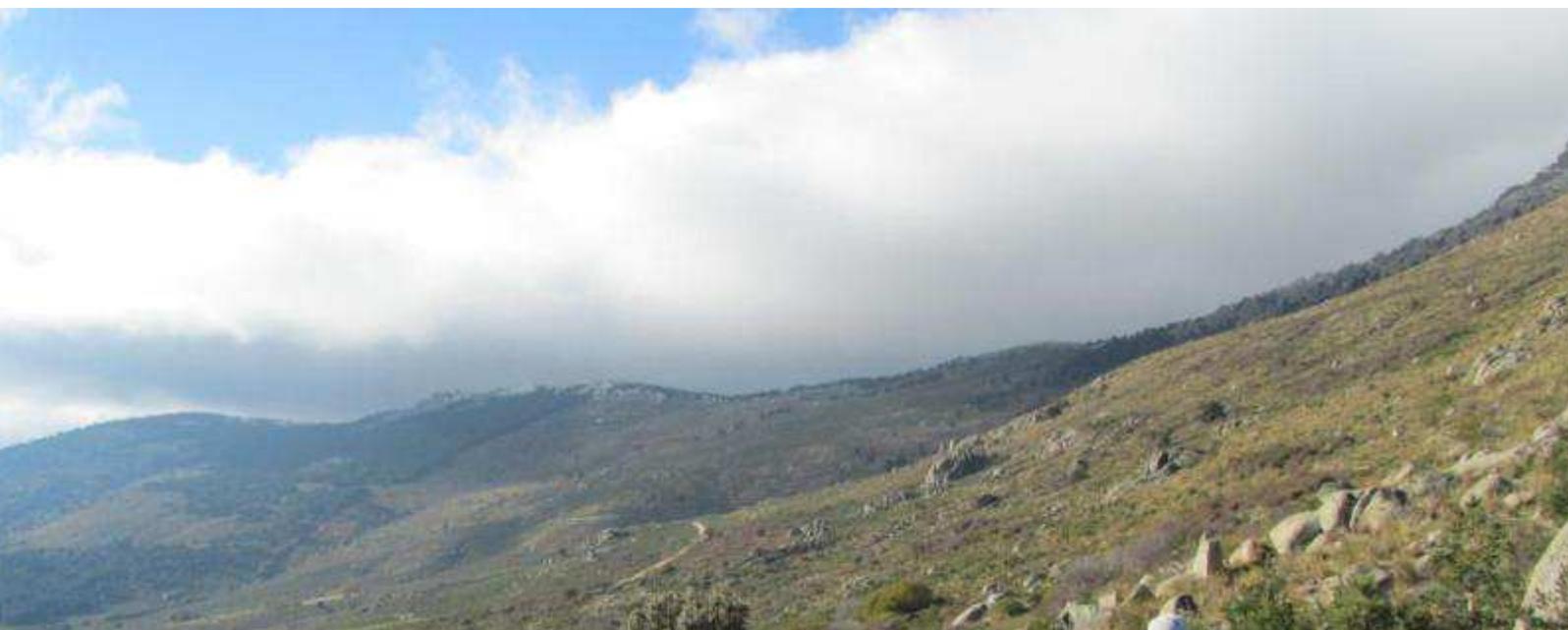
Por precipitación horizontal entendemos cualquier tipo de condensación de agua sobre el suelo que no es debida a precipitaciones. Hay distintos tipos de meteoros descritos que cumplen estos requisitos. Algunos de ellos son:

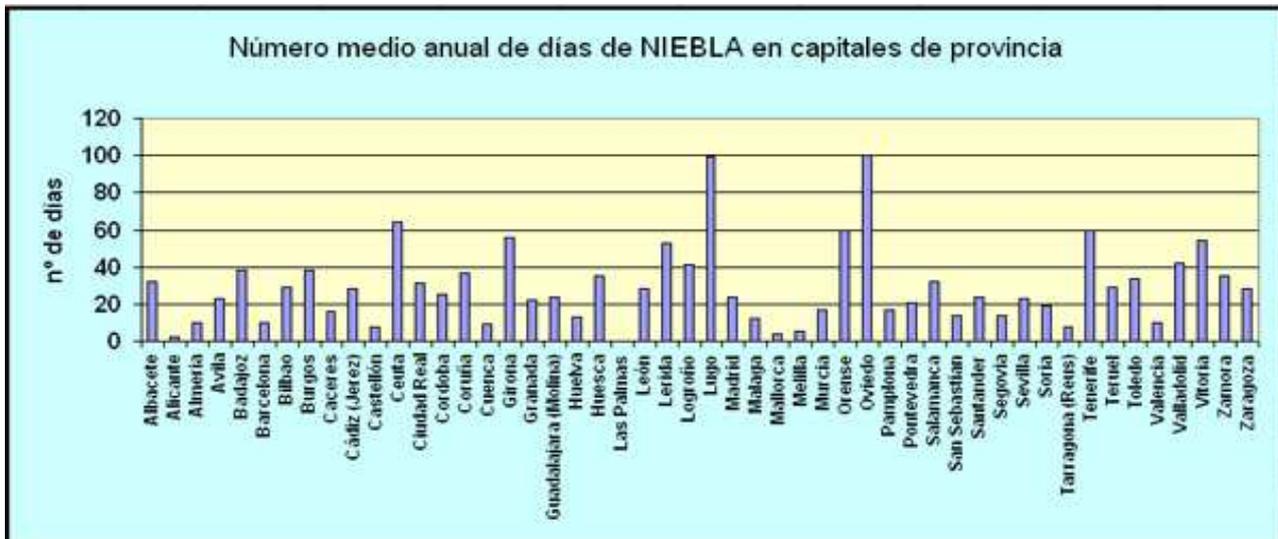
- Rocíos, escarchas y cencelladas: cuando el vapor de agua (gas), se condensa sobre objetos, como puede ser el suelo y su vegetación, al estar estos mucho más fríos que el propio aire. Es el mismo fenómeno que el vaho de los espejos del cuarto de baño durante la ducha. Puede condensarse en forma de agua, rocío, o de hielo, escarcha o cencellada.
- Nieblas: cuando el aire transporta agua ya condensada en estado líquido o sólido (nubes), que en contacto con diversos objetos más fríos y al pasar la nube entre los mismos capturan el agua. Es el caso de las laurisilvas, o de cualquier masa forestal en menor medida. En montaña fría mediterránea es muy fácil de observar como en invierno el paso de las nieblas por un collado deja los arboles cubiertos de una capa de nieve, sin haber nevado. Es la niebla helada.

El primer grupo, aporta poca agua real para el suelo, pero puede proporcionar pequeñas cantidades muy importantes de agua disponible para las plantas en lugares desérticos. Se han estimado cantidades muy pequeñas del orden de décimas de litro por metro cuadrado. Hubo en el pasado experiencias y diseños especiales para medir este tipo de precipitación y recabarla, pero sin apenas éxito.

Sin embargo es importante esta condensación de agua a pequeña escala en los medios forestales de las zonas subdesérticas, aunque es un agua muy difícil de captar. Son muy conocidos los cultivos de Canarias sobre piedras, por ejemplo en Lanzarote, los cultivos circulares de viñedos sobre piedra volcánica para elaborar el vino de malvasía. Este tipo de precipitación oculta se favorece con el recubrimiento de piedras de la superficie, que favorece el depósito de las nieblas de enfriamiento y además retrasa la evaporación cuando ya calienta el sol. Es llamado también por algunos autores "efecto majano" de captación de rocío (Navarro & al., 2009)

Nieblas orográficas. Puerto de los Leones. Madrid





Fuente:

<http://javierevillano.es/PrecipitacionMediaAnual.htm>

Esta técnica es recomendable cuando se realizan repoblaciones o cultivos de árboles en zonas subáridas o subdesérticas, recubriendo el suelo de alrededor con piedras. De esta forma se genera una superficie pedregosa que capta muy bien las condensaciones nocturnas, observándose crecimientos más rápidos sin gasto de agua.

Existen distintos tipos de niebla que es conveniente diferenciar. Dependen de los mecanismos físicos que las originan, así como de los lugares donde se forman. Algunos de los tipos que más nos interesan son:

- Nieblas de radiación: son habituales en el interior de la Península y asociadas al fondo de las grandes cuencas de los ríos. Se forman en condiciones de altas presiones y gran estabilidad atmosférica. Surgen durante la noche y para su aparición necesitan de la ausencia de viento y cielos despejados. De este modo el suelo se enfría muy eficazmente haciendo que en las capas de aires más próximas a él, se condense la humedad por enfriamiento y se formen las nieblas. En el fondo de los valles montañosos este proceso se ve alimentado por las

brisas nocturnas de montaña que trasladan y concentran el aire frío de las cumbres a las zonas más bajas. Una vez que se producen las nieblas, si se mantiene la estabilidad atmosférica y el frío es intenso pueden mantenerse durante varios días. Este tipo de niebla no genera precipitación horizontal significativa, pero mientras permanece limita la evaporación y humedece los suelos, con efectos parecidos a los del rocío y la escarcha.

- Nieblas de advección: en este caso la causa es la reducción de la temperatura del aire húmedo al desplazarse sobre una superficie fría que provoca el enfriamiento y la condensación. Es típica de los litorales marinos, con aguas más frías que el aire propio de dicha latitud. Se dan ocasionalmente en nuestros litorales cuando el agua del mar está claramente más fría que la temperatura del litoral. Son más comunes bajo clima eurosiberiano atlántico, como en el litoral cantábrico o en las rías gallegas en verano.
- Nieblas orográficas: cuando la causa del enfriamiento es la elevación de la masa de aire húmedo para atravesar un obstáculo montañoso. Es el caso del manto de nubes de Garajonay (Canarias), de las Cejas del pacífico sudamericano, o bien del gran número de días de niebla de las estaciones

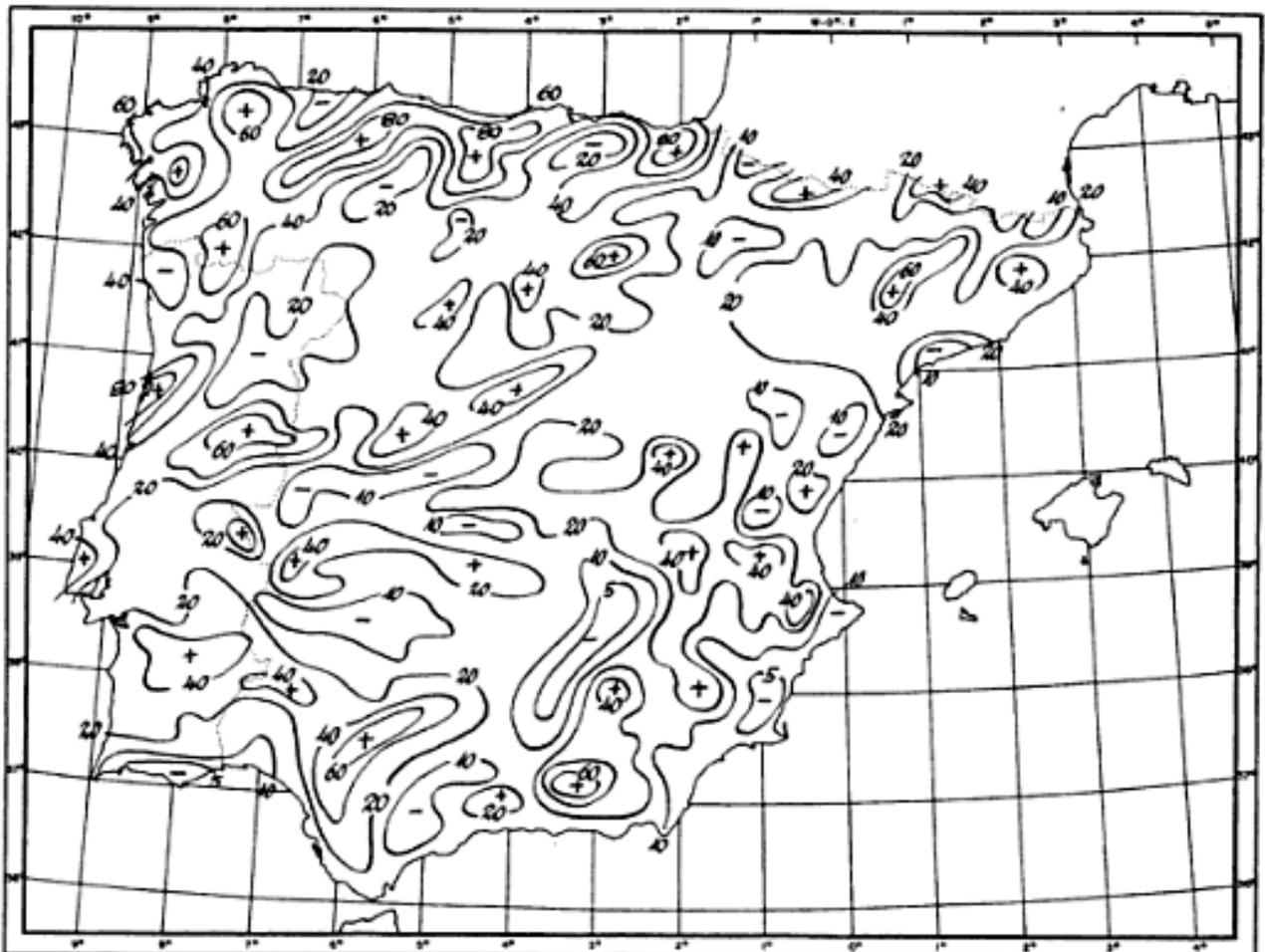
asociadas a los puertos de montaña. Son las de mayor interés para España y las que generan más posibilidades de recolección en nuestro país. Cuando el litoral es muy montañoso, podríamos decir que la causa es mixta entre nieblas de advección y orográficas.

- Nieblas de evaporación o de mezcla: la causa se produce al contactar una masa de aire netamente más frío, con otra de aire más caliente y húmedo. En este caso la diferencia de temperatura provoca que el aire de la masa caliente se enfríe y se condense y surja la niebla. Es lo que sucede en los días muy fríos de invierno con estabilidad del aire, encima de lagos no helados o mares. Da la sensación de que los lagos emiten vapor. Algo similar a lo que sucede los días de heladas en las bocas del alcantarillado. También puede suceder cuando pasa un aire

relativamente más frío sobre un mar muy caliente. Por ejemplo las escasas nieblas o nubes litorales del litoral almeriense en pleno verano. Estas nieblas son poco significativas para la recolección de Agua forestal.

Hemos incluido dos gráficos muy interesantes sobre días de niebla en España. De las definiciones anteriores se puede deducir que es un fenómeno muy condicionado por el clima, el relieve y la disponibilidad de fuentes de humedad locales.

MAPA NIEBLAS: <http://books.google.es/books?id=Uf46Uka-ViAC&pg=PA103&lpg=PA103&dq=d%C3%ADas+de+niebla+en+Montseny&source=bl&ots=Xsw9nQfQWm&sig=br-Si7HtD68Rmwyjmj4BfGtx5FMo&hl=es&sa=X&ei=DTjNU6aCKc2u7Aa77oDgAg&ved=0CDIQ6AEwAw#v=onepage&q=d%C3%ADas%20de%20niebla%20en%20Montseny&f=false>



En el caso de las capitales de provincias, analizando brevemente las condiciones de dichas capitales se pueden explicar las causas. Por ejemplo en el caso de Lugo serán debidas a la especial orografía de la ciudad, la presencia del río Miño como fuente de humedad y al hecho de una diferencia de cotas significativa respecto al mar, que hace que el aire tenga una humedad relativa por enfriamiento nocturno más elevada que el resto de capitales gallegas. El caso de Oviedo es muy similar, pero dominando sobre los demás factores su ubicación en una cuenca orográfica muy evidente.

Respecto al mapa de nieblas, es difícil señalar algunas tendencias genéricas aunque lo intentaremos:

- La Cordillera Cantábrica y en general los

sistemas montañosos de la España eurosiberiana atlántica y pirenaica son lugares propicios para las nieblas.

- Las zonas más cálidas como el litoral mediterráneo no son favorables.
- Los sistemas montañosos más alejados de los vientos húmedos como el Sistema Ibérico no son favorables, mientras que los próximos a las fuentes de aire húmedo sí lo son, como las montañas próximas al Mediterráneo en general.
- El Sistema Central es un espacio favorable.
- Las mesetas en general no son favorables a este meteoro.

Nieblas en pinar de Pino Silvestre.



4.9.- UN CONCEPTO "NUEVO": REDISTRIBUCIÓN HIDRÁULICA

El proceso conocido como Redistribución Hidráulica, es un concepto que parece muy lógico y razonable pero que no había sido demostrado con toda seguridad hasta ahora. Por eso lo calificamos como "nuevo".

Lo explicamos brevemente. Las raíces de las plantas en general y especialmente las leñosas (árboles, arbustos y matas), como sabemos aprovechan muy bien el agua, pero además recientemente se ha comprobado que son capaces de redistribuir ésta entre las distintas capas del suelo, en movimiento vertical y horizontal o lateral igualmente.

Las raíces bombean agua desde las capas profundas (que retiene más la humedad), a capas superficiales que se desecan antes, favoreciendo a las especies anuales, geófitos y hemicriptófitos que viven alrededor.

Retama de bolas (Retama sphaerocarpa)



Es un fenómeno de gran importancia éste de la redistribución hidráulica, que supone la dispersión o expansión del agua disponible del suelo, y es responsable de que podamos hablar de microclimas locales en torno a la planta. Además esto se produce sin ningún gasto de energía por parte de la planta, sino por un fenómeno meramente pasivo de capilaridad. El ascenso o movimiento del agua se produce por un proceso físico basado en las diferencias de humedad entre las capas del suelo y tiene lugar durante la noche, cuando los estomas están cerrados y se corta la evapotranspiración. En plantas crasas que cierran sus estomas de día puede funcionar el proceso también con luz.

Sinteticemos las ideas expuestas;

- Bombea y redistribuye agua del suelo
- Crea un microclima local
- Facilita el crecimiento de plantas vecinas
- Reduce la temperatura del aire
- Incrementa la captación de dióxido de carbono
- Un solo árbol puede distribuir en una sola noche entre 40 y 100 litros de agua.

La redistribución hidráulica puede tener efectos negativos en casos puntuales, por el hecho de acelerar el proceso de evaporación del suelo y precipitar el agotamiento de los recursos hídricos del mismo, favoreciendo a especies más tolerantes a la sequía. Esta controversia existe en relación a las repoblaciones de eucaliptos en nuestro país.

La existencia de micorrizas (asociación simbiótica de hifas de hongos con las raíces de las plantas) -muy generalizada en todo el mundo vegetal-, favorece este proceso mediante la interconexión entre las diferentes especies e individuos a través de suelo, con el consiguiente aumento de superficie de absorción de nutrientes y agua. Una especie con gran potencial para estos fines es la retama de bolas (*Retama*

sphaerocarpa), una especie muy común en nuestro ámbito mediterráneo. Es polivalente y muy resistente, y ha sido motivo de estudios de redistribución hidráulica en diferentes zonas, con resultados muy positivos, y como especie facilitadora para otras especies que viven alrededor. Además del hecho de ser una leguminosa que fija nitrógeno y fertiliza los suelos, siendo el pasto bajo ella mucho mejor, ya que el suelo es más profundo, fértil y húmedo; por ello incluso se conoce un dicho popular para la misma que reza "Debajo de cada retama un cordero se cría".

Es un arbusto muy bueno para la recuperación forestal y la restauración del paisaje en clima mediterráneo. También se usa en jardinería sostenible. Otras especies a utilizar en el sur y en zonas áridas son la *Retama monosperma*, y la *Retama raetam*, ésta última del noroeste de África, Canarias, Sicilia y Asia Menor.

El tema puede presentar importantes aplicaciones agrícolas de futuro, para favorecer los cultivos ecológicos mixtos. Y en general, el proceso de la redistribución hidráulica también puede aplicarse a la jardinería sostenible, con enormes repercusiones en la jardinería ecológica urbana.

La línea de aplicaciones posibles más directa que se puede desarrollar en este ámbito no es otra que la plantación combinada de especies de forma que el conjunto salga beneficiado. La especie redistribuidora de agua pondrá al servicio de la especie normal un mayor volumen de agua que la hará ser más productiva. Si el tema lo asociamos a lugares con presencia de agua freática al alcance de la especie redistribuidora, el resultado se multiplicará.

Este hecho será notable en sustratos muy arenosos donde el desarrollo de sus raíces se verá facilitado y alcanzará mayor

volumen y profundidad. Las combinaciones ideales de especies, probablemente serán, las que asocien especies de raíces profundas, facilitadoras, con especies beneficiadas, de raíces superficiales.

Prieto & al. afirman que el mecanismo general es planetario, que tiene lugar en todos los biomas de la Tierra y especialmente en el Mediterráneo. Incluso citan el ejemplo espectacular del árbol conocido como el más resistente a la sequía, capaz de crecer en el desierto extremo del Kalahari, cuyas raíces son capaces de bombear agua desde 65 m de profundidad.

El protagonista se llama *Boscia albitruncata* (familia caparidáceas), cuyo uso en la restauración de zonas áridas y en entornos antropizados del desierto podría plantearse.

Hemos buscado otras referencias en la red sobre este tema y son relativamente escasas en español. Las que hemos encontrado incluso describen resultados contradictorios. Es el reflejo de ser un ámbito nuevo de estudio en el que hay mucho por avanzar.

Frutos de retama de bolas (Retama sphaerocarpa)



5.- PRINCIPIOS TEÓRICOS BÁSICOS: AGUA AZUL Y AGUA FORESTAL

Chorro Grande en San Ildefonso de la Granja.



Desde el punto de vista de la producción de Agua en Tierras Forestales, nos interesa, casi exclusivamente el componente de Agua Azul. La escorrentía es la fracción de la misma que vamos a poder manejar en beneficio de la propiedad forestal, pública o privada, que la produce. La infiltración profunda, por el contrario, puede aflorar en la misma propiedad donde se infiltra o iniciar un viaje oculto mucho más largo.

En este capítulo empezaremos valorando y estimando el volumen conjunto de ambas, a partir de los valores medio de la estación meteorológica. Veremos como una de las variables más importantes en este sentido es la capacidad de retención de agua en el suelo, cuyo valor depende de la profundidad de los suelos y que suele verse reflejado en el grado de naturalidad y madurez de la vegetación y en los portes de la misma.

El cálculo de las escorrentías tiene tres vertientes, que presentaremos brevemente. Los caudales máximos producidos por un Aguacero, la escorrentía total producida por el mismo y un método aproximado de conocer la escorrentía anual a partir de dos herramientas: un sencillo modelo de distribución de los días de precipitación intensa y el programa MODIPE.

Hablaremos brevemente sobre el funcionamiento de las cuencas forestales y nos aproximaremos al funcionamiento hídrico de las de tamaño medio a partir de la red de Aforos. Para terminar haremos referencia a un estudio muy citado para conocer los valores conjuntos de las fracciones que componen el Agua Forestal.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

5.1.- CAPACIDAD Y VOLUMEN DE GESTIÓN DEL AGUA FORESTAL TOMANDO COMO BASE EL CÁLCULO DEL BALANCE HÍDRICO

Para poder calcular el potencial climático o microclimático de una localidad en cuanto a manejo y gestión de Agua Forestal, es necesario conocer el balance hídrico de la misma. Es decir la situación de abundancia, escasez, superávit o déficit de agua en el suelo. Para ello necesitaremos los datos de precipitación, evapotranspiración y capacidad de retención de agua en el suelo. Con estos datos podremos obtener el funcionamiento hídrico del suelo y de la vegetación que lo ocupa, introduciendo posteriormente variaciones en cuanto a presencia de escorrentía o capacidad de retención, que es muy similar a decir profundidad del suelo.

Para hacer un balance hídrico de forma sencilla o una primera reflexión rápida sobre una comarca de la que disponemos de los datos climáticos en detalle, pondremos en una fila las precipitaciones mensuales. Empezaremos siempre por el mes de septiembre, mes en que se inicia el año meteorológico y empiezan a incrementarse las precipitaciones después del verano.

Ejemplo para zonas próximas al Sistema Central, con 600 mm de precipitación anual

Si conocemos la precipitación anual, en clima mediterráneo español, podemos hacer una aproximación suficiente adjudicando el 20% de la precipitación a los 4 meses de

verano o con parte de él y el resto de manera uniforme a los 8 meses restantes, de octubre a junio. Si queremos afinar un poco más, en verano damos valores muy bajos a julio y a agosto y hasta un triple de los mismos a junio y septiembre. En la temporada de lluvias podemos dar máximos de precipitación en mayo en las zonas más interiores y en noviembre en las zonas más atlánticas o mediterráneas.

Encima de ellas colocaremos la evapotranspiración potencial previsible. En el entorno del Sistema Central, por ejemplo, la evapotranspiración mínima se produce en invierno, y podremos darle valores próximos a 20 mm, o menores en zonas de montaña o más continentales. Por el contrario, los máximos se alcanzan en los meses de verano, superando ampliamente en tierras bajas los 100 mm por mes. Aumenta con la temperatura y es directamente proporcional a ésta.

Como lo que nos interesan son los resultados prácticos en esta aproximación, nos interesa saber que en septiembre, mayo, junio, julio y agosto, en todo el territorio del que estamos hablando, la evapotranspiración es mayor que la precipitación, es decir que no hay superávits.

Octubre y abril son meses donde los valores son similares a la precipitación. En la tabla los hemos puesto un poco favorables a la precipitación dado que suponemos, por la precipitación anual, que estamos en zonas

MES	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	AG	
Evapotranspiración Potencial	EVP>>PP	50	30	10	10	15	30	50	EVP>>PP	EVP>>>PP	EVP>>>>PP	EVP>>>>PP	
Precipitaciones	45	60	60	60	60	60	60	60	60	45	15	15	600
Balance	(-)	10	30	50	50	45	30	10	-30	-70	(-)	(-)	
Agua Retenida en el suelo	0	10	40	90	100	100	100	100	70	0	0	0	
Capacidad de retención	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Infiltración	0	0	0	0	40	45	30	10	0	0	0	0	
Infiltración acumulada	0	0	0	0	40	85	115	125	125	125	125	125	21%



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

algo más frías, próximas a montañas o elevaciones. Entre medias ponemos valores redondos que disminuyen en otoño e invierno y aumentan en primavera y verano.

El balance incluido a continuación es de sentido común. El suelo no empieza a retener agua hasta octubre y alcanza su máxima capacidad y saturación en invierno. A partir de mayo, con balance negativo, el suelo se va secando, algo que sucede durante el mes de junio en casi todo nuestro clima mediterráneo, excepto en los lugares de clima árido o semiárido. El agostamiento de las plantas herbáceas se produce en dos o tres semanas y la paralización estival de las especies leñosas es prácticamente segura a finales de mes, en zonas bajas. El balance hídrico de cada mes se va acumulando durante el otoño y en invierno la capacidad de retención del suelo es superada, por lo que parte pasa a infiltración profunda. En nuestro caso y para 600 mm se alcanza hasta un 21% (125 mm), de infiltración profunda. Para 400 mm de precipitación anual nunca se superaría la capacidad de retención de un suelo de 100 mm, y para precipitaciones de 500 mm los valores serían próximos al 10% (50 mm).

Como tercera fila pondremos los balances positivos o negativos del agua que se infiltra en el suelo restando precipitación menos evapotranspiración. A continuación recordaremos la capacidad de retención en el suelo, para seguidamente calcular la que se dispone en cada mes como acumulación de los meses anteriores hasta que se

alcanza el máximo de retención.

Si aplicáramos un supuesto de escorrentía del 21% por estar en zonas de alta pendiente, aun con cubierta vegetal densa, herbácea o leñosa, los valores de infiltración se anularían, manteniéndose el total de Agua Azul y Agua Verde, pero sin recarga de acuíferos. Si la escorrentía fuera superior a esa cantidad la infiltración sería nula, el Agua Azul aumentaría en su forma de escorrentía, y el Agua Verde disminuiría para mantener la igualdad Agua Forestal = Agua Verde + Agua Azul. Si por el contrario la capacidad de retención del suelo, aumenta, el agua de infiltración profunda disminuye, el Agua Verde aumenta y la producción vegetal también. En conclusión bajo bosques maduros, siempre asociados a suelos maduros y profundos, se debe esperar un máximo de utilización de Agua Forestal en forma de Agua verde. Por el contrario en jarales o en pastizales ralos con suelos esqueléticos, debemos esperar una mayor creación de Agua Azul, en forma de incremento de infiltración y escorrentía para los jarales (siendo muy variables sus pesos según las pendientes), y más a favor de la escorrentía en los pastizales ralos en pendiente. En definitiva, los tan denostados jarales, cerrados, sobre suelos esqueléticos de pizarras, esquistos o rañas, resultados de incendios sucesivos, son hídricamente bastante eficientes, para nuestra sorpresa. Eso sí, su capacidad de regulación y laminación de caudales máximos es muy baja y los arroyos asociados a los mismos, muy temporales.

En la página siguiente os incluimos una tabla teórica de balances hídricos para 400, 600, 800 y 1.000 mm de precipitación anual (alta montaña generalmente). Como veréis, por cada 200 mm de precipitación anual que aumentamos, se incrementa el porcentaje de superávit en más de un 10% y los totales de incremento cada vez son más próximos a dichos 200 mm.



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

MES	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	AG
Evapotranspiración Potencial	EVP>>PP	EVP>=<PP										
Precipitaciones	20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	10	10
Balance	(-)	(-)	15	25	25	20	10	0	-30	-80	(-)	(-)
Agua Retenida en el suelo	0	0	15	40	65	85	95	95	65	0	0	0
Capacidad de retención	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Infiltración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltración acumulada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
												0%
MES	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	AG
Evapotranspiración Potencial	EVP>>PP											
Precipitaciones	45	60	60	60	60	60	60	60	60	45	15	15
Balance	(-)	10	30	50	50	45	30	10	-30	-70	(-)	(-)
Agua Retenida en el suelo	0	10	40	90	100	100	100	100	70	0	0	0
Capacidad de retención	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Infiltración	0	0	0	0	40	45	30	10	0	0	0	0
Infiltración acumulada	0	0	0	0	40	85	115	125	125	125	125	125
												21%
MES	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	AG
Evapotranspiración Potencial	EVP>>PP											
Precipitaciones	45	80	80	80	80	80	80	80	80	60	25	30
Balance	(-)	30	50	70	70	65	50	30	-30	-70	(-)	(-)
Agua Retenida en el suelo	0	30	80	100	100	100	100	100	70	0	0	0
Capacidad de retención	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Infiltración	0	0	0	50	70	65	50	30	0	0	0	0
Infiltración acumulada	0	0	0	50	120	185	235	265	265	265	265	265
												33%
MES	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	AG
Evapotranspiración Potencial	EVP>=<PP											
Precipitaciones	70	100	100	100	100	100	100	100	100	70	30	30
Balance	0	50	70	90	90	85	70	50	30	0	-60	-60
Agua Retenida en el suelo	0	50	100	100	100	100	100	100	100	100	40	0
Capacidad de retención	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Infiltración	0	0	20	90	90	85	70	50	30	0	0	0
Infiltración acumulada	0	0	20	110	200	285	355	405	435	435	435	435
												44%

5.2.- CALCULO DE ESCORRENTÍA

Otra de las herramientas básicas que creemos que son necesarias en el manejo del Agua Forestal con fines productivos es el cálculo de la escorrentía. Para ello debemos conocer el valor del coeficiente de escorrentía C, que no es otra cosa que la cuantía de la escorrentía partida por la precipitación asociada. Siempre será menor que 1 y depende de muchas variables. Alcanza valores máximos en aguaceros intensos y largos sobre suelo ya húmedo, desnudos y con alta pendiente. Podemos optar por muchos planteamientos pero a nosotros nos interesan principalmente tres:

- Método Racional para estimar Caudales Máximos asociados a un aguacero: La cuestión es, cuál es el caudal máximo, en metros cúbicos/segundo, que podemos esperar asociado a un aguacero, de modo que nuestros sistemas de recogida y canalización/distribución sean capaces de acogerlos con la máxima eficacia.

- Escorrentía asociada a un aguacero. Método del número de Curva: en este caso lo que deseamos saber, de acuerdo con las condiciones temporales y locales, sería cuál podría ser el caudal total que podemos esperar recolectar.
- Escorrentía total anual: Ahora estamos hablando del caudal total que podemos esperar recolectar en un año.

MÉTODO RACIONAL PARA ESTIMAR CAUDALES MÁXIMOS ASOCIADOS A UN AGUACERO:

Aplicaremos la siguiente fórmula:

$$Q_{\max} = 0,28 \cdot C_{\text{media}} \cdot i \cdot S.$$

Donde el Caudal máximo (Q_{\max}), en m^3/s es directamente proporcional al coeficiente de escorrentía media, por la Intensidad del aguacero en mm/hora (I), por la Superficie de la Cuenca en Km^2 (S). Este coeficiente de escorrentía medio es el correspondiente a la porción del aguacero que se transforma en escorrentía en la cuenca de cálculo. Es el coeficiente de escorrentía medio para el

Tabla II. Coeficientes de escorrentía, según Benítez *et al.* (1980), citado por Lemus & Navarro (2003)

COBERTURA DEL SUELO	TIPO DE SUELO	PENDIENTE (%)				
		> 50	20-50	5-20	1-5	0-1
Sin vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Tabla para determinar 'indistintamente' caudales punta por el método racional y para dimensionar zanjas de infiltración

tiempo de concentración del agua de escorrentía en la cuenca. Es distinto y mayor que el coeficiente de escorrentía de una cuenca que incluye también los tiempos de inicio del aguacero sin todavía escorrentía o bien los correspondientes a intensidades más bajas del aguacero. $C_{media} > C$

Para una cuenca de 10 hectáreas de pinar cerrado de pino carrasco, sobre margas, con una pendiente del 30% y una intensidad de lluvia de 30 mm/hora, nos da un caudal máximo = $0,28 * 0,45 * 30 * 0,1 = 0,378 \text{ m}^3/\text{seg}$. Este tipo de datos es utilizado para calcular las trampas de agua, las zanjas de desviación o bien los sistemas de drenaje de caminos en vías y caminos.

ESCORRENTÍA ASOCIADA A UN AGUACERO. MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA

Tabla de número de curva para un suelo de condición normal de humedad.

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84
R		Buena	63	75	83	87
R + CR		Pobre	64	75	83	86
R + CR		Buena	60	72	80	84
C		Pobre	63	74	82	85
C		Buena	61	73	81	84
C + CR		Pobre	62	73	81	84
C + CR		Buena	60	72	80	83
C + T		Pobre	61	72	79	82
C + T		Buena	59	70	78	81
C + T + CR		Pobre	60	71	78	81
C + T + CR		Buena	58	69	77	80

Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	58	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseros	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Significado de las abreviaturas:

CR=Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año

R=Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno

C=Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel

T=Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos)

El caudal de escorrentía acumulado se calcula de arreglo a la siguiente fórmula:

$$Q = (P - 0,2S)^2 / (P + 0,80S)$$

siempre que $P > 0,2S$

Donde:



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Q es la escorrentía superficial acumulada en mm.

P es la precipitación acumulada en mm

S es la capacidad de almacenamiento en mm.

$$S = 254[(100/\text{Número de Curva}) - 1].$$

El número de curva es la clave con este criterio. Sustituye al coeficiente de escorrentía anterior y es menor cuanto menor es la escorrentía.

Para el mismo ejemplo anterior, calculamos primeramente:

$$S = 254(100/84 - 1) = 48,38.$$

A continuación:

$$\begin{aligned} Q &= (30 - 0,2 * 48,38)^2 / 30 + 0,8 * 48,38 \\ &= 413,06 / 68,70 \\ &= 6,01 \text{ mm/m}^2. \end{aligned}$$

Es decir, un 20% de escorrentía y un caudal total para 10 hectáreas de 60,1 metros cúbicos.

ESCORRENTÍA TOTAL ANUAL

Este es un cálculo básicamente experimental, o bien a través de la medición de caudales anuales. De forma teórica y muy aproximada, podríamos calcularlo a partir del Atlas Climático Ibérico, viendo el total de días con precipitaciones mayores a 30 mm, calculando la escorrentía por el método del número de curva que corresponde a este tipo de aguacero para la superficie que queremos conocer. A continuación hacemos lo mismo para los días de 10 mm a los que habremos quitado previamente los días con precipitaciones mayores de 30 mm. Multiplicamos cada escorrentía obtenida por el número de días que se produce y las sumamos y obtendríamos una escorrentía aproximada.

A continuación vamos a poner dos ejemplos para la península con volúmenes de precipitaciones anuales diferentes. Todos los

datos utilizados están disponibles en red, a partir del atlas climatológico ibérico y del programa MODIPE, desarrollado por el equipo que trabaja en el concepto de Oasificación.

POTENCIAL DE RECOLECCIÓN PARA LOS LLANOS DE ALBACETE

A partir del balance hídrico local y con una capacidad de retención del suelo de 100 mm y sin escorrentías por una adecuada cubierta vegetal, la cantidad de Agua Azul en los Llanos de Albacete sería 0 de acuerdo con los datos del balance. Sin embargo la existencia de suelos con muy baja capacidad de retención así como muy impemeables (compactación por el pastoreo por ejemplo), y la existencia de precipitaciones de alta intensidad garantizan un mínimo de escorrentía.

La provincia de Albacete cuenta con al menos entre 10 y 20 días con precipitación de más de 10 mm y de 0 a 3 días con precipitaciones de más de 30 mm. Para nuestro cálculo consideraremos 15 días para 10 mm y 1 para 30 mm. El total de precipitación anual media es de 367 mm.

Si aplicamos el Modelo MODIPE a una serie de supuestos medios, podríamos extraer los valores a partir de los cuales se produce la aparición de escorrentía. El número de curva dependerá de la vegetación dominante, por ejemplo un espartal. Y las series de precipitaciones a estudiar próximas a las de un año medio podrían ser:

- 8 chaparrones de 20 litros aislados, 5 de ellos en condiciones de suelo medias y los otros 3 de suelo húmedo.
- Tres series de 2 chaparrones de 20 litros partiendo de suelo de humedad media y el segundo de suelo húmedo.
- 1 chaparrón de 30 litros partiendo de suelo húmedo.

Con este modelo asignamos a precipitaciones intensas un valor próximo a



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

los 310 mm, valor razonable para el total anual local.

Aplicando el modelo disponible en los siguientes enlaces obtenemos valores de escorrentías alrededor de 35/36 litros por metro cuadrado, aproximadamente un 10% de la precipitación total para un espartal o superficie ocupada por un matorral abierto de zonas áridas. Este dato debe tomarse con mucha precaución, dándole mayor o menor valor en función de la fidelidad de los supuestos previstos respecto a la realidad.

Tabla del número de curva:

<http://www.oasification.com/tablasden.htm>

Programa Modipe:

<http://www.oasification.com/modipeprograma.htm>

Los valores obtenidos varían de acuerdo con el uso del suelo. Como podemos observar, alcanzan valores que empiezan a ser

valorables en suelos desnudos y cultivos. Repoblaciones, carrascales, etc., anulan la escorrentía, fomentando la infiltración, que tan solo los años con precipitaciones abundantes pasará a infiltración profunda.

La capacidad de recogida de agua por hectárea va desde los 40 metros cúbicos de las repoblaciones forestales hasta los 368 de los campos de cultivo. Como podemos ver, las situaciones que generan más escorrentía son aquellas donde los suelos están húmedos, o saturados. Es decir, normalmente en invierno y como consecuencia de temporales de varios días. Estamos hablando siempre de precipitaciones intensas. En el resto de caso la escorrentía será nula.

79 ESPARTAL O MATORRAL ARIDO							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparron	PP INTENSA	Infiltración precipitación	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por l
20	Normal 2	5	100	19.4	0.6	3	30
20	Húmeda 3	3	60	15.4	4.6	13.8	138
30	Normal 2	1	30	26.8	3.2	3.2	32
20	Serie 2 días: 1ª media 2ª Húmeda	6	120	34.8	5.2	15.6	156
Total escorrentía Anual						35.6	356
						11%	
65 REPOBLACIÓN CONSOLIDADA							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparron	PP INTENSA	Infiltración precipitación	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por l
20	Normal 2	5	100	20	0	0	0
20	Húmeda 3	3	60	19	1	3	30
30	Normal 2	1	30	29.9	0.1	0.1	1
20	Serie 2 días: 1ª media 2ª Húmeda	6	120	39.7	0.3	0.9	9
Total escorrentía Anual						4	40
						1%	
69 PASTIZALES							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparron	PP INTENSA	Infiltración precipitación	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por l
20	Normal 2	5	100	20	0	0	0
20	Húmeda 3	3	60	18.3	1.7	5.1	51
30	Normal 2	1	30	29.6	0.4	0.4	4
20	Serie 2 días: 1ª media 2ª Húmeda	6	120	38.3	1.7	5.1	51
Total escorrentía Anual						10.6	106
						3%	
80 CULTIVOS.							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparron	PP INTENSA	Infiltración precipitación	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por l
20	Normal 2	5	100	19.8	0.2	1	10
20	Húmeda 3	3	60	15	5	15	150
30	Normal 2	1	30	26.3	3.7	3.7	37
20	Serie 2 días: 1ª media 2ª Húmeda	6	120	34.3	5.7	17.1	171
Total escorrentía Anual						36.8	368
						12%	

POTENCIAL DE RECOLECCIÓN PARA EL PARQUE NATURAL DE CORNALVO

A partir del balance hídrico podemos deducir que la zona tiene un potencial medio de producción de Agua Azul de unos 65 mm para una precipitación anual de 491 mm. Algo más de un 13% para el promedio anual.

Siguiendo el mismo procedimiento que en el caso anterior proponemos un modelo de distribución anual de las precipitaciones de mayor intensidad. Según los datos de la Aemet, la provincia de Cáceres cuenta con entre 20 y 30 días con precipitación de más de 10 mm y con menos de 5 días con precipitaciones de más de 30 mm. Los distribuimos con el siguiente criterio.

- 8 chaparrones de 20 litros aislados, 2 de ellos en condiciones de suelo media y los otros 6 de suelo húmedo.
- 4 series de 2 chaparrones de 20 litros partiendo de suelos húmedos.
- 3 chaparrones de 40 litros partiendo de suelos húmedos.

Así explicamos 440 mm de precipitación intensa anual sobre 491 totales. Un porcentaje algo elevado pero aceptable.

El número de curva dependerá de la vegetación dominante, la condición hidrológica y el tipo de suelo. En este caso lo hacemos para un monte con pastos (Dehesa), una repoblación consolidada y unos cultivos, paisajes todos ellos presentes en el Parque o en su entorno. Teniendo en cuenta que es un suelo de condición hidrológica buena pero ligeramente arenoso, los números de curva serán 55, 52 y 72 respectivamente. Aplicamos el Modelo MODIPE con estos datos y obtenemos la tabla situada al pie. Con el modelo planteado, conservador en cuanto a número de curvas y precipitaciones, obtenemos escorrentías de entre el 3 y el 4% en suelos cubiertos de pastizal, masa forestal o combinaciones de ambos con carga ganadera: la estructura tipo sería la dehesa. En el mismo terreno se obtendría hasta un 17% de escorrentía con cultivos. Esta escorrentía se lograría, también, con suelo de pasto pastoreado intensivamente y de forma continua, con herbáceas anuales como dominantes. Las variaciones, una vez más, dependen de la vegetación. Los máximos van asociados a grandes precipitaciones sobre suelos húmedos.

55 MONTE CON PASTOS							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparrón	PP INTENSA	Infiltración	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por ha.
20	Normal 2	2	40	20	0	0	0
20	Húmeda 3	6	120	20	0	0	0
40	Húmeda 3	3	120	35,7	4,3	12,9	129
20	Serie 2 días: 1º Húmeda 2º Húmeda	8	160	39,9	0,1	0,4	4
Total escorrentía Anual		19	440			13,3	133
							3%
58 REPOBLACIÓN CONSOLIDADA							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparrón	PP INTENSA	Infiltración	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por ha.
20	Normal 2	2	40	20	0	0	0
20	Húmeda 3	6	120	19,8	0,2	1,2	12
40	Normal 2	3	120	34,5	5,5	16,5	165
20	Serie 2 días: 1º Húmeda 2º Húmeda	8	160	39,6	0,4	1,6	16
Total escorrentía Anual		19	440			19,3	193
							4%
72 CULTIVOS							
Precipitación	Condición suelo	Días chaparrón	PP INTENSA	Infiltración	Escorrentía	Total escorrentía	M cúbico por ha.
20	Normal 2	2	40	20	0	0	0
20	Húmeda 3	6	120	17,6	2,4	14,4	144
40	Normal 2	3	120	26,7	13,3	39,9	399
20	Serie 2 días: 1º media 2º Húmeda	8	160	35,2	4,8	19,2	192
Total escorrentía Anual		19	440			73,5	735
							17%

5.3.- FUNCIONAMIENTO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS MEDITERRÁNEAS

Al iniciar esta guía, partíamos del convencimiento alcanzado por la lectura de publicaciones de alta credibilidad y prestigio, de que el comportamiento de las cuencas forestales mediterráneas de tamaño medio y pequeño respondía al siguiente patrón:

- Las variaciones del caudal anual de los ríos que drenan las cuencas responden de forma débil a las variaciones de las precipitaciones anuales correspondientes a los mismos años.

Diciéndolo de otra manera: no hay variaciones de caudal por el consumo eficaz de los excedentes anuales por la vegetación leñosa mediterránea. Solo se genera Agua Azul cuando se supera la capacidad de retención de los suelos, algo que tan solo se produce en invierno.

Este hecho se fundamenta en el consumo que hace la vegetación mediterránea de los excedentes sobre la media anual de precipitaciones a través de la evapotranspiración. El agua que cae es consumida por las comunidades vegetales mediterráneas, perfectamente adaptadas a aprovechar los años buenos.

Por el contrario, en los años malos, la vegetación consume menos agua y su repercusión sobre los caudales también disminuye. Estos se alimentan casi exclusivamente de los superávits invernales. En sucesivas lecturas fuimos matizando este hecho. Se puede afirmar que se cumple en aquellos lugares con precipitaciones inferiores a 400 mm y que no tendría por qué ser así para precipitaciones superiores a los 600 mm. Entre ambos valores dependerá fundamentalmente de la capacidad de retención del suelo, la cubierta vegetal y del momento en que se producen las precipitaciones.



Ladera de solana en Pinilla de Jadraque. Son de esperar fuertes esorrentías.

Al intentar buscar un método que midiese el Agua Azul real que se produce en un territorio, se nos ocurrió utilizar el anuario de aforos del MAGRAMA disponible en la Red. El agua que pasa por una estación de aforo sería la medida real del Agua Azul de la cuenca drenada. Nuestra sorpresa fue que para las cuencas más pequeñas que pudimos encontrar, así como las de vegetación con mayor superficie forestal, las variaciones interanuales de los aforos eran muy grandes, en contra de lo que decía la teoría.

Observamos, como es normal, que los máximos caudales se producen en invierno con los suelos saturados tal como predice el balance hídrico. Encontramos también que en primavera la demanda de la vegetación y las altas evapotranspiraciones consumían gran parte de las precipitaciones extraordinarias producidas, pero no todas. Además, en los primeros meses de otoño, los caudales eran muy bajos hasta que el suelo se saturaba de agua. Todo según lo previsto. Sin embargo, los años con precipitaciones altas, tenían su reflejo en años con aforos anuales elevados.

La razón no era otra que la afirmación que dice que la mayor parte de las precipitaciones invernales pasa a convertirse en Agua Azul por esorrentía o infiltración profunda, si el volumen anual supera los 400

mm. En consecuencia, el modelo tipo del que partíamos, parece funcionar solo en las siguientes condiciones:

- Precipitaciones inferiores a 600 mm, sobre cuencas forestales maduras, con suelos profundos, donde las precipitaciones invernales no son las más significativas del año. No sabemos explicarlo de otra manera.



Las cárcavas son el escenario natural con mayor coeficiente de escorrentía

En el Congreso Forestal Nacional de 2012 se pueden leer algunas ponencias sobre el comportamiento de pequeñas cuencas pirenaicas durante dos años. Una de ellas con precipitaciones bajas respecto a la media, y la siguiente con importantes valores. Las conclusiones van en la línea que reflejan los aforos:

- Eventos extraordinarios dan lugar a escorrentías extraordinarias. Estas se producen con mayor intensidad en suelos desnudos que en los cubiertos por vegetación, y en este segundo caso, en repoblaciones consolidadas recientes que en bosques de frondosas mediterráneas. Los eventos ordinarios no producen estas escorrentías.
- El número de eventos que producen escorrentías extraordinarias es mayor sobre suelos desnudos que cubiertos de vegetación, y es mayor en repoblaciones que en masas maduras de quercíneas. La explicación desde nuestro punto de vista es sencilla para este segundo grupo. La capacidad de retención de agua del suelo en las repoblaciones es todavía inferior

que en las quercíneas, aunque la reducción de la escorrentía sea similar.

- El año de precipitaciones inferiores a la media el número de eventos productores de escorrentía es muy bajo, pero no así el año de altas precipitaciones. Probablemente lo que suceda es que importa más la intensidad de la precipitación que el número de días de lluvia para alcanzar totales anuales elevados.
- Los eventos extraordinarios que se producen en primavera o inicio de otoño no suelen generar escorrentías extraordinarias en los suelos cubiertos de masas forestales. Este hecho debería ser más significativo en otoño que en primavera, pero en cualquier caso dependerá del volumen disponible para retener agua del suelo, máximo a primeros de otoño, finales de primavera y verano.

En definitiva, el comportamiento de las cuencas forestales mediterráneas, como ya hemos dicho tantas veces, depende de muchos factores. Es por ello que se hace necesario tener un cuerpo numeroso de investigaciones para fundamentar las distintas premisas que presidirán las actuaciones técnicas para el manejo del Agua Forestal.

En este mismo sentido, pero para cuencas a gran escala, han de ser consideradas las afirmaciones de que el crecimiento de las superficies de las masas forestales en las cuencas hidrográficas resta volúmenes de agua importantes a los caudales que las drenan. Es necesario matizar y contrastar con estudios esta afirmación para cada comarca de nuestra geografía, de forma que los valores obtenidos sean ajustados a las causas exactas y en las cantidades que en la realidad les corresponden. Afirmar, por ejemplo, que la variable intercepción en exclusiva pueda ser dicha causa sería un exceso de simplificación.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

5.4.- APLICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE AFORO AL CÁLCULO DEL POTENCIAL DE AGUA AZUL DE UN TERRITORIO

Para explicar este procedimiento, pondremos un ejemplo realizado, para una asesoría sobre Agua Forestal en los Montes de Toledo. En concreto en la cuenca que vierte sus aguas al embalse de la Torre de Abraham sobre el río Bullaque. El procedimiento está basado en fuentes de datos de libre disposición en internet.

Elegimos el aforo que mejor pueda reflejar el funcionamiento de una cuenca hidrológica similar a la de nuestra zona del informe observando el mapa de aforos, eligiendo puntos que midan cabeceras de cuenca y que sean de características similares al nuestro:

<http://sig.magrama.es/aforos/visor.html>.

En este caso hemos elegido la estación de aforos asociada al propio embalse. Se ha elegido como aforo más útil el 4210 RIO BULLAQUE EN TORRE DE ABRAHAM (Ciudad Real). El río Bullaque nace a más de 1.000 m de altitud en el cerro Laguna, en el término municipal de Retuerta del Bullaque.

http://sig.magrama.es/93/CienteWS/GISROEA/Default.aspx?nombre=ROAN_ESTACION_AFORO_EMBALSES&claves=COD_HIDRO|COD_SITUACION_ESTACION&valores=4007|2.

Los datos que más nos interesan de esta primera pantalla son los siguientes. La cuenca de recogida es de 761 km² y el caudal medio anual de 53,6 hm³. Es decir una recogida de Agua Azul por metro cuadrado de 70,4 mm o bien de 704 m³/ha.

Los caudales medios, son muy engañosos, pero en líneas generales muestran un máximo coincidente con enero, febrero, diciembre y marzo, en este orden. El mínimo se produce en un mínimo en los meses de julio a octubre, siendo los meses más bajos septiembre y octubre. Nos llama la atención la permanencia de caudales altos posteriores a los superávits del balance hídrico así como la existencia de caudales veraniegos, lo que indica un aporte de agua freática de cierta importancia, un tamaño de cuenca grande o un efecto matemático de las medias.

Si pedimos el informe de datos relativo a entradas de agua en el embalse se obtiene la tabla que hemos incluido en la página siguiente. En ellas se observan variaciones

Datos generales del embalse	
Embalse	TORRE DE ABRAHAM
Referencia ROEA	4007
Estado	ALTA
RIO	BULLAQUE
UTM X H30 ETRS89	391.932
UTM Y H30 ETRS89	4.358.410
Hoja 1:50.000	RETUERTA DE BULLAQUE
Confed. Hidrográfica	GUADIANA
Municipio	RETUERTA DEL BULLAQUE
Provincia	CIUDAD REAL
Autonomía	CASTILLA-LA MANCHA
Observaciones	

Estadísticas de volúmenes de la serie histórica:

Entradas Reservas Salidas

Advertencia

Datos generales **Volúmenes medios** Volúmenes medios por mes

Volúmenes medios mensuales en hm³

Octubre	0,80	Abril	4,50
Noviembre	1,80	Mayo	2,60
Diciembre	9,40	Junio	1,50
Enero	18,50	Julio	1,10
Febrero	13,10	Agosto	1,20
Marzo	7,30	Septiembre	0,30



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

4007	2001-2002	2,68	0,92	0,96	2,15	1,57	2,75	3,31	1,18	0,91	1,16	1,51	-0,31	18,80
4007	2002-2003	-0,30	0,89	5,80	25,52	8,87	7,53	4,15	1,74	2,16	2,01	1,60	-1,47	58,49
4007	2003-2004	1,64	5,07	16,30	3,90	17,32	13,02	17,36	11,29	2,67	1,54	1,65	-0,51	91,25
4007	2004-2005	0,92	0,16	0,30	-0,11	0,69	0,74	0,44	-0,12	1,10	2,02	1,50	-1,12	6,51
4007	2005-2006	0,24	-0,05	0,66	0,70	0,58	1,52	1,06	-0,84	-1,48	-1,55	-1,31	-0,77	-1,25
4007	2006-2007	3,99	20,95	14,80	2,38	24,16	5,55	9,59	10,45	2,81	-0,77	-0,35	-0,51	93,05
4007	2007-2008	0,96	1,17	1,63	1,95	1,71	1,31	6,50	3,79	2,09	0,16	1,04	1,83	24,14
4007	2008-2009	1,34	1,15	2,87	3,40	17,08	3,91	1,50	0,64	0,20	-0,65	0,48	-0,22	31,69
4007	2009-2010	-0,21	-0,23	7,14	56,44	54,76	41,87	10,87	1,60	0,99	-1,06	-1,20	-0,93	170,03
4007	2010-2011	0,27	0,07	11,45	14,63	11,28	7,32	3,53	1,69	-0,77	-2,07	-2,00	-2,20	43,20

en la entrada de caudales de importantísimo valor, mucho mayores que las variaciones en las precipitaciones anuales. La explicación básica de este hecho, es que hasta que no se supera una cierta cantidad de precipitación no aparece Agua Azul de forma significativa y a partir de este momento, el porcentaje de Agua Azul que aparece es de casi la totalidad del agua de precipitación. En los últimos 10 años reflejados en la tabla se observan aforos anuales que van desde los valores inferiores a la decena de hectómetros cúbicos hasta un valor máximo de 179 hm³. Es decir, desde menos de 13 mm/m² hasta 223 mm/m², o lo que es lo mismo, desde 130 m³/ha hasta 2.230 m³/ha. Estas variaciones representan valores que para nada son los de las precipitaciones de dichos años. Para poder seguir explicando con más detalle el modelo podemos hacer una comprobación más.

Se trata de una comparativa entre los datos de precipitaciones mensuales y anuales de la estación meteorológica de Porcuna sacados del SIAR (Servicio Integral de Asesoramiento al Regante), con los aforos

del embalse de Torre de Abraham: <http://crea.uclm.es/siar/datmeteo/>.

Para hacer el estudio de caudales tomamos los datos propios de la estación de aforos asociada al embalse, en concreto los relativos a entrada de caudales, y damos como buenos para la región los del observatorio de Porcuna. Comparando las precipitaciones mensuales y anuales con los aforos, percibimos que pasar, en el territorio del embalse de Torre Abraham, de precipitaciones anuales de 717 mm a 515 mm, con una disminución aproximada de un 30%, conlleva descensos de aforos próximos al 66%. Es decir, más del doble del descenso de precipitaciones. Si hubiéramos llegado a la cantidad crítica de precipitación que marca la centena de los cuatrocientos es probable que el descenso fuera muchísimo más exagerado, pues el aforo estaría por debajo del 10% del máximo.

Como puede apreciarse, las máximas precipitaciones se dan en los meses de diciembre-mayo. Comparando los datos meteorológicos con los de aforo, observamos

Meteorología	año	sep	oc	nov	dic	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ag	total	
Estación Porcuna	2009 2010		30,4	23,6	5,4	162	76,2	114,8	57,8	90,6	13	60,8	20,6	62,2	717,4
	2010 2011		65,4	41,2	0	151,2	34,2	33,4	31,4	61,8	74,6	5	0	17,7	515,9
Aforo	año	sep	oc	nov	dic	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ag	total	
Embalse Torre Abraham	2009 2010		0	0	0	7,14	56,44	54,76	41,87	10,87	1,6	0,99	0	0	173,67
	761 2010 2011		0	0,27	0,07	11,45	14,63	11,28	7,32	3,53	1,69	0	0	0	50,24
Escorrentía	año	sep	oc	nov	dic	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ag	total	
	2009 2010		0,00%	0,00%	0,00%	4,41%	74,07%	47,70%	72,44%	12,00%	12,31%	1,63%	0,00%	0,00%	24,21%
	2010 2011		0,00%	0,66%	#DIV/0!	7,57%	42,78%	33,77%	23,31%	5,71%	2,27%	0,00%	#DIV/0!	0,00%	9,74%



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO
ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

claramente que las precipitaciones de primavera no suelen transformarse en Agua Azul y no llegan a la red hidrográfica. Esto es debido a que gran parte de esta agua de lluvia se pierde por evapotranspiración (Agua Verde), debido a las mayores temperaturas. Abril es un mes de transición, con presencia/abundancia de Agua Azul probablemente de origen freático y con una inercia temporal de aproximadamente un mes. Con las precipitaciones de septiembre, octubre e incluso noviembre, sucede lo mismo, el agua no llega a los aflores tanto como era de esperar, ya que si superan a la evapotranspiración deben recargar los suelos previamente. En definitiva, son las precipitaciones invernales, y en sentido extenso las de los meses más fríos las que generan caudales y Agua Azul, y las que quedan reflejadas en las variaciones interanuales de los aflores. El peso de estas precipitaciones y los superávits invernales son los que marcan los caudales de los aflores.

Por un lado, vemos que para caudales anuales más bajos, los caudales veraniegos son prácticamente nulos, o muy bajos, mientras que el año con caudal más alto, se

corresponde con grandes caudales en invierno o primavera. En ambos casos los caudales tienen una importante inercia que indica aportes de agua freática, como ya imaginábamos. El valor absoluto de recogida pasa de 173,67 mm/m² de Agua Azul a 50,24 mm/m². Cuánto corresponde a escorrentía y cuánto a infiltración es más complicado de saber, pero en cualquier caso nos da unos valores máximos de Agua Azul.

Por otro lado, los porcentajes calculados de Agua Azul por este método alcanzan valores entre el 24% y el 9% anual, también compatibles con los obtenidos en el Balance Hídrico medio.

Una afirmación exagerada pero que permite dibujar de forma caricaturizada la realidad sería:

- Los caudales hidrográficos dependen casi exclusivamente de los superávits invernales. Las variaciones anuales dependerán también casi exclusivamente de las diferencias entre ellos.

Rañas y laderas próximas al embalse de la Torre de Abraham, territorio sobre el que hemos realizado este ejemplo



5.5.- ALGUNOS VALORES Y DATOS BÁSICOS A TENER EN CUENTA

En las páginas anteriores hemos puesto encima de la mesa un buen número de conceptos que debemos asimilar. Tienen varias características comunes que hacen difícil su aplicación conjunta, o bien la selección de las variables dominantes a la hora de tomar partido por un enfoque u otro. Todas las variables están íntimamente relacionadas. Aspectos hídricos en los que intervenga una sola variable prácticamente no existen. Por este motivo parece conveniente hacer un pequeño alto en el camino y revisar algunos conceptos. Para ello utilizaremos como referencia de partida el gráfico siguiente, documento de referencia para muchos autores que están trabajando en este tema. Los datos que en él figuran deben ser tomados como resultados relativos a un lugar y a un sitio concreto.

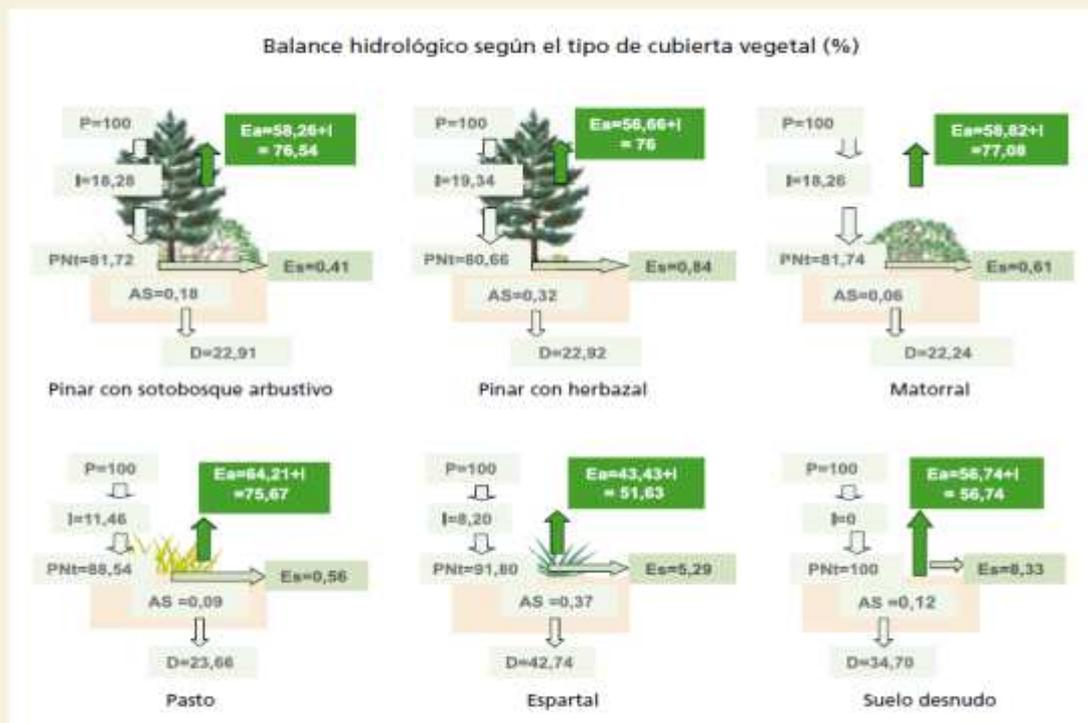
Su valor reside en la visión conjunta de todos los elementos y la interrelación que refleja de todos ellos.

AGUA VERDE: Intercepción + Evaporación desde el suelo + Transpiración (Evapotranspiración)

Intercepción:

- Las cubiertas forestales en la región mediterránea cálida, generan una intercepción inferior al 20% de las precipitaciones, mientras que los pastos alcanzan algo más del 10%. Los espartales y comunidades vegetales similares se quedan algo por debajo del 10% en escorrentía.
- La intercepción aumenta, aunque relativamente poco según aumenta la complejidad y cantidad de materia leñosa de la estructura forestal.
- Cuando el suelo está desnudo o cubierto

Figura 4. Reparto y flujo del agua según el tipo de cobertura en Ventós (Alicante) (Joan Bellot [et al.], Universidad de Alicante).



P: precipitación, PNT: precipitación neta. Ea: evapotranspiración real o realizada. Es: escorrentía. I: intercepción. D: drenaje. AS: agua almacenada en el suelo. (Modificado de Rojo, en imprenta).



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

parcialmente por matas y matorrales, la evaporación directa alcanza valores máximos superiores al 50% en los desnudos.

Transpiración:

- Ronda el 60% de las precipitaciones para coberturas completas leñosas o herbáceas del suelo. Disminuye en paralelo a los porcentajes de suelo sin cubierta.
- Para un mismo sitio, si un año es especialmente lluvioso o favorable, la transpiración aumenta y la vegetación aprovecha al máximo el agua disponible sin producir variaciones muy significativas en la escorrentía, salvo en el caso de aguaceros excepcionales. Lo que aumenta es la infiltración profunda.
- Su proporción aumenta en comarcas mediterráneas con un régimen hídrico más favorable, pues da lugar a masas forestales con un mayor volumen de biomasa activa y con el suelo más cubierto.

AGUA AZUL: Escorrentía + Infiltración profunda.

Su porcentaje anual máximo, no supera en los casos más extremos el 50%, debido a que en el ámbito Mediterráneo los efectos de la evaporación son muy importantes, además del hecho de que la transpiración se adapta a las existencias de agua en el suelo. En los climas mediterráneos de alta montaña se pueden producir excepciones debido a las bajas temperaturas que disminuyen de forma muy importante el consumo de agua verde. La profundidad de los suelos y su capacidad de retención es un factor clave para la interpretación de los resultados.

Escorrentía:

- A escala de pequeñas cuencas forestales y bajo cubierta vegetal completa puede ser despreciable o muy baja. En este caso los caudales que llegan al río

dependen de la infiltración profunda que se produce.

- Para precipitaciones mensuales inferiores a 75/100 mm es prácticamente nula. A partir de este valor aumenta hasta porcentajes máximos de un 20/25%.
- Los valores máximos de escorrentías se asocian a suelos saturados y precipitaciones fuertes: es decir al invierno mediterráneo e inicio de primavera (las riadas de levante son otro tema, asociado a precipitaciones, locales, muy extraordinarias propias de las gotas frías).
- Aumenta en coberturas parciales o suelos desnudos hasta un máximo de aproximadamente un 10%. En suelos en pendiente su valor se incrementa.

Infiltración: No incluye el agua retenido por el suelo, pues esta se convierte en transpiración a partir de su absorción por las raíces, o evapotranspiración por evaporar directamente del suelo.

- Cuando las precipitaciones caen sobre un suelo desnudo, la evaporación desde el suelo alcanza valores máximos, lo mismo que la escorrentía y la infiltración.
- La infiltración puede llegar a valores superiores al 40% sobre suelos semidesnudos con matas que frenan la escorrentía como son los espartales, superando el 30% en los desnudos.

Ya se dijo anteriormente y conviene recordarlo ahora, que cuanto mayor es la pendiente, más aumenta la escorrentía y disminuye la infiltración. Este hecho es especialmente evidente en suelos desnudos.

Como hemos visto en todos los ejemplos citados, valores de escorrentía próximos al 30% no son considerados. Sin embargo son los valores habituales en suelos con baja cubierta vegetal, en pendiente, en zonas de montaña y con precipitaciones superiores a 700 mm. La importancia de las montañas como recolectoras aparece de nuevo.

6.- CULTURAS Y SABERES HISTÓRICOS Y TRADICIONALES

Para el Agua Forestal, la cultura y los saberes tradicionales sobre recolección y aprovechamiento de agua procedente de precipitación es una fuente de inspiración y conocimientos para emprender, proyectar y ejecutar actuaciones en este tema. A lo largo de los siglos el ser humano ha ido probando diversas técnicas que pueden ser la base de acciones innovadoras, eficaces y eficientes en la actualidad. Por este motivo vamos a hacer una breve recopilación de amplio abanico sobre todo aquello que tenga que ver con Agua Forestal.

Las principales fuentes de información vienen de todas las zonas áridas del planeta habiéndonos centra para hacer este trabajo en las propias de la península. Nuestro país ha tenido la suerte de ser encrucijada de culturas por lo que la relación de todas ellas con el agua ha dejado su reflejo en nuestra tradición y conocimientos.

Grabado de cigüeñal de extracción de época egipcia.



6.1.- INTRODUCCIÓN. EL CICLO HUMANO DEL AGUA

El agua y su manejo es pieza fundamental en el proceso de la civilización. Se conoce su manejo en civilizaciones anteriores a la egipcia, hace más de 5000 años. Por ejemplo infraestructuras hidráulicas desde el 3.500 años antes de Cristo, y en Mesopotamia incluso la existencia de bancales, terrazas y galerías o minas de agua.

Los romanos fueron los maestros de este proceso, existiendo en su tiempo una verdadera "cultura del agua" que llega hasta nuestros días. Fruto de esta herencia es la Civilización Occidental. Los árabes, más famosos aún que los romanos por su cultura del agua, toman el relevo de éstos y funden sus conocimientos con los de Oriente, resultando una cultura altamente conocedora de los sistemas de captación y regadío, con gran desarrollo de la agricultura de su tiempo, de la cual nosotros somos herederos directos y la península Ibérica su legado del agua más importante.

Nuestro idioma castellano, incluye palabras relacionadas con el agua, la mayoría de origen árabe, que son como parte de los genes de nuestra herencia cultural. Entre otras podemos citar: ablución, aceña, aflorar, aguabenditera, aguadera, albañal, alberca, alcantarilla, alcorque, aljibe, aljofaina, alumbrar, arcaduz, arriate, atañor, azarbe, azud, etc.

El aprovechamiento tradicional de este recurso es muy interesante de analizar pues no sólo lo es por su valor histórico, sino que algunas técnicas siguen vigentes y tienen actualidad y futuro, y representan una alternativa al desperdicio del agua y la baja valoración que de ella tenemos. En definitiva, tienen mucho que aportar. Hay que reconsiderar su reutilización aunque con tecnologías modernas.

Son sobre todo las culturas desarrolladas en medios mediterráneos subáridos (con estación seca o déficit hídrico muy importante), las que mejor han desarrollado estos procesos de máxima optimización de los recursos hídricos. Entre ellas por supuesto se encuentran las culturas circunmediterráneas, como cuna de la civilización y del manejo del agua.

El proceso de aprovechamiento tradicional implica todas las fases del ciclo humano del agua. A saber:

- Producción - Técnicas de captación. Captar.
- Recolección - Técnicas de aprovechamiento máximo.
- Almacenamiento - Retener el máximo de tiempo. Retrasar la evaporación.
- Distribución, transporte (conducción o aducción). Reconducir el agua.
- Consumo.

Podemos clasificar por tanto el patrimonio tradicional de infraestructuras del agua en las siguientes tipologías:

- Elementos de captación: constituidos por elementos cuyo fin es la introducción del

agua en el sistema. Entre ellos destacan: azudes y presas, fuentes, minas y galerías, pozos y norias, boqueras, etc.

- Elementos de acumulación: aquellos destinados a almacenar las aguas para su correcta gestión. Algunos ejemplos: pequeños embalses, balsas y albercas, depósitos, aljibes, ventisqueros, pozos de nieve, etc.

- Elementos de transporte y distribución: conducen las aguas hasta las parcelas, y están formados por caceras, canales y acequias, brazales y ramales, regadoras, alcavones, atanores, acueductos, caños, sifones, etc.
- Elementos de consumo: son aquellos artilugios que optimizan el sistema, bien en el riego de las tierras, en la gestión y control de las aguas de regadío, o bien en la elaboración otros productos. Destacan los partidores, medidores, galipuentes, molinos, batanes, martinetes, arietes, etc. Se observa una alarmante pérdida de este patrimonio de saberes y de capacidad para gestionar estos medios tan adversos del territorio, pero en los que se ha mantenido el ingenio para obtener el agua necesaria.

Tradición y futuro se dan la mano en Agua Forestal.



6.2.- MANANTIALES, FUENTES ABREVADEROS, POZOS Y ZAHORÍES

Empezando por las simples fuentes, asociadas normalmente a afloramientos de agua en superficie, en lugares que solemos llamar manantiales (cuando la fuente se sitúa en el lugar original de captación). Su construcción incluía la búsqueda de los puntos de agua y su preparación para hacer dicha agua accesible para beber y para una adecuada recolección. Incluye también la habilidad de preparación del terreno para aprovechar al máximo el veneno de agua, con la construcción de pilones o pequeñas albercas locales. Es el punto de encuentro entre el agua recogida y el usuario, humano o animal. Este elemento es común a Agua Forestal.

Muchas fuentes se encuentran hoy abandonadas o perdidas, en lugares donde su recuperación es sencilla, invadidas por zarzales y ocultas por la vegetación. Cuando el veneno deja de explotarse se pierde aparentemente y su caudal productivo es incorporado de nuevo al agua subterránea.

Diversos modelos tradicionales de pilones asociados a un pozo (Muñez, Ávila)



En algunos casos se han secado verdaderamente las fuentes, esto siempre es debido a algún cambio del medio en los alrededores o en la geomorfología del terreno. Se conocen casos dramáticos de pueblos que dependían de sus manantiales o nacederos que han desaparecido bruscamente y con ellos su cultura en torno al agua, lo que caracterizaba a esa localidad (véase en Internet el caso de Pegalajar, Sierra de Mágina, Jaén). En un terreno propiedad o finca es fundamental documentarse si existieron en el pasado fuentes hoy abandonadas o perdidas y tratar de estudiar su recuperación o reexplotación.

Hay fuentes que permanecen todo el año prácticamente con el mismo caudal y otras que fluctúan, esto depende por supuesto del origen de donde parte ese caudal, más o menos profundo y de la explotación que sufre esa agua subterránea. Muy delicadas resultan las actuaciones con maquinaria, que afectan a la capa superficial y profunda del suelo a la hora de afectar seriamente a estos afloramientos naturales de agua o manantiales. Todo tipo de acciones de Agua Forestal que favorezcan la recarga de acuíferos favorecerán los caudales de fuentes y manantiales. Por el contrario, los que favorezcan la escorrentía tendrán el efecto contrario. Las gestiones a favor del Agua Azul frente al Agua Verde también favorecerán su permanencia.

Se ha acusado frecuentemente a los cambios en la vegetación y a las repoblaciones y plantaciones de la desaparición y descensos de muchas fuentes en nuestro país. En algunos casos es claro que las repoblaciones llevadas a cabo con maquinaria pesada y con especies de crecimiento rápido y requerimientos altos de agua o que buscan ésta en niveles profundos, han sido la causa de que se sequen las fuentes, pero otras veces no queda claro este factor. El tema es complejo y habrá que analizarlo particularmente en cada caso.

Muy interesante resulta en la cultura tradicional la existencia de pilones y su arte en torno a ellos. Igualmente los pilones mixtos o formados por varios elementos escalonados para facilitar el suministro al ganado. Este debe ser bien controlado para que no degrade las fuentes y sea compatible el uso para el ganado con el consumo humano o para otros fines. En este sentido destaca la utilidad e importancia de los pilones y abrevaderos, bien construidos y separados del depósito o manantial.

Los pozos tradicionales son todo un mundo en la cultura popular ibérica, mediterránea y mundial. Aunque en realidad no se trata de captación de agua, sino de agua de infiltración, a la que se accede en el subsuelo. De ellos nos interesa su ubicación en zonas de recolección de aguas de precipitación, como pueden ser las vaguadas, y las técnicas de extracción de agua, comunes a las de cualquier depósito subterráneo como pueden ser los aljibes.

La localización y marcaje de pozos, igual que la búsqueda de manantiales ocultos o afloramientos de agua cercanos al suelo, correspondía antiguamente a los llamados zahoríes (palabra de origen árabe, procedente de *zauri*: que significa servidor del planeta Venus).

Hay toda una literatura, sobre la realidad o la leyenda y el mito de este tema. Sobre su parte de misterio, de superstición, de azar o veracidad, hay muchas opiniones. En Agua Forestal, la práctica de campo nos irá dando las claves de cómo, dónde, cuándo y cuánto se puede recoger en cada situación. Zahoríes de las aguas pluviales, sería un posible eslogan para el sector.

Igualmente ingeniosos son los sistemas para extraer el agua de los pozos, con sistemas de los más variados e ingeniosos que iban desde el simple cubo hasta los

sistemas de tracción animal de norias y cangilones, utilizando animales domésticos, normalmente burros o mulos, a veces incluso camellos. Hasta la llegada de los motores de bombeo, hubo múltiples sistemas de extraer el agua o moverla para elevarla. Recuérdense las fabulosas norias de gran tamaño existentes en toda Andalucía o en Levante, por ejemplo en Murcia y Córdoba.

Un sistema casero y muy tradicional, todavía vigente en algunos puntos (por ejemplo lo hemos visto recientemente en Portugal, Zamora, Segovia y otros lugares), es el sistema de cigüeñal, llamado de diversas formas según los diversos lugares de nuestra geografía. Consiste en dos palos a modo de pértiga (se usaba mucho madera de castaño y otros árboles), con una piedra atada a uno de los extremos usada como contrapeso, véase figura.

Este sistema se utiliza también para extraer el agua de los aljibes de captación de aguas de tejados o de escorrentía, como veremos en el capítulo siguiente.

Huerta con cigüeñal (Miranda do Douro, Portugal)



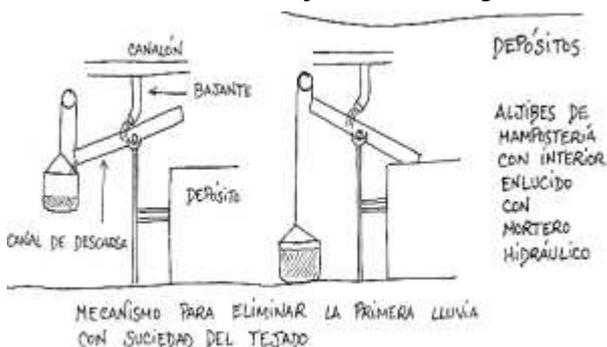
6.3.- ALBERCAS, ALJIBES Y BALSAS

Palabras muy bellas ambas de origen árabe (aljibe, del árabe *alyubb*). Son simples depósitos de acumulación de agua de escorrentía, pero de origen y formas muy variados. Si bien son los romanos los creadores originarios de estos sistemas de acumulación (incluso en las propias casas), los árabes los llevan a su máximo esplendor. Su uso y cultura asociada, que se ha mantenido viva hasta nuestros días en nuestro país, son muy importantes en toda la España mediterránea sobre todo desde Andalucía, sudeste árido y levante hasta Cataluña, y por el sudoeste hasta El Algarve portugués. También en Canarias y Baleares.

Los había descubiertos o cubiertos. Estos últimos son un avance importante para evitar la evaporación y la contaminación por partículas o por algas y microorganismos favorecidos por la luz y el calor de la insolación. También había albercas colectivas muy interesantes, llamadas aljibones, como por ejemplo el aljibón de Coverica en Fuente Álamo (Murcia). Tienen todos sus precedentes en las llamadas cisternas romanas.

Aljibe significa "almacén de agua", sin más, también para otros autores significa "pozo". Responde a esa obsesión del hombre de secano de que el agua no se escape, captarla y concentrarla para siempre tenerla disponible.

Sistema de llenado de aljibes con las aguas de los



tejados, muy utilizado (dibujo de Ignacio Abella)

Los aljibes más complejos tienen una zona de recolección que puede proceder de agua de arroyos, ríos o de aguas subterráneas también de escorrentía. En este último caso (los más difíciles de realizar), tienen un área de captación amplia en terrenos de ladera favorable. Las aguas son canalizadas hasta que penetran en un depósito previo, con un decantador o recibidor, que ya pasa al aljibe definitivo o depósito de almacenaje, donde se produce una segunda decantación. Solían tener casi siempre un aliviadero o desagüe, para grandes tormentas o precipitaciones, o para años buenos de lluvia con excedentes.

Asimismo se hacían albercas bajo árboles que producían precipitación horizontal, como por ejemplo se cita en Canarias con los árboles-fuente, es decir, de captación de lluvia horizontal.

Hay muchos ejemplos tradicionales que sobreviven, o en uso, por toda nuestra geografía. Se puede destacar por su tamaño, por ejemplo, el aljibe de Castellar de Meca, en Ayora, Alicante. Véanse también los aljibes para abastecimiento de agua de Torre Trencada de Menorca:

<http://enmenorca.wordpress.com/patrimonio/a/rqueologia-talayotica/torre-trencada/>.

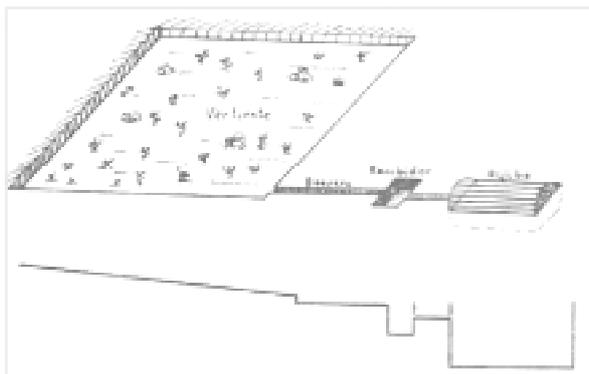
Un aljibe necesita de paramentos, paredes y fondos perfectamente impermeabilizados. Debe estar alejado de aguas residuales que puedan contaminarlo. Previamente a la entrada del agua conviene que haya una zona de filtrado previo, así como la posibilidad de limpiar los fondos de los sólidos más finos que se hayan ido decantando con el tiempo. Requiere una salida de seguridad frente a grandes aguaceros, un nivel determinado de llenado, y un caudal de desagüe adecuadamente calculado para que no reviente.

Una familia de cuatro miembros requeriría para su consumo estival tener almacenados previamente 120 metros cúbicos de agua, es decir un aljibe de dimensiones de 10 x 6 x 2 metros. Para ello necesitaría una cuenca de recogida en ladera con suelo impermeable de 20 x 16 = 320 metros cuadrados, según el clima de la zona.

Los primeros días de lluvia de otoño se deja correr el agua para limpiar las superficies de escorrentía sin abrir el aljibe. Una vez limpia la cuenca de recogida y que el agua no es turbia, se abren las puertas y el aljibe se recarga. En el caso de recoger el agua de los tejados de las casas o edificios es importante mantener bien limpios los mismos, que han de limpiarse periódicamente.

Estos sistemas de captación conllevaban la realización de tareas varias en la cuenca de la que se derivarían los caudales. Previamente, se reducía la vegetación existente para disminuir los consumos asociados a ésta. Desde aquí las aguas eran conducidas a través de una boquera a un decantador. Dada la elevada turbidez de los caudales circulantes, era necesaria su construcción para que en ellos se depositasen los lodos, con lo que se incrementaba el volumen de agua útil almacenada. Por último, mediante un pequeño canal entraban en el aljibe.

Esquema de un aljibe (Hernández & Morales 2013. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 63 - 2013)



Balsa ganadera (Sierra de Villuercas, Cáceres)

Una variante de los aljibes son las balsas, más sencillas y fáciles de realizar pero sin la eficiencia de retención del agua que tienen los aljibes. Consisten en amontonamientos de tierra o caballones, en sitios favorables donde hay probabilidad de retener agua al menos en alguna época del año. Su situación es importante, deben hacerse a favor de la pendiente, en lugares donde haya indicios de presencia de agua y bien realizada, no alterando el suelo. A veces se requerían en su construcción muros o terrazas hechos con piedra de mampostería. Se ha de tener precaución al realizarlas para no alterar el afloramiento natural y tener en cuenta si existen plantas de interés.

Normalmente estos depósitos a cielo abierto sirven para abrevar el ganado y por eso se llaman balsas ganaderas. Las hay de toda la vida en las dehesas extremeñas y salmantinas y en otros lugares, situándolas siempre en los llamados bajíos, lugares donde el agua tarda más en evaporarse de las capas superficiales y los pastos tardan en agostarse.

Las balsas y los aljibes pueden utilizarse como pequeños filtros verdes o depuradoras de las aguas, implantando o favoreciendo plantas acuáticas y helófitos con alta capacidad de depuración como son

espadañas, lirios acuáticos, espaganios o platanarias, juncos o juncias, etc.

La construcción de una balsa ganadera requiere unas sencillas medidas de planificación. En primer lugar se elegirá el punto de ubicación normalmente en una vaguada o cauce temporal de dominio privado. Si no disponemos de esta opción se realizarán los movimientos de tierra o las obras de mampostería necesarias para canalizar el agua hacia una zona situada en cotas más bajas que el área de recepción. El área de recepción, es más eficaz en zonas con pendiente y proporciona agua más limpia bajo cobertura arbórea, matorral o pastizal de calidad. Esto hace que dicha cuenca sea mayor que sobre suelo desnudo. A los pies de roquedos o zonas rocosas la recogida será más eficiente en cuanto a coeficiente de escorrentía y además el agua bajará limpia de sólidos y residuos.

El área de recepción se calculará en función de las cabezas de ganado mayor existentes. Por ejemplo con una alta carga ganadera de 1 cabeza de ganado mayor cada 2 hectáreas, para una explotación de 100 has, necesitaríamos unos 500 metros cúbicos, es decir, una charca de aproximadamente de 20 x 25 metros, 1 metro de profundidad media, y 2 de profundidad máxima.

Pilón-abrevadero (Arcones, Segovia)



De acuerdo con los criterios explicados, para calcular la escorrentía debemos esperar una recolección próxima al 5% para 500 mm de precipitación. Es decir, 250 metros cúbicos por hectárea, por lo que necesitamos, como máximo, dos hectáreas de cuenca de recepción.

Para disminuir la evaporación, nos interesa una charca profunda. El riesgo para personas y animales, se suele solventar con la creación de zonas de profundidad variable. Deben ser bajas en zonas periféricas y con pendientes adecuadas para salir por el propio pie de la charca. La fórmula que permite mayor calidad del agua, del humedal y el mínimo riesgo es cercar la charca y anexarle un abrevadero para el ganado. Para disminuir la evaporación también nos interesan las plantaciones de árboles poco exigentes en agua y de buen porte en su contorno. En especial por sus orillas meridionales prioritariamente, y en segundo lugar por el Oeste y por el Este. Las pantallas arbóreas disminuirán la velocidad del viento sobre la lámina de agua y por consiguiente su poder desecador.

Los materiales resultantes de la excavación se aplicarán en las cotas más bajas para construir el dique de gravedad que cierre la charca o los caballones perimetrales. La capa de suelo superficial se retirará y se utilizará de nuevo para cubrir los taludes y diques, y que estos se regeneren de forma natural. El fondo de la charca se impermeabilizará por compactación si los suelos existentes tienen una buena capacidad en este sentido.

Las zonas susceptibles de ser colonizadas por vegetación acuática de interés, retranca y colas del microembalse, se protegerán del pisoteo del ganado con cerramientos adecuados para estos fines. Es importante la construcción de pilones asociados a las balsas para no degradar el agua con el pisoteo y el excremento del ganado.

6.4.- ACEQUIAS, CACERAS, AZUDES, CANALES, REGUERAS..

Existe toda una amplia terminología en nuestro país para definir estos sistemas tradicionales de conducción de agua y manejo de la misma. Se trata en cualquier caso de canales de conducción realizados tradicionalmente con materiales naturales de piedra, ladrillo o zanja de tierra, con todo un sistema de compuertas y distribución de agua muy complejo y que han perdurado en uso (o abandonados), hasta nuestros días. Son los caminos del agua, para unir las zonas de recolección con las zonas de uso. La fuente original pueden ser neveros, arroyos y ríos de montaña, embalses, etc. Los sistemas tradicionales más sencillos son fuente de innovación e inspiración para la puesta en marcha de acciones de Agua Forestal. En estos casos su utilización va asociada a los paisajes con precipitaciones suficientes para tener una vocación recolectora, trasladando el agua a puntos de la propiedad donde la productividad a través de riego alcance su máxima eficiencia.

Destaca la gran complejidad de redes de canales en algunas de las montañas ibéricas como en el sur de la sierra de Gredos, o en Sierra Nevada (Granada y Almería), con kilómetros de complejas canalizaciones (se han censado hasta 500 conducciones aquí en la vertiente sur de Sierra Nevada), que convertían en paraísos regados amplias zonas y cortijos (oasis verdaderos), en medio de unos paisajes áridos y uniformes.

Los paisajes tradicionales generados por estos canales de riego han facilitado el establecimiento de culturas enteras desde el origen de la civilización, y se han empleado generaciones en realizarlos. Nos referimos a los paisajes en mosaico que generan prados donde alternan con setos y bosquetes, matorrales, pastos y cultivos, todo ello irrigado por sistemas de caceras que transforman el paisaje y crean riqueza y

diversidad, donde solo había una formación vegetal homogénea. Muchos de estos sistemas complejos están perdidos, pero podrían recuperarse y seguirían siendo válidos y eficientes.

Desde el punto de vista del conocimiento tradicional, destacan los sistemas colectivos de gestión de estos canales y riegos y su mantenimiento, regulados por leyes muy antiguas, algunas de ellas no escritas, sino de transmisión oral, de generación en generación. La limpieza y mantenimiento de canales y caceras era un trabajo colectivo que se realizaba antes de la irrupción de la primavera, asociado muchas veces a fiestas o celebraciones. Igualmente la utilización del agua para riego particular estaba regulada (y lo sigue estando), por acuerdos pactados muy antiguos, en cuanto a los tiempos de uso del agua y regulación de las tomas.

Cacera histórica ya perdida en Extremadura

El embalse de Cornalvo en Merida es una





construcción de origen romano, donde a partir de un canal de captura de una cuenca aledaña, la cuenca receptora del embalse se duplica

Muchas veces este tema era motivo de conflictos y rivalidad. Todo esto se ha perdido completamente en muchas zonas de pueblos semiabandonados o de gran despoblación. La llegada de agua corriente en las casas también acabó con estos centenarios sistemas de regulación y control del riego.

La palabra gavia tiene diversos significados, en determinadas zonas de Extremadura son también los canales de riego o conducción de aguas. Sin embargo gavia en canarias y en concreto en Fuerteventura no sólo designa al sistema de canales y superficies de captación, sino que define todo un conjunto o paisaje de explotación tradicional en zona árida muy ingeniosa e inteligente para sacar el máximo rendimiento a la poca agua disponible.

Reguera es el nombre que reciben las acequias al menos en la Sierra de Guadarrama, en ambas vertientes. Había la costumbre de limpiar las regueras por parte de los vecinos, como trabajo colectivo de los hombres. En la localidad de Braojos, de la Sierra Norte de Madrid, en primavera se limpiaban todas las regueras de la Dehesa Boyal, los vecinos se reunían para esta labor. Los que realizaban la labor por primera vez estaban obligados a grabar una cruz en un fresno enorme que allí había, donde se reposaba y se comía al final del trabajo. Había dos fresnos muy grandes denominados precisamente "De la Reguera", de los cuales sólo subsiste uno, plagado de cruces grabadas en su corteza.

A veces les dicen también regajos, aunque en realidad un regajo o *reajo* es un pequeño arroyo o depresión del terreno por donde circula el agua cuando llueve abundantemente, son lugares ideales para captación de escorrentía en lugares de montaña. La toponimia está llena de estos términos en el Sistema Central, para pequeñas zonas en depresiones o pequeños arroyos temporales.

Azud es palabra de origen árabe que significa canal o cañera, pero en algunas zonas el azud específicamente es un sistema que recoge aguas superficiales, que se construye en el lecho de ríos o barrancos. Se trata de un recrecimiento del lecho que desvía el agua por una acequia diseñada para transportar el agua a través de ella a molinos, a huertas o incluso a poblaciones que de otra manera no podrían tener acceso directo a la misma. Es un sistema que no consume energía al aprovechar los desniveles existentes en los territorios. Suelen construirse con materiales muy resistentes y robustos para que soporten la fuerza de las avenidas en épocas de lluvias.

6.5.- TERRAZAS, BANCALES, CABALLONES y ALBARRADAS

Las terrazas y bancales tradicionales, tan importantes en muchas zonas de nuestro país, no sólo eran unos sistemas de cultivo en montañas y creación de suelo en sitios inverosímiles, sino que también suponían un sistema de ralentización del agua de escorrentía por las laderas y de retención en ellas por el propio suelo. Otros nombres que reciben son los de hormas, paredes, paratas, andenes, y en Baleares, marjades, marges, parets (Ibiza). Albarrada es nombre que se aplica a las paredes hechas de piedra seca. El sangrador (nombre curioso), es el sector del bancale por donde sale el agua sobrante o pasa al siguiente bancale.

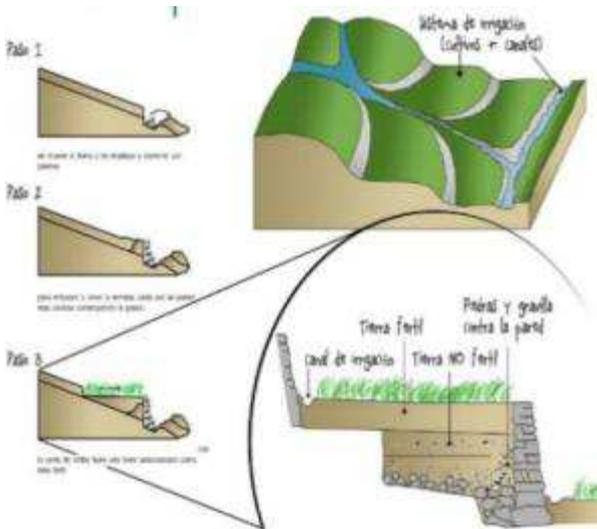
En cuanto a área geográfica destacan especialmente algunas zonas de país donde forman extensos paisajes que nos recuerdan que hubo un tiempo, donde cualquier palmo de terreno se aprovechó, con un trabajo ímprobo por parte de nuestros antepasados. Destacan las islas del Mediterráneo y las Canarias, y muchas zonas de Levante y sierras interiores orientales, como la zona del Maestrazgo, y Rincón de Ademuz. En el occidente peninsular destaca el sur de la Galicia mediterránea (Orense, Miño, Portugal, El Bierzo), Los Arribes del Duero, Jerte), y en general por toda nuestra geografía. No digamos en Andalucía, en zonas de las serranías de Ronda o Sierra Nevada, etc. Destacamos el esplendor del paisaje de bancales en los Valles de Guadiato y del Genil, en Lobras o en todas las Alpujarras.

Se trata en definitiva de técnicas de eliminación de la escorrentía a partir de la infiltración y la creación de suelos que retengan el agua. Se trata de transformar agua de escorrentía en agua útil para producción vegetal y eliminar la erosión y pérdida de suelo, invirtiendo el proceso de desertización.



Foto aérea retocada de bancales en el Valle del Jerte, comarca de precipitaciones elevadas.

Los bancales son un sistema de cultivo en escalones o terrazas sobre laderas. Generalmente se plantan con especies arbóreas como olivos, almendros o cerezos. Se construyen de manera manual a partir de la creación de muros de mampostería en seco asociados a las laderas. Se inician con la excavación de una zanja de tamaño acorde con las dimensiones del muro y la piedra disponible, donde se coloca la primera hilada de piedras, siempre las más grandes, que van a hacer de cimiento y anclaje. Según se va elevando el muro de mampostería, el tamaño de la piedra disminuye. El espacio generado entre muro y ladera se va rellenando de diversas capas de tierra, para la creación de un suelo profundo y de calidad. Generalmente las capas inferiores se rellenan con gruesos y materiales que permitan una buena aireación y drenaje, dejando la zona superior para el aporte de tierra vegetal o fértil. Esta última capa se obtiene de la superficie de la ladera que se está modificando o bien se va mejorando con el tiempo. Colindante con el muro por su cara interior, se incluye piedra o ripios sueltos, que sirven de capa drenante y que distribuyen mejor las cargas a las que está sometido el propio muro.



La estabilización de los bancales se puede favorecer con la plantación de especies apropiadas: algarrobo, almez, olivo, higuera, almendro, azufaifo, chumbera, pitera, aloe, etc.

En muchas regiones españolas de montaña, existen bancales históricos y tradicionales en un franco proceso de deterioro o con un bajo nivel de conservación. La restauración de estos bancales requiere un proceso similar, pero más ajustado a la construcción de un muro de contención apoyado en una ladera. En estos casos se desmonta el bancale hasta los niveles no deteriorados, se perfila el talud descubierto y se reconstruye el bancale con todos sus elementos pero esta vez apoyándolo en el talud perfilado.

Los caballones es otro método de captación de escorrentía similar, pero en este caso realizado con tierra, siguiendo curvas de nivel. Existían de muchas formas, semicirculares, trapezoidales o encadenados. A veces se hacían mixtos de tierra y piedra.

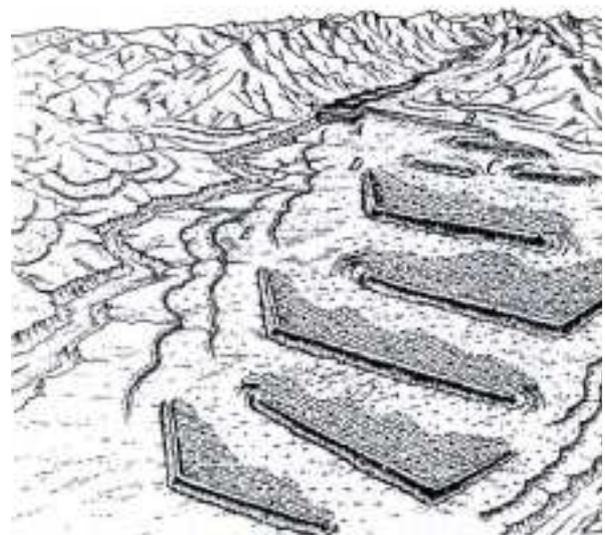
Destacan las "pozas" en la Sierra de Mágina (Jaén), todavía en uso en algunos lugares puntuales donde se mantiene el olivar tradicional. Se trata de caballones de tierra encadenados, con forma de media luna, donde el árbol ocupa la zona media del caballón. La técnica se llama "apoza" y vale

para recoger tanto la escorrentía como para el riego a manta

El concepto de albarrada es muy similar al de los bancales en cuanto a la construcción de un muro de mampostería en seco. La diferencia está en su ubicación en las pequeñas cárcavas y barrancos que se producen en cabeceras erosionadas de zonas áridas, sobre materiales deleznable y al mismo tiempo arcillosos que dan lugar a este tipo de erosión.

Como los muros de los bancales necesitan una cierta cimentación con zanja y piedras bases, así como un anclaje lateral a ambos lados de la vaguada o el cauce de características similares. Es recomendable colocar aguas abajo, un solado de piedra que evite su descalzamiento por efecto del agua.

La utilización del espacio aguas arriba suele ser para la revegetación con especies restauradoras. Otro tipo de muros de mampostería, bajos y extensos pueden utilizarse para desviar aguas de arroyada desde ramblas o vaguadas hacia zonas de baja pendiente o bien para frenar la escorrentía en extenso de laderas desnudas.



6.6.- BOQUERAS Y GAVIAS

Este sistema es típico de las ramblas áridas de Murcia y Almería y muy extendidos por todo el Mediterráneo. También se denominan "riego por turbias", irrigación dirigida, "cosecha de agua" o derivación de torrentes o *wadis*.

Consistían en que el agricultor salía cuando había tormentas (olvidando los riesgos y los peligros), y las ramblas se cargaban de agua, para abrir las boqueras o desviaciones existentes en las ramblas y así desviar parte del caudal a las tierras, bancales o lugares de acumulación. El sistema tenía la ventaja añadida de fertilizar los terrenos por las partículas y nutrientes que arrastra el agua (turbia).

Después de una precipitación intensa, las boqueras interceptan parte de las aguas de la rambla desviándolas, para después ramificarlas hasta llegar a los bancales o tierras destinadas.

Las boqueras se hacían de piedra y tenían que ser muy resistentes. A veces se hacían varias encadenadas en una misma rambla.

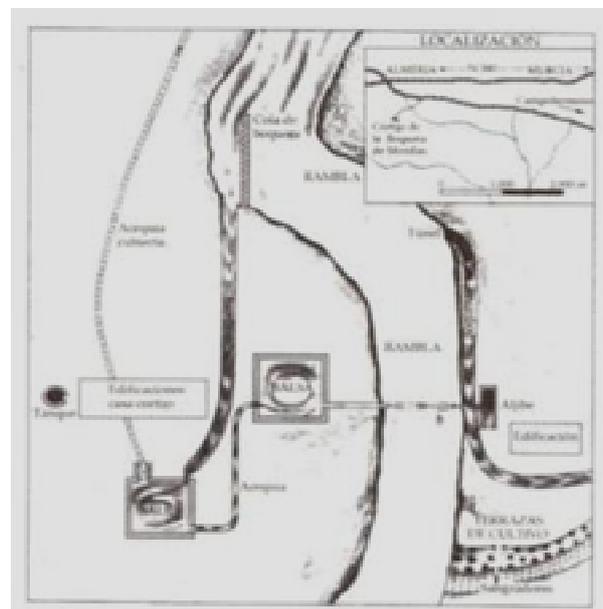
Ejemplos en la península hay muchos, destacan especialmente las ramblas de Murcia, Valencia, Alicante y Almería. Por citar sólo algunos ejemplo Barranco de Agost en Valencia, Rambla de Moro, Rambla Blanca, Rambla de Puerto Lumbreras, en Murcia, etc. En el Levante y sudeste peninsular, cualquier cauce era susceptible de una corrección hidrológica, con el fin de aprovechar sus aguas y de laminarlas en los bancales agrícolas para beneficio de las plantas cultivadas. La trascendencia de estos aportes esporádicos era tal en un medio semiárido, que el agricultor debía utilizarlos al máximo, no pudiendo dejar que se perdieran en el cauce de las ramblas.

El método consistía básicamente en la instalación de una presa en el lecho de estos

cursos fluviales de flujos circulantes intermitentes, generalmente de mampostería, que provoca la interceptación de una parte de la arroyada, la cual es desviada hacia un canal lateral que es el que se denomina boquera. Su distribución se realiza mediante una red de canales cuya complejidad depende de la importancia de la superficie a regar. En esencia constaba de una acequia principal de la que derivan los brazales encargados de dirigir las aguas hasta los bancales.

Es un sistema de irrigación que puede considerarse casi perfecto pues, incluso, estaba prevista la devolución del caudal sobrante, el cual retornaba a la rambla o a otras acequias de riego y permitía su aprovechamiento aguas abajo. La importancia que estos caudales ocasionales tenían para estas sociedades de base agrícola configuró sistemas de cierta complejidad, ya que era frecuente la instalación de diversas presas a lo largo de un mismo barranco.

Complejo hidráulico. Cortijo "Boquera de Morillás". El patrimonio tecnológico de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia (1997)



En el lecho de la rambla de Vergeret, entre los términos municipales de Alicante, Busot y Xixona, por ejemplo, existieron un total de 17 sistemas de riego con boqueras (Hernández & Morales 2013).

Los sistemas mixtos de boqueras y aterramiento de laderas eran frecuentes y se asociaban. Con su combinación se consiguen dos beneficios, aumentar los recursos hídricos y «controlar» las pendientes. El empleo del aterramiento es, quizás, la expresión más directa de la necesidad de conservar el suelo y la humedad en áreas de montaña. Siendo considerado como uno de los sistemas más antiguos y eficaces para disminuir la erosión al modificarse el régimen hidrológico de la ladera mediante la construcción de parcelas escalonadas con superficies horizontales o subhorizontales, que provocan una modificación de las pendientes y del flujo circulante por las mismas, ya que dada su ligera inclinación hacia el interior de la parcela se favorece la percolación. Con este sistema, el suelo es capaz de retener una parte importante de los volúmenes aportados directamente por las precipitaciones o por la escorrentía, al tiempo que se evita la pérdida de suelos generada por una circulación libre de las aguas. Las terrazas remontan así las pendientes como graderías que ascienden en ocasiones hasta la misma cumbre y, como norma general, hasta el límite ecológico de los cultivos (Hernández & Morales 2013).

Gavias en la isla de Fuerteventura



Diferentes colectivos se han planteado en las últimas dos décadas hasta qué punto sería factible la restauración y el mantenimiento de los antiguos sistemas de aterrazamientos y riegos por boqueras, desde el punto de vista de las ventajas que aportan al medio cultural respetuoso con el físico (conservación de suelo, recarga de los acuíferos, laminación de las ondas de crecida, etc.), pero también desde una óptica económica (diversificación de las actividades económicas vinculadas a la conservación de estos paisajes), y cultural-patrimonial, muchas veces minusvalorado.

En este sentido, lo realmente abrumador de los procesos de desorganización de estos paisajes, es el abandono que se genera, pues, un paisaje que ha tardado siglos en configurarse, que es el resultado del esfuerzo y sacrificio de muchas generaciones, se está destruyendo con tal rapidez que, si no se adoptan las medidas oportunas con prontitud, se perderá irremediablemente (Hernández & Morales 2013).

LAS GAVIAS DE FUERTEVENTURA

Se trata no sólo de un sistema de recolección de agua o de irrigación, sino de todo un agrosistemas de gestión de medios hiperáridos en Fuerteventura.

Son parcelas de cultivo rodeadas por un caballón de piedra o tierra, reforzados con la plantación de taráis, higueras o aebuches, etc. A ellos se conducen las aguas de escorrentía mediante unos canales llamados caños o recogederos. Cada gavia tiene un rebosadero para evacuar el agua sobrante hacia otras gavias inferiores. Las gavias de los barrancos recuerdan a las boqueras.

Es especialmente interesante la creación de bosquetes de árboles en los caballones centrales se utiliza con frecuencia el aebuche canario.

6.7.- VENTISQUEROS Y POZOS DE NIEVE

Son sistemas tradicionales de aprovechamiento de la nieve en zonas donde es posible porque su caída es periódica, o donde lo fue. Además de un sistema de aprovechamiento de la nieve compactada en forma de hielo, para almacenar agua, suponía la disposición de hielo en verano para conservar alimentos, hacer helados y refrescos, etc. En un tiempo en que nos existían los sistemas para fabricar frío artificial, estas construcciones eran de lo más ingeniosas. Se situaban en los collados de las montañas o en los altos. También a veces en las laderas en situación de umbría.

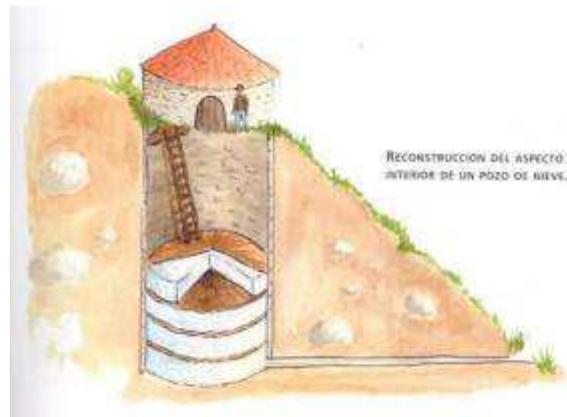
En origen se aprovechaban los ventisqueros naturales de las áreas de montaña con precipitación en forma de nieve. Estos podían ser cubetas naturales de origen glaciar, formados por la cabecera del glaciar, lugares donde más tarda en retirarse la nieve en época estival. A veces estas cubetas se asociaban a lagunas de origen glaciar. Generalmente están situados a sotavento de los vientos dominantes en invierno, donde el aire va acumulando gran volumen de nieve al ir barriéndola de las cumbres. El ventisquero era la denominación popular para estos lugares donde ir a buscar nieve compactada o hielo. A veces se favorecía artificialmente la pervivencia de la nieve dura compactando el ventisquero. Otras veces se aprovechaban oquedades naturales o simas para ir a buscar allí el hielo. Los ventisqueros, también llamados neveros, muchas veces perduraban de un año para otro.

El paso posterior es el pozo de nieve, que ya implica una construcción específica y muy bien diseñada al efecto. Los pozos de nieve se situaban en zonas bajas llanas y en medio de los pueblos, como es el caso del que existió en Las Rozas (Madrid), de gran tamaño o en algunos pueblos murcianos

(Bullas). Eran de tipología muy variada, normalmente redonda y muy profunda, en piedra, con cubierta superior ya fuera por una cúpula elaborada (Sierra de Alcoy y Mariola), o bien descubiertos.

La nieve se situaba en capas apelmazándola con estratos de vegetales, normalmente helechos o piornos entre medias, para diferenciar capas. Mucha gente trabajaba en estos trabajos duros, sobre todo para los que entraban en los pozos.

La nieve así compactada y apelmazada era convertida en hielo y duraba largo tiempo era una fuente de agua importante. Había todo un importante número de persona especializadas en el transporte de hielo, por caminos difíciles y en fuerte pendiente con ayuda de animales de carga: el hielero o *yelero*. La actividad llega a originar caminos tradicionales del hielo como el que existe en el sur de Gredos y que iba desde cerca de la cumbre del Almanzor hasta los pueblos de la base, salvando a veces hasta casi los 2000 metros de desnivel en este caso.



Dibujo tomado del Agua en Las Rozas de Madrid (Martín & al. 2010), donde existió un pozo de nieve grande en medio del pueblo

Se dice que estos sistemas elaborados de pozos de nieve no existieron antes del siglo XVII, pero esto no está confirmado y pueden ser anteriores. Son muy importantes en todas las montañas de Levante del interior desde Castellón a Murcia e igualmente en las

montañas andaluzas. Destacan los conjuntos de Sierra Espuña, o los de las sierras alicantinas como Alcoy o sierra Mariola. También los hay en la Cierra del Carche en Murcia, o en las de pueblos propiamente como Bullas. Muy importante a lo largo de nuestra geografía meridional y oriental.

Pozo de Nieve en la Sierra Mariola en Alicante



7.- PAISAJES DEL AGUA ARBOLADOS EN LA ESPAÑA MEDITERRÁNEA

7.1.- INTRODUCCIÓN

La ancestral lucha de los seres humanos por la captación y el manejo del agua para su supervivencia se manifiesta en la impronta del paisaje y especialmente en las zonas mediterráneas y desérticas de la Tierra.

Estos paisajes se han ido modelando a lo largo de generaciones en relación con el agua y su manejo, generando toda una cultura que gira en torno al necesario líquido y sus factores de conexión con las plantas y el medio. De manera que incluso en algunos casos hablamos de "paisajes del agua" en zonas originariamente áridas. Aquí existen paisajes generados como vergeles en lugares donde las precipitaciones medias son muy bajas y la habilidad del hombre para aprovechar la poca agua disponible los ha hecho posibles en el tiempo.

Los paisajes de agua se refieren a paisajes que responden a un manejo oculto del agua que da como resultado un paisaje mosaico en zonas donde solo habría matorrales subáridos y sierras peladas homogéneas. Por paisajes del agua entendemos en realidad aquellos paisajes que son producto resultante y perceptible de la combinación dinámica de elementos físicos, entre los cuales el agua es el más relevante, junto con los elementos de la influencia antrópica.

Los elementos que definen los paisajes del agua serían el mar, los ríos, los torrentes, las ramblas, los humedales, los estanques, lagos y lagunas, los deltas, las presas, los puentes, las acequias, los canales industriales, los molinos, y las huertas.

Encontramos magníficos ejemplos en los países mediterráneos, donde las relaciones

entre sociedad y agua han creado un conjunto de elevado valor ecológico, económico, cultural y simbólico, cada vez más apreciado.

Hoy en día la mayoría se encuentran en crisis de abandono, desaparición o cambio, por las variaciones en los usos del suelo. Su configuración va muy unida a las construcciones según la arquitectura tradicional de cada región, donde se encuentran la piedra, la pizarra, el adobe y la madera.

Se han venido denominando también paisajes culturales en general. Hagamos un repaso sucinto a los más importantes en relación a lo forestal y el manejo del agua. A continuación analizamos los principales agrosistemas forestales mediterráneos Ibéricos.

Dehesa de fresnos. Soto de Añe (Segovia)





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

7.2.- DEHESA. MONTADO

Sin ir más lejos, hablamos de nuestro paisaje mediterráneo más genuino, la dehesa, entendida esta como sistema aclarado del bosque mediterráneo para favorecer alternativamente el pasto, el cultivo de secano y el monte o matorral. Sería en realidad un paisaje ligado al aprovechamiento óptimo del agua en zonas muy concretas de encinares y otros bosques esclerófilos.

Se extiende por todo el cuadrante suroccidental de Iberia, y sube por el norte hasta Salamanca y Zamora, abarcando por el este hasta el extremo oriental de los montes de Toledo y Sierra Morena, coincidiendo en general con las zonas de suelos silíceos del escudo occidental hercínico ibérico. En Portugal se denomina "montado". Es una formación que evoca el equilibrio hombre-naturaleza, símbolo de lo armónico en el mediterráneo. Hablamos también en general de paisajes mediterráneos de tipo "parque", en general, esto es, donde el arbolado queda salpicado entre el pasto, método óptimo de aprovechamiento del medio y de la gestión del agua de lluvia. Este tipo de paisajes pueden tener otros árboles como protagonistas y en este caso hablamos de otros tipos de paisajes adeshados o "parque". El nombre "monte hueco" también es utilizado en algunas ocasiones. Se aprovecha el agua según la topografía

alomada, sutilmente, mediante sistemas alternantes de vaguadas y altos, aprovechado los primeros para la posible construcción de balsas ganaderas o pequeños embalses. En la terminología local se habla de vaguadas, bajíos, posíos, baenes, bonales, etc.

Hay variantes diversas. Normalmente el arbolado dominante es la encina por antonomasia, pero puede haber dehesas de alcornoque mixtas de encina y alcornoque, y también existen dehesas de roble melojo o de quejigo, o mixtas entre dos o más de las quercíneas mencionadas. A veces participan otros árboles como acompañantes o incluso codominantes en estas dehesas, tales como fresnos, enebros, etc. Se trata de un muy interesante paisaje que maximiza el agua disponible y soporta el periodo de déficit hídrico mediante rotaciones del ganado para pastar.

Raramente se presenta en suelo calizo pero también es posible, existiendo algunas dehesas raras de este tipo en Guadalajara y Cuenca, de encina, de quejigo o de roble. Muy raramente existen también dehesas de pinos (*Pinus pinea*, *P. halepensis*), como las llamadas *Marines* de Levante y Baleares. Véase también otros agrosistemas tipo parque como el soutu, el sabinar, la dehesa de fresnos, etc.

Dehesa extremeña de encina. La Siberia (Badajoz)



7.3.- PAISAJES MEDITERRÁNEOS EN MOSAICO O MALLA. "BOCAGE", BARDERA Y OTROS

En la montaña mediterránea tenemos los bocages o mosaicos, aunque la mayoría de las veces no reciben un nombre específico. Es un paisaje muy extendido en todo el Sistema Central, destacando los valles del entorno de Gredos, Guadarrama, Sistema Ibérico o Cordillera Cantábrica (vertiente sur), como los más importantes.

Destaca aquí el manejo del riego y las acequias para crear praderías tan reticuladas. Se desvían controladamente los arroyos y ríos siguiendo curvas de nivel para reconducir el agua y regar prados y pastos manteniendo el arbolado en los setos, así como el matorral. Hay una gran diversificación de medios con alternancia de pastos de siega y diente, cultivos, huertas y bosquetes, dando lugar a un amónico paisaje muy productivo, donde se genera riqueza en hábitats diversos, que de otra forma estarían cubiertos por una formación vegetal homogénea. Como resultado se origina una naturaleza muy diversificada que crea más riqueza que el propio medio natural sin el hombre, permitiendo la convivencia de seres humanos, flora y fauna silvestre.

La palabra bocage es de origen francés, pero se utiliza muy frecuentemente en las ciencias del paisaje para definir estos paisajes, ya que no existe ningún término específico en castellano para definirlos.

"Bardal" o "bardera" es una variante del anterior dominado por el roble rebollo o roble melojo. La gran extensión que ocupan los robledales mediterráneos (sobre todo *Quercus pyrenaica*), han dado lugar a unos paisajes en malla o mosaico de este tipo que en algunos lugares denominan bardas o barderas. Aunque la palabra bardal puede tener otros significados, como zarzal o

maleza de zarzas en Cantabria. Son un tipo de paisaje muy extendido en las montañas mediterráneas de Castilla y León.



Paisajes en bocages o mosaico. Villatoro (Gredos. Ávila)

Estos paisajes cuentan con pastos muy productivos, de diente y a veces de siega, con transformación de suelos generados por el manejo del agua y el ganado autóctono. El agua se mueve por gravedad, manejando los ganaderos las cañeras adecuadamente. Zonas bajas encharcadas en invierno con pastos perennes de siega, que permanecen verdes y frescos en verano (llamados también en algunos casos "bonales"). La hierba se siega en el mes de junio.

7.4.- OTROS PAISAJES TIPO "PARQUE"

DEHESA DE FRESNO PURA O MIXTA

Se trata de otro paisaje de tipo parque que ocupa pequeñas superficies. Es una fresneda mixta con roble o a veces incluso encina u otros árboles como olmos y arces. Es una variante del anterior sistema de mosaico, pero propia de Gredos, Guadarrama y montes carpetanos, alcanzando los Montes de Toledo.

En la fresneda adehesada, los árboles son manejados culturalmente por los ganaderos y muy podados con la técnica de "cabeza de gato" o "cabeza" simplemente. Son como dehesas normales pero con pastos más frescos de tipo majadal y vallizar, dominadas por este árbol muy productivo para el ganado y de uso integral, al igual que ocurría con la encina en las dehesas más típicas. En Segovia reciben el nombre de sotos.

TIERRAS DE PINARES. DEHESAS DE PINO PIÑONERO

Agrosistemas repartidos por varias áreas de la zona centro y este del país, algunas de ellas llamadas con esta denominación de Tierra o Comarca de Pinares. En estos lugares todo gira en torno al pino (diferentes especies según clima y suelo).

Tierra de pinares vallisoletana



En todos los casos son sistemas multifuncionales de explotación del medio, centrados en el árbol principal de la comarca que suele ser el pino negral o resinero (*Pinus pinaster*), pero también, en otros casos, pinos más serranos, como el pino silvestre, el pino laricio, el pino piñonero o el carrasco.

El pinar y su explotación tradicional ya sea para resina, madera, piñón etc., alterna con cultivos y pastos, siendo a veces refugio en las cuencas de los ríos de otros tipos de bosque y valles mucho más húmedos que crean diversificación y favorecen la biodiversidad.

Destaca la Tierra de Pinares de Segovia, que también penetra en Valladolid y Ávila (Arévalo), por su extensión y desarrollo, desarrollada en gran parte sobre sustratos arenosos (dunas continentales), con abundancia de agua en el subsuelo y existencia de gran cantidad de humedales continentales o criptohumedales. Forma un conjunto con personalidad propia y de integración hombre-naturaleza, de los que estamos comentando.

Variante de esta es la dehesa de pino piñonero que aparece puntual en algunas zonas de las provincias de Ávila, Segovia, Valladolid y Madrid; también en Castilla-La Mancha en la zona de La Manchuela (Cuenca y Albacete), y más al sur en el entorno de Doñana (Huelva), y Cádiz. Se trata de un típico ecosistema parque donde alternan arbolado disperso, con pastos anuales y perennes. Resistiendo sequías importantes y gran termicidad.

Muchas veces las comarcas de pinares alternan con paisajes de tipo estepario o cerealistas.

SABINAR O BOSQUE PARQUE DE *JUNIPERUS*
Ocupa pequeñas zonas de la mitad interior oriental de la península. Genera unos



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA
emplea
verde
2007-2013



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO
ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

paisajes bellos de gran resistencia a la continentalidad y a la falta de precipitaciones en verano. Ha evolucionado con el ganado de tipo ovino sobre todo. Se trata siempre de bosques muy aclarados con sectores de matorral y rosaleda espinosa. Actualmente en zonas muy despobladas con abundante regeneración de los *Juniperus*.

*Valle del Duratón, con paisajes de hoces segovianas dominados por pastizales ricos pero agostantes y bosques abiertos de enebro de *Juniperus thurifera*. Paisaje mixto con barranco u hoz caliza. (Carrascal del Río, Segovia).*



7.5.- PAISAJES ABANCALADOS MEDITERRÁNEOS TRADICIONALES: MARJALES y MARGES EN BALEARES

En realidad por toda la zona mediterránea encontramos estos paisajes, más abundantes en los terrenos calizos, al igual que abundan en paisajes de montaña media y zonas marginales con economía de subsistencia. Cuando están bien organizados, son un modo muy inteligente de gestionar las laderas, favorables a la agricultura, contra la erosión y para la repoblación forestal. Resultan muy costosos en su elaboración. A veces ha llevado varias generaciones configurarlos.

En Baleares es un paisaje muy conocido y común, con diversas variantes según los tipos de muro, que suelen ser siempre de piedra sin cimentación o "piedra seca". Constituyen unidades llamadas "marges", "marjales"; "pareds" (Ibiza), "cap de sec", etc. Hay muchas tipologías de construcción de bancales, ya sea en mampostería de piedra seca o con mortero, siendo un oficio muy especializado y difícil.

Paisaje abancalado del Miño. Galicia mediterránea
Hoy en día los bancales integrados son un



sistema de optimización del agua y el terreno totalmente vigente y no debemos dejar perder lo que queda de esta magna obra. Se pueden restaurar con maquinaria moderna, ya que así no es tan complicada su restauración y creación de otros nuevos. Eso sí, deben hacerse bien, completos, sellados, con aliviaderos ("sangradores"), etc.

El tiempo los va integrando en el paisaje el manejo de las plantas silvestre es importante en su integración y mantenimiento. Entre los árboles interesante para sellar estos bancales y fijarlos destacan el olivo, el acebuche, la higuera, el almez, el algarrobo, el almendro y otras plantas como los *Agaves* (pitas o piteras), *Opuntias* (chumberas o tunas), *Yuccas* o *Aloes*. Todos ellos además son de gran interés para la avifauna silvestre.

Son cultivos muy apropiados el olivar, el almendro, la higuera, o la viña, formando parte de los tradicionales cultivos leñosos de lo que podemos llamar la trilogía leñosa mediterránea: el olivar, la almendrera, el viñedo. Recientemente en Castilla-La Mancha se introduce el pistachero en bancales con bastante futuro.

Los paisajes abancalados son también muy mosaicistas por naturaleza. Los propios bancales crean las separaciones, pero muy corrientemente forman mosaico con paisajes de las estepas cerealistas o paisajes de hoces y cantiles calizos mediterráneos. Son sistemas integrados en malla con alternancia de pastizales, bosques y cantiles formando un todo armónico y muy bello.

Casi todos estos paisajes se encuentran en crisis por su abandono y baja valoración en los últimos 40 años, aunque en la actualidad se han empezado a revalorizar e incluso se han elaborado planes de recuperación, en zonas como las Islas Baleares.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

7.6.- EL OLIVAR TRADICIONAL, EL CORTIJO O ALQUERÍA Y OTROS AGROSISTEMAS TRADICIONALES

EL OLIVAR

Paisaje de olivar dominante tradicional. Sistema basado en la dominancia en el paisaje del cultivo de olivo (razas antiguas), que mantenido en forma de cultivo alternaba con otros cultivos de frutales, como higueras, huertas o secano.

En los últimos 30 años ha sido poco a poco sustituido por el olivar en explotación intensiva con goteo, que actualmente ocupa más del 70 % de las explotaciones en Jaén, por ejemplo. Sistema mucho más productivo y eficiente pero que ha acabado con un ecosistema completo que generaba el olivo tradicional. Actualmente es un mero cultivo de olivos manejados y cada vez más automatizados en cuanto a riego, y producción.

El olivar es un paisaje de tipo parque, definido por una especie que dibuja con exactitud el área mediterránea, manejado desde milenios y que se encuentra en una profunda crisis de cambio en toda su área. Su antepasado silvestre, al acebuche, llega a formar igualmente masas puras en el sur de la península ibérica y norte de África, que han sido adehesadas desde antiguo, ocupando lugares donde la precipitación es muy baja, pero donde los suelos arcillosos retienen la humedad del invierno largo tiempo.

Los enfoques de Agua Forestal, para recolección y manejo de escorrentía tienen una gran aplicación en este agrosistema. Las precipitaciones de las tierras de olivar son suficientemente altas como para aplicar el Agua Forestal recogida como agua de riego y amortizar las inversiones necesarias para poder manejarla.

UNIDAD CORTIJO O ALQUERÍA DEL SUDESTE ÁRIDO

Nos referimos a las unidades de explotación del medio en sierras semiáridas del Sudeste, desde Alicante a Málaga, por ejemplo en la sierra de Almagrera, Alhamilla o Almenara, etc., esta última en Murcia. Constituían antiguamente verdaderos vergeles u oasis en estas montañas áridas del sudeste español.

Son unidades de explotación hoy casi abandonadas, formadas por varias familias que cohabitaban allí y explotaban el medio, aprovechando hasta la última gota de agua, con sistemas combinados de bancales, acequias y aljibes, jugando con la topografía y las barranqueras.

Es un mundo prácticamente desaparecido y modélico en cuanto al aprovechamiento del agua, y también presente en todas las montañas del Norte de África.

Se trata de un paisaje en ausencia casi total de arbolado espontáneo, pero con un gran número de especies manejadas y apropiadamente plantadas en torno a la explotación tales como palmeras, algarrobos, higueras, almeaces, ginjoleros o azufaifos, etc. Se puede hablar incluso de un "milagro del sudeste", casi perdido en la actualidad.

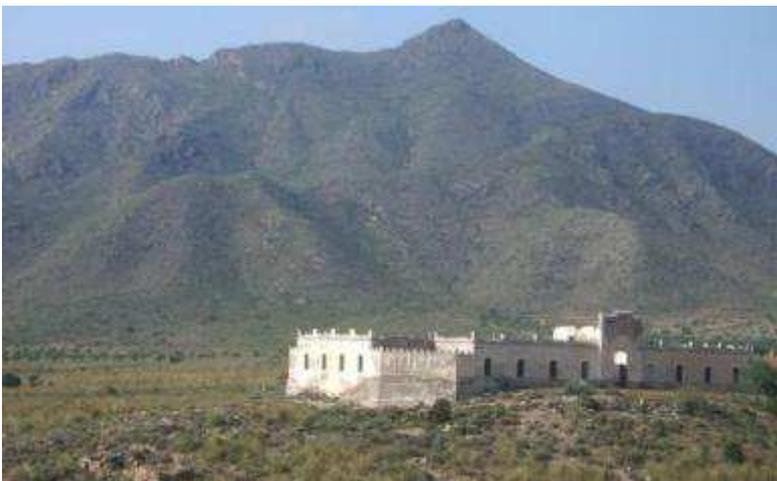
Olivar tradicional



OTROS AGROSISTEMAS MIXTOS

Existen otros sistemas mediterráneos tradicionales difíciles de encuadrar por su carácter mixto, pero con múltiples recursos y diversificación, siempre girando en torno al aprovechamiento del agua como factor limitante. Citamos de pasada los siguientes:

- El algarrobar levantino interior de secano adehesado, fue sustituido a partir del siglo XIX y XX por el cultivo de cítricos, que en una primera fase también generaron unos paisajes tradicionales con manejo de regadío que llamamos naranjal valenciano, que hoy está prácticamente tecnificado y convertido



en un cultivo puro. Quedan restos de los algarrobales adehesados en la plana castellonense y en el interior de Valencia, en la franja costera interior.

- La estepa cerealista castellana. Combinada o alternando con los anteriores tipos. Se caracteriza por una ausencia de arbolado permanente, salvo algunos árboles muy aislados, y chopos y sauces en los cauces destacando en el horizonte. Se construyen majanos de piedra para eliminar las piedras de los cultivos. Ostentan una gran riqueza de fauna. El espartal sería una variante de la mitad sur, de gran interés en cuanto a su valor antierosión de grandes precipitaciones y avenidas. Algunas personas suelen pensar que estos agrosistemas son muy pobres y

desérticos, no obstante son lugares productivos y de interés natural, a pesar de su aparente monotonía, cambiante a lo largo del año. Ocupan enormes extensiones de nuestro país; la Tierra de campos de la Cuenca del Duero es un buen ejemplo.

- Páramos y alcarrias. De alguna forma similares a la estepa cerealista, forman tierras esteparias continentales manejadas desde antiguo y dedicadas al ganado básicamente. Dan como resultados igualmente panoramas visuales de tipo estepario ibérico en su variante fría. A veces asociados o alternando con el sabinar ya comentado al hablar de los agrosistemas tipo "parque".

El paisaje que contemplamos es un reflejo de la salud de los ecosistemas, pues la sabiduría milenaria de manejo del mismo ha generado estos agrosistemas muy eficientes, que tenemos el deber de preservar. Se observa una dramática pérdida de este patrimonio de capacidades para gestionar estos medios tan diversos del territorio y que todavía tendrían mucho que enseñar para el futuro. No se trata por tanto de un patrimonio histórico y sentimental para estudiosos, sino de una realidad para el presente y el futuro, que hemos de recuperar, aunque utilizando técnicas más modernas y maquinaria

7.7.- TERMINOLOGÍA POPULAR DE LOS HUMEDALES MEDITERRÁNEOS: BONALES, BAENES, TRAMPALES Y NAVAS.

Abrimos, con este, dos capítulos de gran interés para el trabajo de campo en Agua Forestal. Son relativos a la terminología popular sobre humedales mediterráneos y a la toponimia de similar contenido. Nos ayudarán a conocer e interpretar el espacio sobre el que vamos a trabajar, bien a través de las consultas a los trabajadores locales, bien con el estudio de la cartografía actual y antigua disponible. A continuación pasamos a exponer el tema sobre terminología.

Es muy rico nuestro vocabulario popular sobre el agua y los humedales y se refleja en multitud de expresiones y términos locales, algunos de ellos incluso pertenecientes al lenguaje oral. Existen diversos términos para expresar la humedad del terreno, o bien una topografía favorable a la acumulación de agua, o suelos que tardan mucho más en secarse de lo habitual, etc. Vamos a dar sólo algunos ejemplos para dar una idea de esta riqueza de léxico y expresión, que sugiere que a pesar de ser un país mediterráneo el agua es uno de los principales centros de atención de la cultura popular. Bajo la aridez muchas veces se esconde una verdadera cultura del agua reflejada en su lenguaje.

Algunos términos seleccionados como muestra, para designar estos lugares son:

Aguachal
Aguazal
Baenes
Bahen, baén
Bahenes
Boalo, boalar
Bodón
Bodonat
Bonat, bonales
Charca

Chorchal, chorchales
Chortal
Ciénaga
Estanque
Gándara
Gándara
Labajo, lavajo
Laguna, lagunilla
Lamedero
Lamiza
Marjal
Masegal
Nava
Ojos, Ull
Pajonal, pajonales
Paular
Piéago
Posíos
Poveda
Povolar
Regajo
Sevellar
Tolla
Toscal
Trampal, trampales
Trampalones
Trampil
Tremedal
Vahen

Comentamos más ampliamente tres de estos términos por su interés en las zonas mediterráneas, importantes en la búsqueda de agua en ambiente mediterráneo y protegidos por la Directiva Europea, por lo que no deben ser nunca destruidos:

Suelo rico en MO de un bonal extremeño



Los bonales son terrenos húmedos o cenagosos, difíciles de transitar, inmersos en condiciones topográficas favorables, en pleno mundo mediterráneo. La palabra se aplica en algunas zonas de Castilla La Mancha y Extremadura como sinónimo de trampal o pajonal. Son turberas incipientes, que cobran un gran valor por estar insertas en pleno ambiente mediterráneo seco. Pueden ser ácidas o básicas, y presentan en ambos casos una flora peculiar. Más en el norte, en Castilla y León tienen un significado más de prado siempre húmedo situado en zona baja, asociado a manantiales, pero no especialmente turboso, aunque también lo puede ser. En Gredos (Ávila), es un prado de siega húmedo con buen pasto y buena producción de hierba.

Posibles significados de los términos bonal o bonales:

- En el norte (submeseta norte): prados especialmente húmedos y productivos por estar en situación baja favorable con aporte de agua todo el año.
- En el sur (Castilla La Mancha y Extremadura): zona o enclave turboso, turbera o trampal mediterráneo.

Diversidad florística asociada a estos lugares.



La palabra bonal está en relación o procede de la palabra bodón: Bodón >> bodonales >> bohodon >> bohonales >> bonales.

La palabra bodón se suele aplicar a "charca que se seca en verano", "lugar encharcable temporalmente". Palabra relacionada con buda: enea o espadaña (*Typha*). En Castilla la Mancha (Tablas de Daimiel) hay una planta que llaman bon y se usa en cestería.

Las turberas neutras o básicas del sur de la provincia de Ciudad Real tienen gran interés por los lugares donde están situadas, con carácter relicto. Destacan y están protegidas (LIC) con el nombre Bonales del Guadiana (Castilla la Mancha). Entre otras especies de interés destaca la presencia de *Myrica gale*, arbusto propio de estos medios en el norte de España y Europa.

Badén / badenes = bahén, baén Palabra relacionada con bonales, que procede de bajo, bajío: zona de pastos de zona baja donde se acumula la humedad. En otras interpretaciones se dice que procede del árabe, significando zanja de lluvia. Área baja o deprimida que se mantiene húmeda por la surgencia de agua subterránea y soporta pastos tardíos (González Bernáldez, 1992)

En los bonales y baenes el pasto no se agosta en verano o raramente, por lo que es un punto de humedad seguro con querencia por parte del ganado. Son los sumideros de la precipitación anual y muy importantes puntos de recarga del nivel freático y de los acuíferos.

Trampales es un nombre que se aplica a lugares similares a los bonales pero en determinados sitios de los Montes de Toledo. Destacan los que se encuentran en el Parque Nacional de Cabañeros y alrededores y Sierra de Villuerca.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Se detectan por la presencia de la gran gramínea *Molinia coerulea* (masiega o mansiega), *Carex paniculata* subsp. *lusitanica* o *Carum verticillatum*, *Sphagnum* spp. (musgo de turberas), *Drosera*, *Pinguicula*, *Erica tetralix*, *Schoenus nigricans*, *Myrica gale*, etc. También se usan los nombres de trampil, bahen o baén en Extremadura para estos lugares.

En la mitad norte (submeseta norte), la palabra trampal tiene más el significado de turbera verdadera de esfagnos, pudiendo considerarse sinónimo. Muchas especies de flora son comunes. Hay un gran número de nombres para aludir a estos enclaves tan importantes para la detección de aguas subterráneas y su posible aprovechamiento. Otros nombres populares aplicados a estas zonas higroturbosas son:

- Tolla, tolo en la Sierra de Guadarrama y zona centro
- Laguna, lama o lamiza en Cantabria y quizá otras zonas del norte
- Tremedal, en Aragón y otras zonas
- Tembleda, tremedera.
- Pajonal, en Extremadura
- Paular, paul, en centro y sur
- Gándara, gandullal, gandullar, norte y noroeste, Galicia.
- Otros: zanguan, chorchal (Sierra Mágina)

El término *sevellar* es un localismo extremeño muy original que indica depresión geográfica formada por el agua subterránea. Son sumideros del agua de lluvia y de escorrentía y su principal valor es para la conservación de la biodiversidad, por tanto deben estar preservados de explotación. La normativa de Directiva Hábitats europea protege este hábitat, como de interés para la conservación.

Nava/s. Palabra prerromana de muy diversos significados, pero todos relacionados con el predominio de pastos húmedos o que retrasan su agostamiento

por situación topográfica favorable. A veces prado húmedo simplemente.

La palabra *nava* tremendamente popular en nuestro país tiene muchas acepciones, en la provincia de Ávila hay 22 pueblos que llevan la palabra "nava" (o como prefijo) en su denominación. Tiene que ver siempre con la riqueza de los pastos, aunque puede tener diversos significados: lugar de buenos pastos, majada de reunión de pastores y ganados, zona baja fresca de valle ancho con fondo plano o zona alta en montaña o en paramera que conserva pastos verdes en verano. Algunos ejemplos son: Las Navas, Navalsauz o Navalmaillo.

Seleccionamos definiciones de "nava" en González Bemáldez (1992):

- Tierra llana entre montañas o rodeada de estas o entre elevaciones, por tanto siempre húmeda o encharcadiza (mas o menos endorreica).
- Fractura de terreno granítico, hundido y con saturación de agua.



Navajo o labajo puede derivar de nava. Cuando llueve estos lugares son los primeros en acumular el agua de escorrentía y retenerla por lo que mantienen pastos perennes. Tiene un cierto carácter endorreico. Para su importancia y ejemplaridad, queremos destacar el excelente libro de F. González Bemáldez, 1992. *Terminología Popular de los Humedales*, donde se analizan la mayoría de los paisajes del agua mediterráneos e incluso de países más áridos. El libro se publicó como homenaje póstumo al autor. También analiza la percepción ambiental de la gente rural sobre este tema.

8.- CREACIÓN DE MASAS FORESTALES Y SELVICULTURA HIDROLÓGICA O DEL AGUA

A continuación desarrollamos una serie de epígrafes, eminentemente prácticos buscando que nos sirvan de referencia para la ejecución de actuaciones bajo el enfoque de Agua Forestal. Es importante destacar la palabra enfoque, pues no se trata de una disciplina nueva, sino de la aplicación de los contenidos de otras disciplinas tradicionales a un nuevo punto de vista donde el recurso hídrico pasa a ser esencial en la toma de decisiones.

Sobre algunos temas no se dispone casi de información, pero poco a poco la investigación está rellenando las lagunas existentes. Falta todavía un volumen de estudios suficiente en algunos campos y, en consecuencia, son objeto de debate. Por este motivo la norma principal de actuación

será la prudencia, el conocimiento intenso de la zona donde se va a actuar y la necesidad de contemplar cada actuación bajo todos sus efectos posibles. El recurso hídrico forestal es multivariable y complejo, y como tal hay que acometer cualquier trabajo sobre el mismo.

Las masas forestales están siendo observadas bajo un nuevo prisma que es su consumo potencial de agua y la influencia en el ciclo hídrico. Al mismo tiempo tienen consolidada una imagen de cuidado y mejora del mismo y se les reconoce un papel esencial en la protección de la biodiversidad. Por último los productos tradicionales del monte, como la madera, no son suficientemente valorados por los mercados y sus beneficios no son atractivos.. El sector forestal está en una encrucijada por lo que hay que fijar objetivos acordes con las necesidades futuras.



8.1.- FUNCIONAMIENTO HÍDRICO DE LAS REPOBLACIONES DE CONÍFERAS Y EUCALIPTOS

La masa típica de repoblación de coníferas es de edades comprendidas entre 40 y 50 años y corresponde a la frenética actividad repobladora de los años 60 y 70 del siglo pasado. Esta masa tipo tiene las siguientes características:

- Es una masa homogénea, generalmente de muy alta densidad, poco manejada, con gran acumulación de biomasa de la misma especie que constituye la repoblación.
- Están en un tramo de edad y desarrollo próximo a la necesidad de realizar las primeras claras importantes. El efecto de las mismas sobre el equilibrio del Agua Forestal, entre Agua Verde y Agua Azul, quedará determinado para los próximos 10/20 años.
- No presentan subpiso arbustivo y en gran parte de los casos, tampoco herbáceo, sino que el suelo está cubierto de pinocha.
- Desde el punto de vista de su comportamiento hídrico, suelen tener los porcentajes de interceptación más altos y la escorrentía es prácticamente nula.
- El equilibrio entre Agua Verde y Azul, está sesgado al máximo a favor del agua verde, apareciendo agua azul invernal, siempre que las precipitaciones superan los 450 mm.
- Su productividad está en entredicho, pero en aquellos lugares con precipitaciones superiores a los 600 mm, las actuaciones destinadas a favorecer el Agua Verde pueden obtener buenos resultados. El problema, como en el resto de España, es el precio de la madera y de la biomasa, excesivamente bajo.

Las actuaciones recomendables para generar un mayor volumen de Agua Azul, son la apertura de la masa, con claras drásticas

cuyo resultado final es la organización de la masa por bosquetes de formas variables o bien a la inversa: claros con pastos de forma variable rodeados de masa forestal continua.

A estas formaciones es necesario asignarles una utilidad clara que motive su cuidado y oriente su manejo. Actualmente parecen estar a la espera de una oportunidad relacionada con la producción de biomasa o bien para consolidar su capacidad protectora del suelo. En zonas de precipitaciones superiores a 600 mm la producción de madera o biomasa pueden ser interesantes. Sin embargo, una variación en el 10% del Agua Azul que genera, puede ser un servicio ambiental que supere el valor del resto de los productos producido. A razón de 600 m³ por ha.

Partiendo de su función básica como masas protectoras, se puede potenciar su biodiversidad, facilitando la entrada de quercíneas con claras y posterior plantación de las mismas. Las futuras masas mixtas serán ideales para complementar con la actividad cinegética o ganadera en extensivo.

Claros en repoblaciones de las Confederación en las riberas del embalse de Buendía.

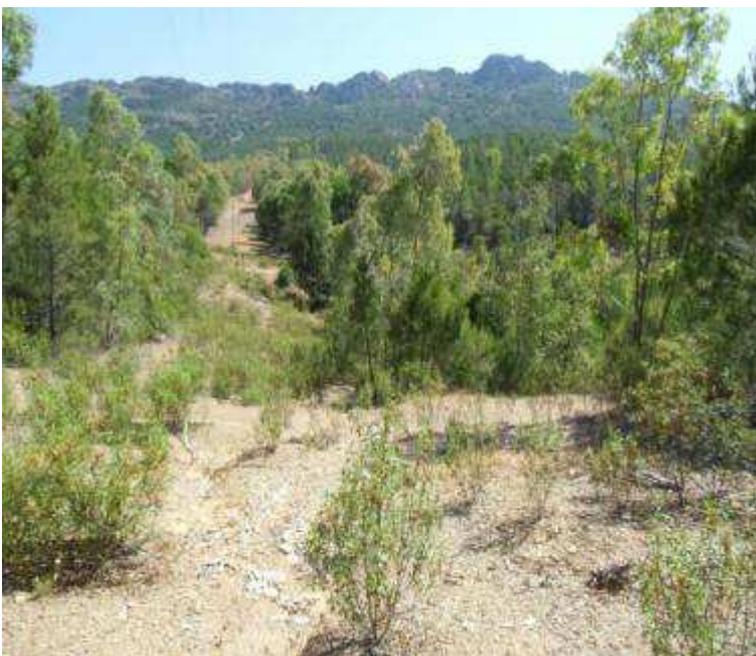


Como ya hemos dicho habrá que decidir el tipo de actuación a realizar y la importancia que se da al servicio ambiental de provisión de Agua para todo tipo de fines en el futuro.

La masa típica de eucaliptos de repoblación en zonas mediterránea de los años 60 y 70 se caracteriza por:

- Ser una masa homogénea, generalmente de densidades elevadas y normalmente algo más manejada que las coníferas debido a sus turnos de corta inferiores.
- Con manejo bajo, presenta un sotobosque de matorral mediterráneo más o menos denso, en función de la propia espesura del eucaliptal y a favor de su follaje de poca densidad que deja pasar la luz. La entrada de matorral es probable que se hay visto favorecida por algún turno de corta.
- Suelen ir apoyadas en terrazas con lo que esto supone en cuanto a disminución de la escorrentía e incremento de la infiltración.
- Su porcentaje de interceptación incluido su sotobosque es tan alto como el de coníferas, salvo que sea una masa muy manejada donde es menor.

Plantación de Eucaliptos en Extremadura



- El consumo de agua por la especie es mayor que en otras especies autóctonas que habiten climas similares, pero existen estudios que llegan a afirmar lo contrario. Al ser una especie muy controvertida las fuentes tienen un grado de confianza menor.
- La escorrentía es prácticamente nula, salvo como ya hemos dicho para otras especies, que concurren circunstancias favorables: en general, temporales y aguaceros en invierno, con fuertes pendientes asociadas.
- En particular sobre suelos arcillosos como los de rañas y sus vertientes, y con altas pendientes, aparecen escorrentías importantes, tal como predice la variación de los coeficientes de escorrentía o los números de curva.
- El equilibrio entre Agua Verde y Azul está maximizado hacia la primera.

Bajo el punto de vista de la producción de Agua Azul, las actuaciones recomendables para los eucaliptales son similares a las de otras repoblaciones. En muchos casos presentan la singularidad, ya mencionada, de contar con un sotobosque de matorral mediterráneo de buen desarrollo y gran densidad. Si se abre la masa, lo que sucederá es que será recobrada inmediatamente por el matorral mediterráneo, que puede ser de gran calidad desde el punto de vista de la conservación, pero de baja productividad hídrica. En consecuencia, independientemente de la situación en que nos encontremos en cuanto a pendiente tenemos dos opciones básicas:

- Actuación con claras por bosquetes, de alta intensidad, en la que para las zonas aclaradas se elimina también el matorral, favoreciendo y sembrando el pastizal natural. Para ello se debe contar con la seguridad de que se pueden mantener abiertos por la acción del ganado o la caza. Los bosquetes conservados, podrán mantener el eucaliptal o bien eliminarlo dejando el matorral e introduciendo las

especies de quercíneas adecuadas: encinas, alcornos, ... Se dejarán también los árboles de porte singular.

- Transformación de la masa hacia monte arbolado mediterráneo, incluyendo corta y destocado de eucaliptos así como plantación de quercíneas con la densidad apropiada. A la larga, es de suponer que el monte arbolado de quercíneas, consume al menos en invierno, menos Agua Verde que el Eucalipto debido a su menor consumo de agua por transpiración de acuerdo con la mayoría de opiniones consultadas.

La decisión de destocar o realizar cortas sucesivas de los eucaliptos hasta agotar sus cepas o bien hasta quedar sumergidos bajo el monte y el matorral mediterráneo, depende fundamentalmente de los recursos materiales y sobre todo económicos. Es más barato, reducir el turno de cortas del eucalipto, respetando el monte mediterráneo existente y acompañarlo de plantación que destocar por cualquiera de los métodos existentes. Lo que es evidente que no se debe hacer nunca, es eliminar la capa superficial de suelo y/o dejar el suelo desnudo para recolonización natural. Mucho menos en pendiente.

Para terminar esta ficha haremos referencia a las repoblaciones de los últimos años sobre tierras agrarias. Las primeras

repoblaciones realizadas con este fin cumplen los 20 años y deben ser conducidas hacia una función determinada. Dependiendo de su ubicación habrá que asignarles una vocación. Aquellas que estén en zonas altas, por encima de tierras agrarias, con pendientes significativa y suelos impermeables o poco profundos, tendrán una clara vocación protectora y de producción hídrica inmediata para la producción de Agua Azul de utilidad para prados, cultivos, explotaciones ganaderas y poblaciones situadas en cotas más bajas.

Las que están en tierras llanas, bajas entre campos agrarios tendrán una vocación principal ganadera y cinegética. La estructura de su sotobosque puede ser cerrada o no dependiendo de su papel como refugio de fauna o zona de alimentación. En cuanto a producción de Agua, con ligeras pendientes en determinados tipos de suelo muy impermeables aparece escorrentía y la capacidad de dirigirla y acumularla en algún lugar. En estos casos todo dependerá del volumen de precipitaciones disponibles. Para más de 500 mm, se abren muchas opciones a favor del Agua Verde o del Agua Azul. Para la toma de decisiones no debe de olvidarse la posibilidad de aplicar los resultados obtenidos en materia vegetal o en recursos hídricos, al entorno inmediato.

Plantación de Eucaliptos en Extremadura



8.2.- APLICACIÓN DEL MODELO HIDROLÓGICO MODIPE

Con esta guía queremos animar a sus lectores a profundizar en el mundo de la oasisificación del que hablamos algo más adelante como toda una línea de actuaciones concretas y de gran interés, concentrada en la recolección de aguas de escorrentía y en la lucha contra la desertificación o la pérdida de suelos. Existe mucha información al respecto, que nosotros no vamos a desarrollar pues tiene una alta disponibilidad en la Red. A continuación haremos una interpretación de la información incluida en el siguiente enlace, desde el punto de la producción de Agua Forestal.

<http://www.oasification.com/archivos/MODIP%C3%89.pps>

Antes que nada aclararemos de nuevo, que la oasisificación conlleva un planteamiento hidrológico de máxima obtención de Agua Verde y su aplicación con la máxima eficiencia para conseguir la implantación de vegetación en un terreno libre de cubierta vegetal leñosa. Esta línea de actuaciones ha

desarrollado un programa denominado MODIPE que nos facilita la toma de decisiones para la repoblación a partir de técnicas de oasisificación que es posible descargarlo de la red. Algo que recomendamos hacer así como practicar con él para sacar todas sus potencialidades. <http://www.oasification.com/modipeprograma.htm>

MODIPÉ es un acrónimo derivado de Modificación de Precipitaciones por Escorrentía. Se busca recolectar agua de escorrentía basándonos en el método del número de curva. Su aplicación se centra en arboricultura de secano, viticultura, selvicultura en montes protectores cuando la conservación de agua, nutrientes y suelo sea prioritaria. Busca la maximización de Agua Verde y optimización de sus caudales en producción vegetal.

El MODIPE es una herramienta para diseñar laderas sistematizadas. Es decir con una preparación de terreno tipo que permite recolectar agua de escorrentía a favor de las plantación realizada y su posterior

Datos de entrada de MODIPE

Métodos de preparación del terreno -->

Datos de la sistematización del terreno

Nº de curva de la ladera actual en condición II: 86,0 [Tablas de N]

Área de impluvio (m²): 25,000 [?]

Área de recepción (m²): 1,000 [?]

Área de impluvio:

Simple

Formada por más de un complejo hidrológico

Nº de curva del área de impluvio en condición II: 86,0 [?]

Nº de curva del área de recepción en condición II: 87,0 [?]

Capacidad de embalse del área de recepción (l): 200,0 [?]

Resultados: números de curva y umbrales de escorrentía

Relación entre los números de curva

- NAC = NI: Ladera actual y área de impluvio presentan la misma escorrentía
- NAC < NR: Ladera actual tiene un umbral de escorrentía MAYOR que el área de recepción
- NAC < N: Ladera actual tiene un umbral de escorrentía MAYOR que la unidad sistematizada
- NI < NR: Área de impluvio con MAYOR capacidad de infiltración que el área de recepción [2]

La creación de trampas de agua resulta indispensable.

NAC: Número de curva de la ladera actual
 NI: Número de curva del área de impluvio
 NR: Número de curva del área de recepción
 N: Número de curva promedio de la unidad sistematizada sin considerar el efecto del alcorque

Resultados

	S (m²)	N1	P0(1) (mm)	N2	P0(2) (mm)	N3	P0(3) (mm)
Ladera actual	----	72,1	19,7	86,0	8,3	93,4	3,6
Área de Impluvio	25,000	72,1	19,7	86,0	8,3	93,4	3,6
Área de Recepción	1,000	73,8	18,1	87,0	7,6	93,9	3,3
Unidad Sistematizada	26,000	49,8	51,2	62,6	30,3	72,0	19,7

S: superficie
 N(i): número de curva (en condición de humedad i)
 P0(i): umbral de escorrentía (en condición de humedad i)

Anterior Continuar



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

desarrollo. Cada uno de los sistemas que se repiten a lo largo de la ladera incluye un área de impluvio para la producción de agua de escorrentía y una zona de recolección del agua de escorrentía producida en la zona de impluvio. Los cálculos de escorrentía para cada zona, o bien para el conjunto de la ladera inicialmente y una vez sistematizadas se hacen por el método de los Número de Curvas, que el programa lleva incorporado.

El programa pide los datos iniciales que se pueden observar en la figura. El número de curva se obtiene a partir de diversas tablas también disponibles en la misma página de oasificación.

<http://www.oasification.com/tablasden.htm>

Por ejemplo para pastizales, en condición hidrológica pobre y sobre suelo poco permeable tenemos un número de curva de 86. Para el área de recepción consideramos una curva con un número de escorrentía algo mayor, 87 por compactación etc, aunque lo normal es que sea inferior si preparamos el terreno de recepción para aumentar la infiltración. Al elegir un número más alto lo que hacemos es suponer que es más impermeable y por lo tanto que el agua que caiga sobre la misma hay que recogerla también previendo la capacidad necesaria para recogerla.

Elegido los números de curva para una situación de humedad 2 (intermedia) pensamos la sistematización a realizar. En ese caso ahoyado al tresbolillo 5x5 con acaballonado superficial de recogida de agua, que da una superficie de impluvio de 25 m² para un alcorque de recepción de 1 metro cuadrado. La capacidad del alcorque prevista es de 200 litros.

Una vez metidos los datos le damos a calcular y obtenemos la descripción de la situación en cuanto a escorrentía y la recomendación de que la creación de trampas de agua resulta indispensable. En

los resultados vemos en la columna central el valor de 8,3 litros, a partir del cual empieza la escorrentía en el área de impluvio y al final 30,3 litros de precipitación valor a partir del cual el alcorque rebosa. En condición de humedad alta, los valores disminuyen y en condiciones de humedad previa baja, aumentan. Vemos que en condiciones de humedad baja, se necesitan 19,7 litros para iniciar la escorrentía, por lo que no se recolectaría nada por debajo de dicha cantidad.

Seguimos aplicando el programa. Damos a continuar y obtenemos una pantalla que nos permite optar, por aguacero aislado, serie de aguaceros o precipitación anual. En nuestro ejemplo damos a aguacero aislado, por ejemplo de 30 litros y condiciones de humedad media iniciales. Situación favorable para cosecha de agua con este volumen de aguacero, que según el atlas climático ibérico se da prácticamente en todo el mediterráneo ibérico (Excepto zonas más oscuras)

The screenshot shows a software window titled "Aguacero aislado". It has two main sections: "Datos" (Data) and "Resultados" (Results).

Datos:

- Precipitación del aguacero (mm): 30,0
- Condición previa de humedad en el suelo: 2

Buttons: "Calcular", "Datos Resumen", "Anterior".

Resultados:

Precipitación disponible sin sistematización (l/m ²):	22,5
Precipitación disponible en la banqueta con sistematización (l/m ²):	217,1
Precipitación promedio en la ladera sistematizada (l/m ²):	30,0
Precipitación disponible en el área de impluvio (l/m ²):	22,5
Precipitación máxima disponible en la banqueta con alcorque (l/m ²):	217,1
Capacidad mínima del alcorque para retener toda la escorrentía de una unidad sistematizada (l):	195,5
Altura mínima de las represas del alcorque (mm):	195,5
Precipitación máxima disponible en la banqueta (área de impluvio impermeable y alcorque de tamaño adecuado) (l/m ²):	780,0
Capacidad del alcorque para recoger toda la escorrentía del área de impluvio (si fuese impermeable) (l):	750,0



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Obtenemos nuevos datos que podemos interpretar así:

- Precipitación disponible sin sistematización: 22,5 litros, lo que hace que se pierdan 7,5 litros de escorrentía por metro cuadrado si no sistematizamos la ladera.
- Precipitación disponible en la banqueta con sistematización o con alcorque: la cosecha de agua que se espera recoger es de 217,1 l.
- Capacidad mínima del alcorque para retener toda la escorrentía: 195.5 l, pues parte se infiltra y por eso es menor que 217.1 l.
- Los otros dos datos son suponiendo el área de impluvio impermeable, una camino asfaltado, por ejemplo.

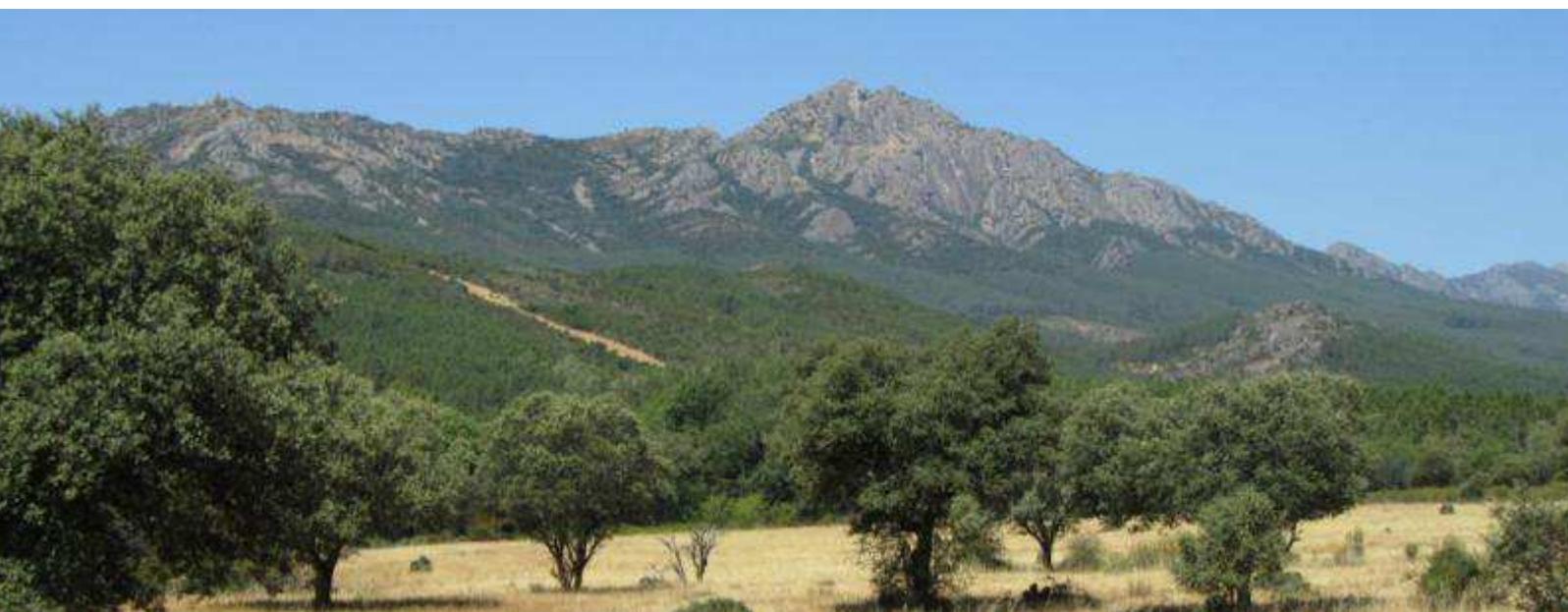
El Programa por su rapidez de cálculo nos permite utilizar métodos de aproximación sucesiva de modo que podamos calcular las densidades más adecuadas para nuestros fines. Imaginemos que queremos compensar los déficits de mayo y junio (110 mm) en una zona de 400 mm de precipitación anual y con las mismos Número de curvas. Introducimos los 110 mm como capacidad de embalse del área de recepción. Tomando como área de

recepción 1 metro cuadrado vamos probando áreas de impluvio que nos permitan compensar llenar la capacidad de embalse. Para ello elegimos un tipo de chaparrón sobre el que tengamos la casi total certeza que se va a producir, con lo que habremos actuado con un exceso de prudencia y el volumen de agua disponible será mucho mayor.

Confiamos por ejemplo, en un chaparrón, de una precipitación de 15 mm sobre suelo con humedad media. Con este dato al cambiar el área de impluvio con aproximaciones sucesivas, observamos que con algo más de 100 metros cuadrados, 115, el agua recogida en la barqueta o área de recepción es de 123 l. Valora que supera la cantidad que andábamos buscando. Este caso supondría una densidad de menos de 87 árboles por ha.

En el epígrafe 4.2 se muestran dos ejemplos concretos para la aplicación de este programa en el cálculo de la escorrentía anual de un territorio y para una vegetación determinada (con su correspondiente número de curva).

La ordenación de masas con criterios de producción de agua es algo nuevo.





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

8.3.- SELVICULTURA DE MASAS FORESTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA AZUL: RECARGA DE ACUÍFEROS E INCREMENTO DE CAUDALES HIDROLÓGICOS

A continuación iremos recomendando diversas actuaciones para enmarcar la actuación selvícola sobre las masas forestales para la producción de AGUA AZUL: escorrentía + infiltración. Partiremos del hecho de que la mayor parte del agua con este destino se produce en los meses más fríos del año, cuando los suelos están saturados de agua o bien ligados a eventos excepcionales en cuanto a cuantía de las precipitaciones.

Las zonas de vocación principal para la producción de Agua Azul, son aquella donde las precipitaciones de los meses de noviembre, enero, febrero y marzo, son claramente superiores a la evapotranspiración. Habíamos fijado esta cantidad en 500 mm anuales, por lo que cualquier valor de precipitación media anual superior a esta cantidad aumenta el % de Agua Azul generada.

EL TERRITORIO Y LA PLANIFICACIÓN:

La planificación forestal requiere dividir el territorio en unidades de características lo más homogéneas posibles. En el caso de que el producto o servicio principal a gestionar sea el agua sugerimos las siguientes recomendaciones:

Parece evidente y recomendable que la unidad de planificación surja de la división del territorio en cuencas y subcuencas hidrográficas. De este modo y aplicando diversas metodologías podremos conocer de forma sencilla y eficiente el resultado de las actuaciones, pues podremos medir la escorrentía superficial de salida de cada una de las cuentas. Podemos definir como cuenca hidrológica de un río, arroyo,

vaguada o barranco, la porción del territorio que vierte sus aguas en el mismo. Las líneas que separan unas cuencas de otras se llaman divisorias de aguas.

En cuencas de formas alargadas ligadas a vaguadas y valles en V parece interesante, subdividir la cuenca por vertientes.

La orientación de las pendientes será el siguiente factor a tener en cuenta. En solanas las actuaciones sobre la vegetación estarán bajo el principio de máxima prudencia para evitar suelos desnudos y erosionados, mientras que en umbrías las actuaciones, en caso de error, presentan un mayor grado de reversibilidad.

Hasta aquí habremos dividido el territorio, en cuencas y subcuencas, estas a su vez en vertientes cuando son claramente identificables y por último habremos señalado entre estas las de carácter más claro de umbría o solana.

El siguiente paso a aplicar, si la superficie de planificación lo recomienda serán las pendientes del terreno. Una norma práctica al efecto será clasificar el territorio en al menos dos categorías: pendientes mayores del 20% y menores de este valor. A mayor pendiente, mayores precauciones deberemos tomar frente a la erosión del suelo. Un matiz interesante a contemplar de forma intuitiva es distinguir entre pendientes cóncavas (semejantes a un cuenco que tenderán a recoger aguas) y convexas, lo contrario, que tenderán a "expulsarlas". Las pendientes inferiores al 20% tienen dos opciones muy claras. La primera y más interesantes en cuanto a producción de agua, es considerarlas como zonas de máxima producción. En ellas la densidad de vegetación será mínima, garantizándose siempre la existencia de una escorrentía limpia. Serían zonas de pastos fundamentalmente. La otra opción sería considerarlas zonas de recarga de acuífero,



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ANEF ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

pues en presencia de vegetación densa, la escorrentía podría ser prácticamente nula. Dedenderá fundamentalmente de la textura de los suelos.

LA COBERTURA FORESTAL.

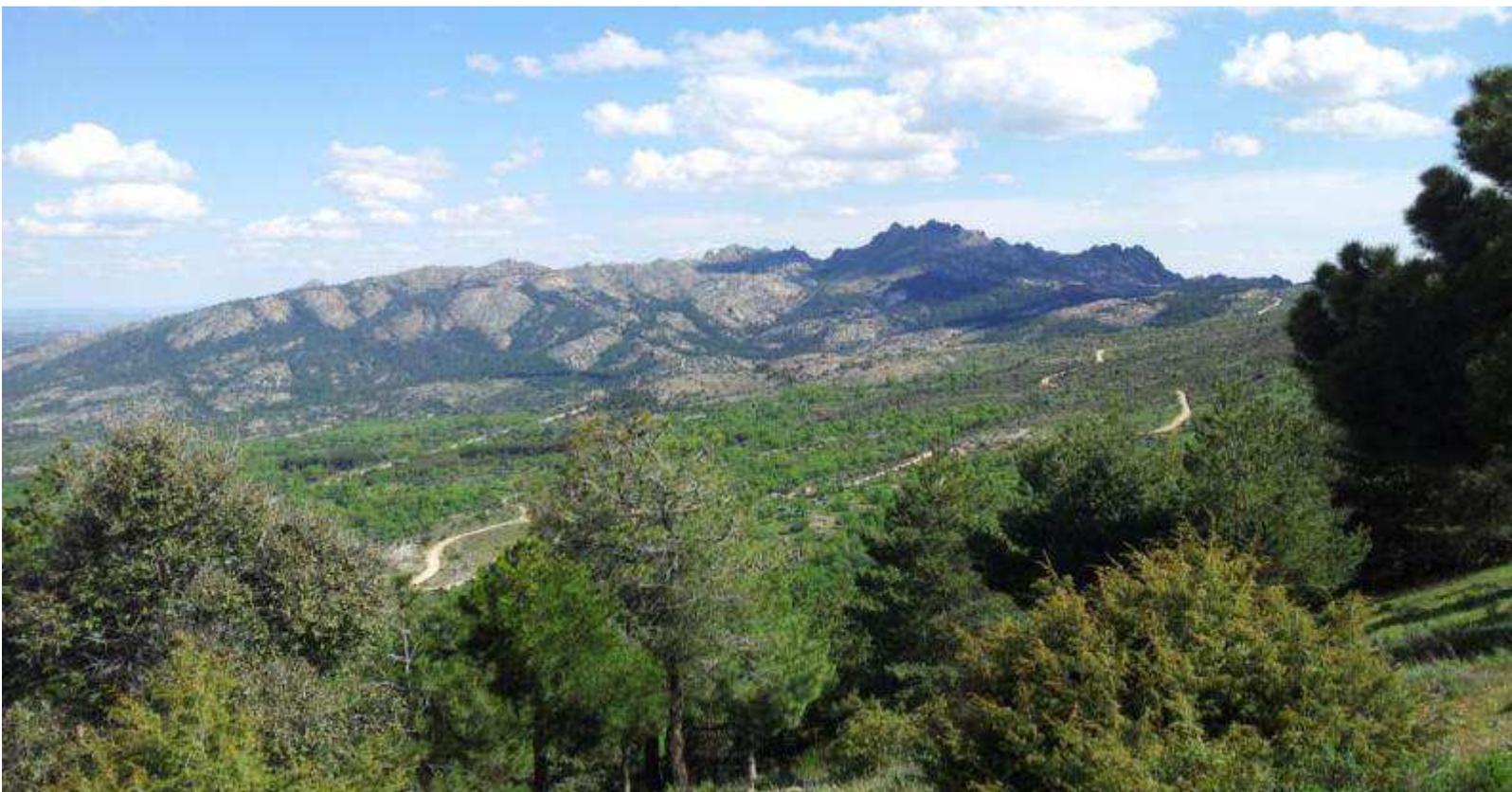
En estos años se han ido generando estudios e investigaciones que documentan el hecho de que a una mayor cobertura forestal de la cuenca, le corresponde un menor caudal de salida o de Agua Azul. Este hecho coincide con el crecimiento de las masas arboladas en nuestro país que es uno de los hechos que han generado este tipo de estudio. Es decir, una cuenca cubierta de bosque en su totalidad, genera menos caudales que si lo estuviera en menor proporción. Ese dato es matizable para cada dima y situación pero debe ser tenido en cuenta. En general lo que más nos interesa es lo que sucede en invierno, cuando los suelos tienen al máximo sus reservas y generalmente están saturados.

Espaldar de la Sierra de la Cabrera Madrid.. Un magnífico lugar para producir Agua Forestal

En consecuencia, si lo que queremos es disponer de más agua azul deberemos disminuir la superficie forestal. Por el contrario, si lo que queremos es máxima calidad para el agua azul, tendremos que aumentar la superficie. El gestor deberá buscar el punto de equilibrio entre estos dos objetivos que siempre serán complementarios. Una forma de enunciarlo sería que no se debe buscar Agua Azul sin un mínimo de calidad. Es decir aguas limpias frente a aguas turbias.

De los estudios consultados parece deducirse que para una misma proporción de cubierta forestal, se genera más agua AZUL si está distribuida en bosquetes que de manera uniforme por todo el territorio. Este hecho es esperable, al menos para % de cobertura superiores al 50%.

Las porciones no cubiertas de vegetación, serían claras para la producción de una mayor escorrentía y mayor infiltración a





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

favor de la disminución de la evapotranspiración (Agua Verde) en dicho claro.

La cubierta vegetal de un territorio es fiel reflejo de la capacidad de retener agua de sus suelos. Este factor depende de la profundidad y la textura. Desde el punto de vista de la producción de agua, los suelos esqueléticos, e impermeables de poco grosor, son los que generan más escorrentía y por lo tanto más Agua Azul, local o de rápida recolección. Estos suelos, si no están desnudos suelen estar cubiertos, cuando las precipitaciones son suficientes de matorrales tales como jarales o brezales, que impiden los procesos erosivos y generan escorrentías altas. En otras palabras y como ya hemos dicho anteriormente, los jarales y brezales son espacios con gran capacidad de producción de Agua Azul. En la planificación de nuestras cuencas deberemos tener muy en cuenta su presencia y lo que indican.

Las cumbres de las zonas más altas y las zonas de baja pendiente en las vertientes serán las ubicaciones seleccionadas para mantener pastizales y comunidades de vegetación herbáceas. Los roquedos y los canchales estabilizados se mantendrán libres de vegetación arbórea si ya lo estaban previamente.

Los fondos de Valle, vegas y navas y en general las cotas más bajas, son el destino natural de las aguas AZULES y donde adquirirán su utilidad final. Las zonas de vaguada en cabecera, por motivos legales relacionados con el dominio público suelen ser ubicaciones utilizadas para la instalación de infraestructuras de almacenamiento y depósito de aguas.

A mayor cantidad de precipitaciones anuales el % de agua AZUL aumenta generalmente siendo especialmente significativos en precipitaciones superiores a los 700/800 mm. En Extremadura y Castilla La Mancha

estos valores tan solo se alcanzan en montaña.

La presencia de fuentes y manantiales nos permitirá hacer otro tipo de valoración, buscando en primer lugar la infiltración frente a la escorrentía. Es el caso extremo de los aprovechamientos de las aguas minerales. En ellos, lo que nos interesa, es saber la procedencia de las aguas explotadas, para favorecer la infiltración en las zonas de origen y recarga. Las formaciones vegetales más apropiadas en estos casos serán las que anulan la escorrentía y en un segundo término las que consumen menos Agua Verde. Este último matiz depende sobre todo de la temperatura, pero también de la cantidad de biomasa producida sobre el terreno.

Como no podemos modificar la temperatura media no nos queda otra solución que realizar todas aquellas medidas destinadas a favorecer la permeabilidad de los suelos y la infiltración en profundidad. Esa segunda variable es de muy difícil manejo, por lo que nos centraremos esencialmente en la primera. Tres cosas parecen sencillas de ejecutar:

- Restauración de todas aquellas superficies con suelos desnudos o procesos erosivos en marcha, a partir de la plantación de vegetación con muy bajo nivel de exigencias en agua.
- Disminuir la carga ganadera o cinegética sobre dichos puntos puede ser también un paso de interés que además mejora la calidad del agua en los manantiales.
- Realizar laboreos que aumenten la infiltración como pueden ser subsolados, caballones u otras medidas de este tipo.

Si se trata de fuentes no aprovechadas comercialmente, las actuaciones serán similares, por la riqueza en biodiversidad que aportan así como por los servicios domésticos que proporcionan.



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ANEF ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

8.4.- CLARAS Y RESALVEOS EN MASAS FORESTALES MEDITERRÁNEAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

Ya hemos comentado cómo responde el monte mediterráneo en una localidad determinada a las variaciones interanuales de precipitación o bien frente a aguaceros y temporales extraordinarios. Hemos dicho que aprovecha al máximo los incrementos de las precipitaciones, transformándolas en agua verde, por lo que los caudales de los cauces que drenan sus cuencas no experimenten variaciones importantes si las precipitaciones se producen en plena actividad vegetativa: primavera e inicios de otoño fundamentalmente.

CLARAS.

Hemos afirmado y es un hecho contrastado que, a mayor cobertura forestal, menor Agua Azul y mayor cantidad de Agua Verde. No olvidemos que el Agua Verde es la devuelta por las plantas a la atmósfera por intercepción/evaporación y transpiración. En consecuencia de una disminución de la superficie forestal por la realización de claras, se podría esperar una disminución del gasto por Agua Verde y un incremento proporcional a la superficie aclarada de la cantidad de Agua Azul.

Pinar para clarear excesivamente denso y debilitado. Defoliado en su interior por falta de luz.

Este hecho no se produce si las claras son poco intensas. Entonces los efectos sobre el agua azul, son prácticamente nulos. El nuevo espacio disponible, genera efectivamente un mayor % y cantidad de agua azul pero esta es absorbida y aprovechada por las raíces de árboles y arbustos cercanos a la actuación.

La recomendación de actuación para fines hídricos será hacer claras más drásticas, en aquellos lugares donde la actuación no genere procesos erosivos. Las nuevas superficies desarboladas deberán tener el tamaño suficiente para que tarden en ser recolonizadas por vegetación leñosa. Se deberá mantener la apertura permanente de los claros con desbroces, ganadería o caza, fomentando una cubierta de pastizal completa. El paisaje resultante será el de un bosque con claros muy nítidos, situados en las zonas de menor pendiente o, bien, un paisaje donde pastos y bosquetes se reparten el territorio. En estos casos estaríamos hablando de % de cubierta forestal por debajo del 50/70% dependiendo de las pendientes. El efecto de las claras sobre el incremento de Agua Azul se debe a la disminución de la intercepción sobre el pastizal durante los meses fríos, frente a la intercepción de las cubiertas arbolado, así como al incremento de la escorrentía frente a la infiltración.





GOBIERNO DE ESPAÑA



MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

En caso de que se hagan las claras con fajas, estas serán perpendiculares a la pendiente, con una anchura máxima ajustada para no producir arrastres de suelo es decir, evitando producir escorrentía superficial. Para aumentar su anchura se pueden hacer en su interior trampas de agua, con zanjas, de modo que absorban la posible escorrentía generada aguas arriba. Sin embargo con esa solución el agua se infiltraría. Otra opción es aprovechar las fajas para ubicar zanjas de desviación que canalicen el agua hacia lugares de embalsado y recolección.

Un caso extremo de aclarado, para zonas lluviosas, de propiedades pequeñas, ganaderas y con pendientes bajas o moderadas, serían los bocages o parcelas de uso herbáceo limitadas con setos vivos forestales. Pensando en producción de Agua Azul, las parcelas deberían ser estrechas, siguiendo curvas de nivel y donde los setos forestales se situarían perpendicularmente a la pendiente. En España, las bajas coberturas forestales, en grandes propiedades, con pendientes moderadas o bajas, han dado como solución la Dehesa.

Una opción contraria a la producción de Agua Azul, pero a favor de la productividad forestal y del Agua Verde, sería la renovación funcional de actuaciones realizadas durante las repoblaciones para disminuir la escorrentía: terrazas y caballones fundamentalmente. También el subsolado.

Para ello sería necesario que las claras fueran regulares y pudieran mecanizarse. El objetivo sería que las fajas con vegetación que quedan en el monte, aprovecharan al máximo el agua de escorrentía. El agua debería infiltrarse en el suelo en sus cercanías, cota inmediatamente superior, a partir de laboreos como el subsolado.

RESALVEO.

Los resalveos son las actuaciones realizadas, para llevar una masa forestal de monte bajo a monte alto. De carrascal de encinas a monte arbolado de encinas, o bien de matas de roble o quejigos a monte arbolado de estas especies. El efecto sobre el incremento de agua azul, es muy bajo, pues aunque disminuye un poco la interceptación, esta disminución es compensada por su utilización por la vegetación restante, que al ser el agua un bien escaso, siempre quiere más. Las claras por lo bajo, en las que se eliminan los ejemplares arbóreos de peor calidad tienen un efecto similar.

Los montes arbolados, tengan el origen que tengan, si no han sido manejados en mucho tiempo y no han estado sometido al uso ganadero o cinegético intensivo, acaban acumulando un volumen de estructuras leñosas muy elevado.

La eliminación de estas estructuras hasta dejar un solo piso, arbóreo, es de esperar que tenga ligeros efectos positivos a favor del Agua Azul pues disminuye parcialmente la interceptación y la producción de biomasa y aumenta levemente la escorrentía, pero solo de manera temporal por los motivos expresados anteriormente. Quizá sobre suelos impermeables como los de rañas y ayudados con fuertes pendientes, la disminución de la interceptación se transforme en mayor escorrentía.

En resumen con los resalveos no es de esperar un incremento del Agua Azul ya que las variables principales se mantienen constantes: interceptación, escorrentía, infiltración y capacidad de retención del suelo e infiltración profunda.



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

8.5.- FUNCIONAMIENTO HÍDRICO DE LA DEHESA

De acuerdo con todos los conceptos que hemos repasado, es probable que empecemos a sospechar que las dehesas son el sistema perfecto para el aprovechamiento del Agua Azul como recurso en equilibrio con la producción verde. Una dehesa debe garantizar, al menos, el agua que necesita el ganado que sustenta. Por otro lado debe maximizar en forma de producción nutritiva, la producción de alimento para la cabaña ganadera.

La cubierta forestal de una dehesa suele ser inferior a un 50%, próxima al 30%. Las densidades recomendadas en plantación son de 60/80 pies por ha. Los sistemas radicales de los árboles cubren superficies similares a las de sus copas o incluso las superan. El resto es ocupado por pastos o cultivos temporales. Los pastos defienden perfectamente el suelo de la erosión, pero en pendientes suaves y con aguaceros grandes su coeficiente de escorrentía es mayor que el de los bosques, permitiendo que el agua de precipitación resbale hacia cotas más bajas. Este efecto se incrementa de forma especial sobre suelos arcillosos o limosos-arcillosos, generando, de forma puntual, aguas sobrantes ligadas a aguaceros y temporales que pueden ser recogidos en mayor o menor cuantía. La escorrentía aumenta de forma significativa con las pendientes, luego las zonas más altas de los dehesas y con mayor pendiente serán las de vocación captadora de escorrentía. Por el contrario en las zonas bajas y llanas la escorrentía será casi nula. Se infiltrará toda el agua, de forma superficial o profunda, dependiendo del grado de saturación de la capacidad de retención del suelo.

Analizando diversos estudios y resultados, se refuerza la idea de que la clave está en los meses invernales. En ellos, las bajas temperaturas han reducido la actividad de la

vegetación arbustiva y arbórea y, en menor medida, la de los pastos que cubren el suelo. Nos encontramos a efectos prácticos, con transpiración nula. Si como la mayoría de los estudios predicen los coeficientes de escorrentía de pastos y bajo arbolado son muy similares, el incremento de escorrentía de los segundos tiene que venir de la menor intercepción de estos frente al arbolado de hoja perenne. Llega más agua al suelo del pastizal que bajo las encinas y alcornos por ejemplo.

Para mantener la dehesa es necesario, asegurar su regeneración, por cuarteles o zonas reservadas al pastoreo o bien con defensas individuales de gran altura y resistencias para defender plantaciones y brotes de grandes mamíferos domésticos y salvajes.

Por otro lado para evitar la recolonización de los espacios herbáceos por matorral y vegetación leñosa de todo tipo, es necesaria la acción continuada sobre este tipo de vegetación. Esta labor la ejerce la ganadería o la caza mayor y la carga necesaria es aquella que evita la aparición de suelos desnudos. Para ajustar la carga es necesario planificar las necesidades nutritivas de la cabaña ganadera y cinegética en verano, de modo que con reservas producidas durante los meses anteriores en el conjunto de la propiedad, se puedan cubrir los déficits veraniegos. Cada 10/20 años se recomienda hacer un gradeo y posterior cultivo del terreno de forma rotativa que garantice la ausencia de vegetación leñosa en las zonas no cubiertas por los ejemplares arbóreos.

La colonización por un estrato arbustivo de los pastizales o cultivos de la Dehesa, supone un claro incremento en el consumo de Agua Verde. Sus sistemas radicales son capaces de llegar más lejos a por el agua que las raíces de las herbáceas y por lo tanto la infiltración profunda disminuye. Su más compleja y mayor estructura leñosa

aumentará también la intercepción. Pero la clave de todo es la ausencia de suelos invernales muy pastoreados y con un grado de protección más bajo que favorezcan la escorrentía limpia como hacen los pastizales.

La estructura de las Dehesas no evita la erosión en zonas de pendiente fuerte, por lo que es recomendable ajustar esta estructura a zonas con pendiente inferior al 20% preferiblemente de perfil cóncavo

Cuando una dehesa es abandonada a su suerte, es recolonizada por matorral mediterráneo acompañado de quercíneas procedentes de bellota o rebrotes. Se generan lo que podemos denominar dehesas sumergidas, reflejos de tiempos pasados con mayor ocupación del mundo rural y más necesidad de productos básicos agrarios y ganaderos. Algo parecido suele suceder

sobre olivares en laderas u otro tipo de frutales de zonas áridas como podrían ser almendros u otras especies de similar rusticidad.

Dehesas y olivares "sumergidos" tienen una economía del agua que desequilibra la balanza en favor del Agua Verde y en detrimento del Agua Azul. Son escenarios recomendables sobre los que actuar buscando resultados tangibles a favor del Agua Azul. A partir de la recuperación del paisaje de dehesa u olivar tradicional, pero proporcionándoles desde su origen, una cubierta herbácea tras la eliminación de la vegetación leñosa colonizadora.

Dehesa de encinas en el Pardo, Madrid. En primer término juncos, que indican humeda en la vaguada donde se han ubicado.



8.6.- CÁLCULO TEÓRICO DE LOS EFECTOS DE LAS CLARAS. OPTIMIZACIÓN DEL AGUA VERDE VERSUS OPTIMIZACIÓN DEL AGUA AZUL

En la actualidad no existe prácticamente ninguna información sobre los efectos de las claras en la economía del agua de una masa forestal mediterránea. Todo lo que se encuentra sobre claras en diversos manuales consultados de silvicultura mediterránea está relacionado con la optimización de la producción de madera tanto en cantidad como en calidad. En este sentido las normas básicas son mantener el suelo sombreado con el menor número de ejemplares arbóreos posibles optimizando el uso del agua infiltrada en el suelo.

De hecho lo único que parece confirmado, es que a mayor superficie forestal en una cuenca hidrológica mediterránea, menor caudal disponible tenemos en la red hidrográfica, pero, de mucha mayor calidad. Estas variaciones de caudal, alcanzan pérdidas de caudal de hasta un 30% en cuencas donde la superficie forestal arbolada ha aumentado en últimos 50/60 años un 200% y la superficie original eran principalmente cultivos o zonas de pastos. En este sentido disminuir en un 50% la superficie forestal hacia suelos desnudos o pastoreados intensamente, podría retornar un 30% de Agua Azul a los caudales. Para ello, la única forma posible sería hacerlo por bosquetes, centrándolos en las zonas de máxima pendiente. Esta afirmación solo tiene cabida en zonas como Pirineos con precipitaciones medias superiores a los 700 mm anuales.

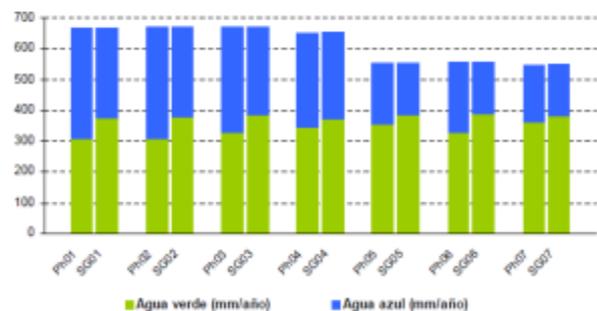
En el artículo de Noemí Palero, llamado Primera aproximación a la implementación de un sistema de Pago por Servicios Ambientales (PSA) en relación al agua y a la gestión forestal de montes privados en Catalunya, la gestión de masas de Pino

Carrasco frente a la ausencia de la misma producen unos incrementos de Agua Azul de entre el 11 y el 34%. En valores absolutos hablamos de aproximadamente entre 15 y 80 mm, o lo que es lo mismo entre 150 m³ y 800 m³ por ha

2. Estudio de la provisión del servicio

RESULTADO

Reparto del agua en los modelos ORGEST PhLIT_A, PhLIT_B y Sin gestión (SG)



En consecuencia la ordenación de las masas de coníferas para producción maderable conlleva un incremento en la producción de Agua Azul que puede justificar la financiación total o parcial de dichas ordenaciones por entidades gestoras de provisión de agua con diversos fines. Este incremento de la producción de agua responde a un nivel de claras que maximiza la producción forestal y que mantiene un porcentaje de cabida cubierta del 100%. El mismo tipo de actuaciones y claras sobre un encinar, no genera ningún incremento de Agua Azul, a pesar de disminuir el número de pies por ha.

Parece evidente que es necesaria la presencia de suelos pastoreados o cultivados alternando con la masa para que aumente la escorrentía y por tanto el Agua Azul. El único momento esperable para la producción de escorrentía, salvo eventos muy especiales, sería el invierno e inicios de primavera, con los suelos saturados. Una posible aproximación teórica optimista sería el 50% del los superávits hídricos de invierno, en

zonas en pendiente, y para el 50% de la superficie tratada. Lo que nos da un 25% de los superávits hídricos que para 400 mm no existen y para 600 mm son la cuarta parte de 125 mm de superávit: 31,25 mm es decir, algo más de un 10% de la precipitación anual. Para 800 mm estamos hablando de 61.25 mm, el 8.25 % del total anual obtenido a partir de las claras.

En la ponencia del congreso forestal, Comportamiento hidrológico de una pequeña cuenca forestal de la montaña media pirenaica, de María Pilar Serrano Muela y Estela Nadal Romero, David Regüés, obtiene valores de coeficiente de escorrentía que varían desde un 0,54 hasta un 0,02 dependiendo de las precipitaciones anuales y su distribución. El valor medio del coeficiente escorrentía es de un 0,11 (11%). En esa misma ponencia para zonas desnudas se obtienen escorrentías más altas de las que no disponemos de valores.

En definitiva se trata de ver para cada zona

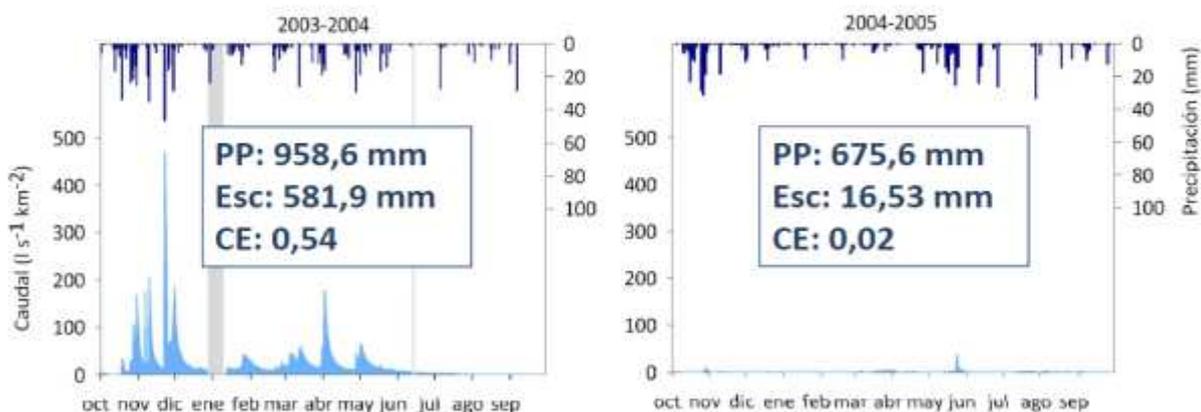
o cuenca, el número de veces que se generan escorrentías al año. Este hecho no se produce con tanta frecuencia, por lo que la mayoría de las masas forestales en zonas bajas mantendrán su vocación como monte protector o productor de crecimiento lento y solo aquellas que están en zona de montaña o con altas precipitaciones, por encima de 600 mm aproximadamente, responderán con eficacia al efecto de las claras para producción de Agua Azul

Los gráficos muestran también claramente como los eventos extraordinarios no tienen efectos importantes mientras no esta saturada la reserva de agua de los suelos. Este hecho es especialmente evidente en verano e inicios de otoño. También se observa como las máximas escorrentías se producen en Inviernos y como por debajo de valores de precipitación anual de 600 mm es de esperar unas escorrentías prácticamente nulas en las masas estudiadas.



La respuesta hidrológica a escala anual

Importante variabilidad interanual (1999-2007)



Valores promedio: P=914,7 mm Esc=124,7 mm CE=0,11



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

8.7.- SILVOPASCULTURA: VÍA DE OPTIMIZACIÓN DE LOS CAUDALES DE AGUA VERDE Y AGUA AZUL

En este epígrafe hablaremos del aprovechamiento sostenible de las tierras forestales por la actividad ganadera y cinegética y su influencia en Agua Forestal. Como pionero en estos temas tomaremos de referencia a un hombre, mayor, sabio, internacionalmente reconocido: Pedro Montserrat. De su artículo reciente con otros autores, Ahorro de agua con pasto leñoso y ecológico en la revista La Fertilidad de la Tierra extraemos algunos conceptos claves.

La ganadería extensiva y sostenible por su efecto reductor sobre la cubierta arbórea y leñosa favorece el incremento de la humedad del suelo y, bien aplicada, la prolongación de dicha humedad durante un periodo más extenso, especialmente en finales de primavera y principios de verano, además de inicios de otoño.

Un suelo adecuadamente pastado, mantiene una cubierta vegetal protectora sobre un primer horizonte fértil y permeable. De esta manera se favorece el rápido e inmediato aprovechamiento del agua de precipitación en los periodos más secos a favor de los pastos. La presencia del ganado impide la colonización del espacio por la vegetación leñosa a la que mantiene viva y controlada. Es capaz de rebrotar tras servir de alimento para el ganado, como coscojas, quejigos, encinas y rebollos, o bien después de ser trasmochados como los fresnos. Estas unidades arbóreas matorralizadas, bardales o sargas, conectan con sus raíces en capas más profundas del suelo y aportan follaje verde para la alimentación estival u otoñal.

El dominio del estrato herbáceo unido a las matorralización de las especies arbóreas, genera una menor intercepción del agua de lluvia y un pequeño porcentaje superior de escorrentía frente al monte mediterráneo,

manteniendo la infiltración del agua en el suelo y alargando su presencia en el mismo, incrementando la producción vegetal útil. Cambiamos intercepción por infiltración y favorecemos también la escorrentía limpia y controlada frente a la infiltración.

Para obtener estos resultados es necesario un pastoreo temprano, intenso y dirigido, por ganado lo más variado posible y en regímenes también variables: estante, trashumante...

Cambiando de autor, siguiendo a Miguel Montoya Oliver, en su clásico manual Pastoralismo mediterráneo reúne las claves conceptuales de una adecuada actividad pastoral. Su objetivo es maximizar el peso del Agua Verde en el conjunto del Agua Forestal, de modo que el pasto disponga de humedad el mayor tiempo posible y que su producción caiga menos durante el estío o se vea compensada por otros periodos. Las reglas generales del pastoralismo mediterráneo son:

- Pastoreo temprano: el objetivo es aprovechar la respuesta rápida a las lluvias otoñales de gramíneas vivaces y anuales, así como de leguminosas anuales, para que controlando su porte permitan el desarrollo de las especies que brotan más tarde: otras leguminosas vivaces y otras especies de desarrollo más tardío como crucíferas, llantenes, compuestas,...
- Pastoreo continuo: favorece y optimiza el aprovechamiento de las olas sucesivas de especies herbáceas de ciclo corto que van desplazando a las anteriores a lo largo de las estaciones favorables. Centrar el pastoreo en un momento disminuirá por tanto la diversidad del mismo así como la continuidad de la biomasa aprovechable a lo largo del tiempo. Optimiza el Agua Verde.
- Pastoreo intenso. Permite un uso completo y no selectivo de la producción

herbácea y favorece a las especies más apetecibles y resistentes para el ganado, que las consume y al mismo tiempo las redistribuye y fertiliza. Por otro lado impide la colonización del matorral leñoso y la vegetación arbórea. Incrementa el Agua Azul y favorece la escorrentía.

- Pastoreo diversificado en especies y sistemas: es evidente que la diversidad de especies ganaderas favorece la diversidad de la flora y el aprovechamiento más completo, el mismo efecto que la utilización de sistemas distintos para un mismo lugar: trashumancia, montanera, permanencia,... Como en el caso anterior incrementa el Agua Azul y favorece la escorrentía.
- Pastoreo integrado en agricultura y montes: que aprovecha los despojos agrícolas fertilizando los campos, o que disminuye el peligro de incendio en las masas forestales al mismo tiempo que

optimiza Agua Verde en forma de madera.

Todos estos principios son de aplicación tanto para el ganado doméstico como para la cabaña cinegética. Tan solo es necesario conocer las preferencias alimenticias de cada raza o especie, así como, de forma específica, las dimensiones de protectores y defensas que son necesarios para proteger las repoblaciones forestales en función de las especies de mamíferos presentes.

Resumiendo, un paisaje pastoril, gestionado de la forma adecuada en nuestro clima mediterráneo, maximiza y optimiza el Agua Verde disponible, al mismo tiempo que incrementa, por disminución de la interceptación e incremento pequeño de la escorrentía, el Agua Azul.

Rebaño de ovino raza merina. Tradicional en nuestras dehesas.



9.-ACTUACIONES Y PROYECTOS CONCRETOS

9.1.- NUEVOS ENFOQUES Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN. OASIFICACIÓN; TRAMPAS DE AGUA, Y BIODIVERSIDAD

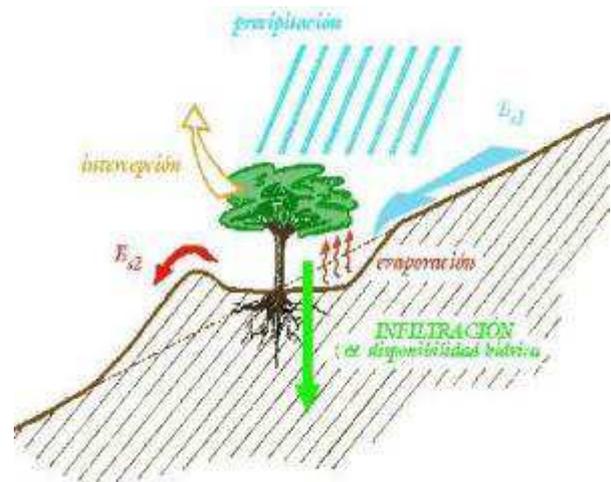
Nos hace verdadera ilusión incluir un epígrafe sobre este tema. Un equipo de profesionales españoles inició, no hace muchos años, un nuevo enfoque para la restauración de zonas áridas al que da el nombre de oasificación. Sus nombres, así como información exhaustiva sobre el tema, los puedes encontrar en

<http://www.oasification.com/index.htm>.

De acuerdo con ellos, "la oasificación es el proceso contrario a la desertificación. No se trata de describir el problema (desertificación) sino de aportar soluciones (oasificación). Mediante técnicas acertadas de recolección de agua, suelo, semillas y nutrientes se puede revertir la desertización, incluso en situaciones extremas". Para conseguir este objetivo se debe ir actuando en contra de la producción de escorrentía y a favor de la infiltración, transformando, en la medida de lo posible, escorrentía en infiltración. A la larga, Agua Azul en Agua Verde.

Una de sus aportaciones pioneras en el tema, era una metodología (MODIPE) que permite, entre otras cosas, ajustar con precisión dos datos asociados a la plantación de un ejemplar de una especie para la restauración.

- El área de recepción de precipitación necesaria para producir la escorrentía suficiente para ocupar el microembalse donde habremos hecho la plantación.
- La capacidad del microembalse será tal que permita la supervivencia de la planta, cosa que difícilmente sucedería si no se recogiera la escorrentía.



Os incluimos una imagen que podéis encontrar en su página web antes indicada.

Su principal campo de acción es la hidrología de conservación de aguas y en ella la recolección de escorrentías en zonas secas, con fines de posibilitar la restauración forestal y vegetal de las mismas. A partir de este principio se han ido elaborando muchas ideas y aplicaciones como puede ser la captación de agua y su posterior aplicación para la creación de zonas húmedas puntuales y/o temporales o las trampas de agua que encuentran un importante potencial de ocupación en los cortafuegos. Nosotros nos vamos a centrar en estos dos ejemplos, por su mayor singularidad. El resto de actuaciones están perfectamente desarrollados y disponibles en su web, así como en las diversas publicaciones que han venido realizando.

CREACIÓN DE ZONAS HÚMEDAS

Una manera de aprovechar el agua de lluvia es la creación de charcas para fomento de biodiversidad, especialmente de anfibios. Para llevar a cabo este aprovechamiento y que el agua de lluvia llegue a la charca son necesarios 3 elementos o puntos clave:

- Zona de recogida de agua: es una zona con pendiente ligera, de gran extensión que se limpia de vegetación para aumentar la escorrentía y en la que se hacen caballones para recoger el agua evitando encharcamientos. A estos

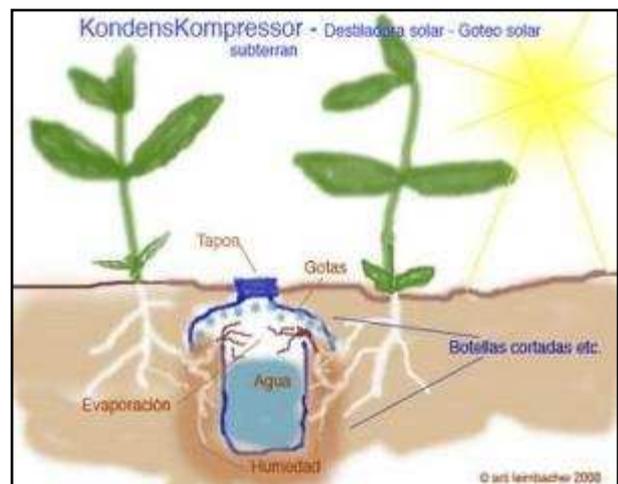
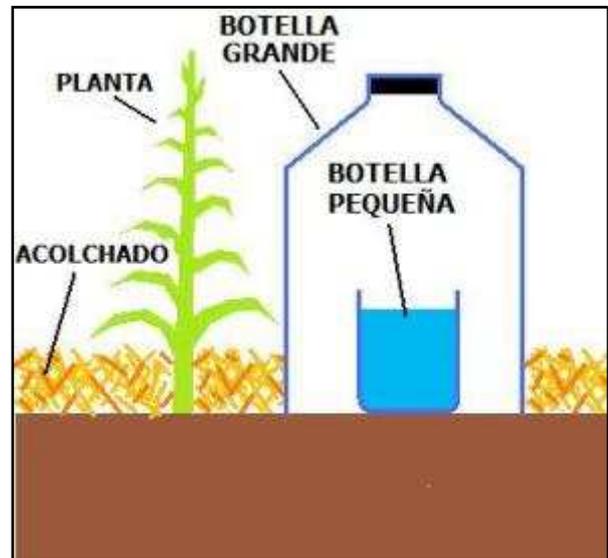


caballones se les da una ligera pendiente para que el agua circule hacia un sistema de canalizaciones, a través de los cuales llegue al siguiente elemento clave: el decantador.

- El decantador: es un depósito de profundidad considerable al que llegan las aguas de lluvia por un canal desde la zona de recogida y en donde se separan los elementos pesados, que quedan dentro del depósito al caer por gravedad. El agua libre de elementos gruesos, sale del decantador por otro canal y se dirige al elemento final: la charca.
- La charca: el objetivo final es crear una charca de anfibios. Esto se consigue realizando una excavación, previa y posterior compactación de la solera resultante. Luego se realiza la revegetación con especies adecuadas a los objetivos, procurando mantener la zona inundada lo más sombreada posible., Además de fomentar de foma



notable la diversidad faunística y botánica de la zona, también proporcionan agua para que beba la fauna del lugar.



IMÁGENES DE SISTEMAS DE MICRORRIEGO. El objetivo de estos sistemas es aportar la humedad suficiente para que sobreviva a cada unidad de especie plantada para la oasisificación o restauración. A continuación se incluyen unas imágenes para que se vea el abanico de recursos disponibles.

Estos sistemas de microirrigación de carácter casero los consideramos de utilidad pues nos pueden servir como fuente de inspiración para producciones en serie como la bandeja captadora de rocíos y al mismo tiempo alcorque de al lado. (Imagen publicitaria)

9.2.- VÍAS, CAMINOS FORESTALES Y CORTAFUEGOS

Todas las técnicas de recolección de escorrentías tienen dos campos de aplicación casi inmediatos. La captación de agua de lluvia en cortafuegos o bien en cunetas de caminos forestales, agrarios o carreteras.

CORTAFUEGOS.

Los cortafuegos, son áreas limpias de vegetación, generalmente ocupadas por suelo desnudo, o bien por vegetación herbácea, cuya eficacia para la generación de escorrentía, los hacen especialmente favorables para su utilización como cuencas receptoras de agua para otros fines.

Un cortafuegos en montes arbolados de coníferas puede tener una anchura de unos 20 m, y en caso de estar incluido en un área cortafuegos esta puede llegar hasta anchuras de 100m, siendo lo normal estar por debajo de estas dimensiones. Superficies más que interesantes para contemplar la posibilidad de recolectar agua.

En este sentido nos podemos aprovechar por ejemplo de la normativa ambiental extremeña. Para evitar procesos erosivos graves, exige que su ejecución en pendientes superiores al 10%, incluya canales de desagües oblicuos cada 25 m. El resultado de esta norma es que disponemos para cada desagüe oblicuo de una superficie de recepción de $20 \times 25 = 500$ metros cuadrados, situada en pendientes normalmente superiores al 20%. Aplicando un coeficiente de escorrentía de 0,65 y con precipitaciones próximas a los 400 mm se podrían recoger en forma de escorrentía 130 metros cúbicos de agua por tramo (Una piscina de chalet de $12 \times 6 \times 1,66$ m) Para 600 mm un 50% más. En general las precipitaciones son más altas. Asociado a un cortafuegos, puede ser de gran utilidad construir un depósito de agua. Las capacidades típicas de estos depósitos son

60 metros cúbicos y una profundidad de 2 m al menos. Como podemos observar por cada 25 metros de desnivel podríamos contar con un depósito de doble capacidad que la necesaria.



Cortafuegos en la Sierra de las Villuercas.

Los canales de desviación abiertos tienen que tener una dimensión suficiente para conducir los caudales máximos de agua, que se puedan producir. Una sección de 40×40 cm, parece suficiente siendo recomendable una sección más ancha por arriba que en su base. La pendiente del canal, sin revestir será igual o superior al 2% para que el agua siga su camino de forma laminada. Para incrementar la durabilidad de las zanjales conviene mantener paredes y fondo sin rugosidades.

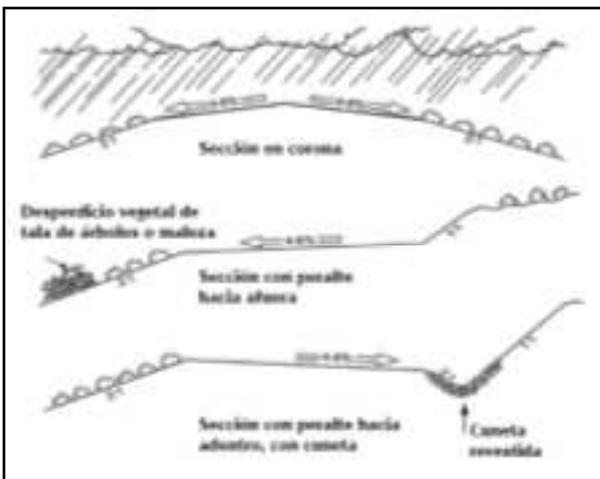
CAMINOS Y VÍAS FORESTALES.

Otra oportunidad evidente de captar aguas de escorrentía los ofrecen los caminos y pistas forestales. Este tipo de infraestructuras rurales llevan asociadas una serie de obras y técnicas destinadas a garantizar su permanencia en el tiempo defendiéndolos de su peor enemigo: las aguas de lluvia en forma de escorrentía. Como ya sabemos, lo que nosotros queremos es transformar esa escorrentía en agua utilizable para diversos usos:

depósitos, puntos de agua, diversificación vegetal, riego, oasisificación...

De las obras de defensa de drenaje, nos interesan las cunetas, los fimes y las conducciones de las aguas recogidas bajo la base del camino: las alcantarillas. Vamos a descomponer en primer lugar el agua captada.

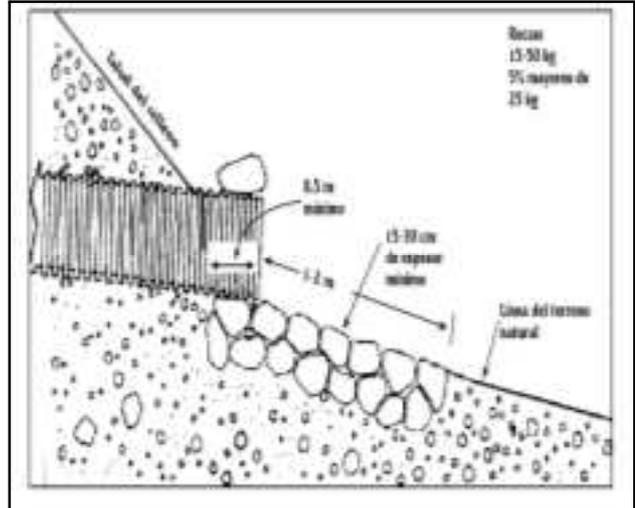
-
- Por un lado, si la pista va en ladera o atraviesa una pendiente, su borde interior dispondrá de una cuneta que canaliza el agua que viene de la ladera procedente de cotas más altas. Cada cierta longitud, que disminuye con la pendiente del camino y la erosionabilidad de los suelos por los que transcurre, se realiza una alcantarilla que da salida al agua recogida. Las cantidades de agua recogida son las que corresponden a un



tramo de ladera de entre 100 y 50 metros aproximadamente.

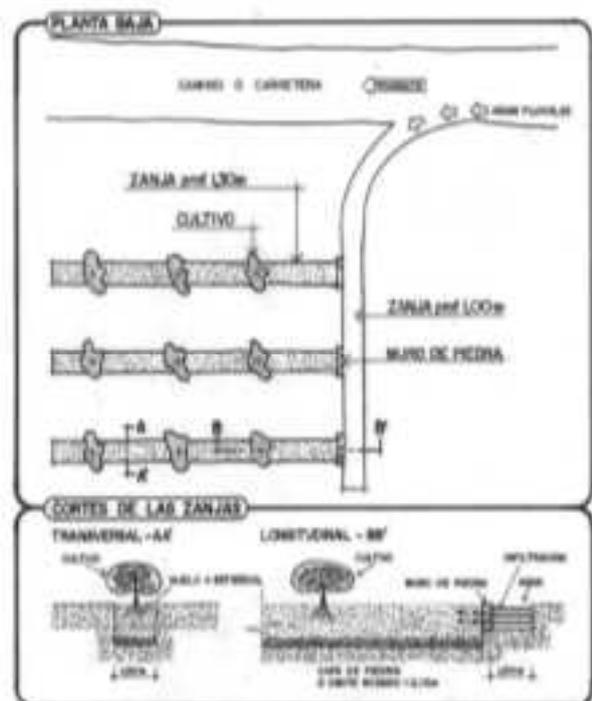
Por otro lado el agua que cae directamente sobre el fime, que irá a parar a una de las dos cunetas o directamente verterá por el terraplén. En una zona llana será la única escorrentía recogida. Un camino para vehículos suele tener una anchura mínima, incluido arcenes, de 5 metros, que para un tramo de 100 metros ya hacen una superficie a tener en cuenta, por el alto coeficiente de escorrentía del fime.

Es importante señalar la necesidad de proteger las bases de cunetas y salida de agua de alcantarillas frente al poder erosivo del agua.



Detalles constructivos procedentes del libro *Ingeniería de Caminos Rurales* de Gordon Keller y James Sherar.

Incluimos a continuación un ejemplo de esquema de aplicación del agua recogida en Vías o Caminos tomada de A. de Souza Silva, E. Rocha Porto, H. de Oliveira Lopes, 2000.



9.3.- MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS O ADAPTADAS

Las actuaciones, técnicas y medidas descritas en las páginas anteriores no necesitan de maquinaria específica, sino de un enfoque algo distinto para el uso de la maquinaria forestal. Consideramos que la forma más eficaz de acercarnos al mundo de maquinarias y aperos es a través de las acciones con efectos hidrológicos más importantes. Será un mero listado, con imágenes procedentes de catálogos comerciales o de servicios de empresas existentes en la red.

CLARAS Y APEOS DIVERSOS:

Hidrológicamente importantes por disminuir



la espesura de la masa y la intercepción y porque el uso de maquinaria pesada puede producir compactaciones del suelo e iniciar procesos erosivos. Maquinaria más habitual: Motosierras, skiderrss y camiones autocargadores, fundamentalmente



DESBROCES SELECTIVOS:

Hidrológicamente importante por disminuir la biomasa viva y disminuir la intercepción. Incluye también la incorporación al suelo de elementos triturados como protección a la evaporación de agua y fomento de la infiltración. Se aplican también en mejora de pastizales para eliminar el matorral colonizador. Maquinaria más habitual: Desbrozadora manual; desbrozadora de cadenas o martillos; trituradora o astilladoras.



DESBROCES EXTENSOS Y SUBSOLADOS:

Son actuaciones poco recomendables, pero necesarias en la recuperación de dehesas sumergidas, por ejemplo. También se suelen aplicar en la transformación de masas de eucaliptos a bosques mediterráneos. En estos casos se requiere destocar. Por último son indispensables para preparación de cortafuegos o las cuencas de captación de aguas para depósitos, zonas de riego, e incluso balsas ganaderas. El subsolado se realiza para favorecer la infiltración del agua. Maquinaria más habitual: Bulldozer, grada de discos y retroexcavadora o retroaraña y subsoladores. En general los tractores de cadenas generan mucho más problemas en el suelo que los de ruedas.



EXCAVACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BALSAS GANADERAS Y OTROS DEPÓSITOS:

Se suele usar maquinaria de obra pública. Bulldozer, palas cargadoras,, retroexcavadoras, compactadores manuales, o remolcales e incluso motoniveladoras de acuerdo con el tamaño.



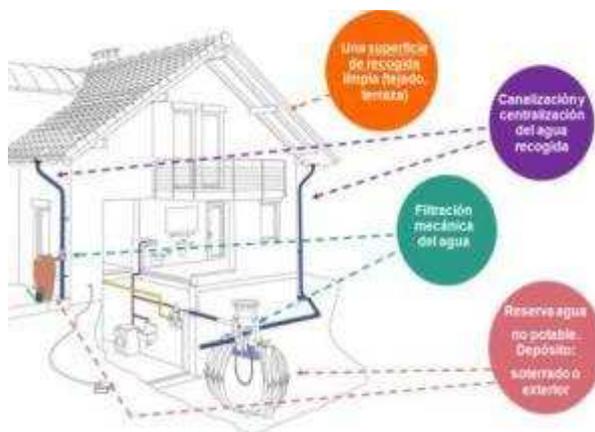


TRAMPAS DE AGUA Y CANALES DE DESVIACIÓN.

Este tipo de actuaciones, propio de zonas áridas se debe hacer con la maquinaria más ligera posible y con el menor impacto sobre el suelo que no se vaya a tocar. Se suelen usar retroexcavadoras pequeñas o retroarañas.

9.4.- COSECHADORAS DE LLUVIA

Una cosechadora de lluvia es un conjunto de elementos que sirve para recoger y almacenar el agua de lluvia y presentarla disponible para el aprovechamiento. En un clima como el mediterráneo la recuperación del agua de lluvia es una fuente de agua imprescindible para llevar una buena gestión del agua.



En internet y en diversa bibliografía se pueden encontrar distintas aplicaciones y formas de aprovechar el agua de lluvia. Comentaremos algunas de las más generalizadas e interesantes:

- El agua de lluvia para uso doméstico: el agua que cae en el tejado resbala hacia las canaletas situadas en la parte baja de éste y cae hasta el suelo por las bajantes. El sistema consistiría en colocar un depósito de almacenaje justo de tal forma que el agua de las bajantes entre directamente en él, previo paso por un filtro para eliminar las partículas sólidas. Este agua quedaría disponible para riego, la limpieza de suelos, cristales, etc. e incluso (instalando un sistema de tuberías) para la lavadora y el WC.
- El agua de lluvia para el riego de plantas: en la Universidad de Jaén se ha inventado un dispositivo para el riego que incorpora depósitos para automatizar el proceso de riego y aumentar el aporte



hídrico y que comprende una estructura para la protección de la planta contra agentes externos (animales, climatológicos, etc.) y un recipiente para recogida de agua de precipitación y riego retardado. En el balance hídrico de una planta intervienen el aporte de agua al suelo disponible para las raíces y el consumo de agua por parte de la planta debido principalmente a la evapotranspiración. El balance hídrico se puede mejorar disminuyendo la evapotranspiración, por ejemplo, proporcionando a la planta cierta sombra para que disminuya la temperatura.

Este sistema está formado por 2 componentes claves:

- Depósito que recoge agua de lluvia y lo suministra paulatinamente mediante un mecanismo retardado de tal forma que aumenta el periodo de

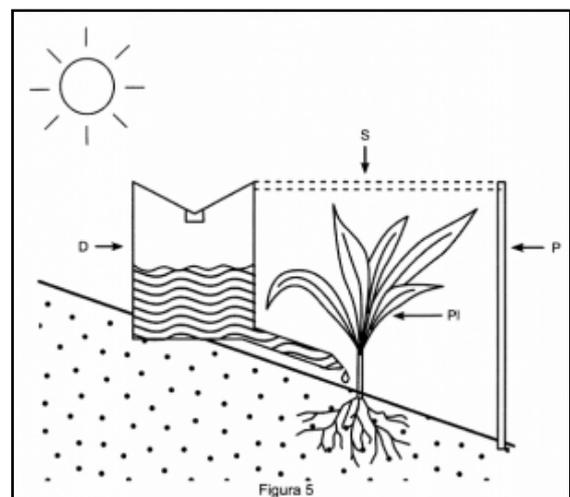


Figura 5

tiempo en que el agua está disponible.

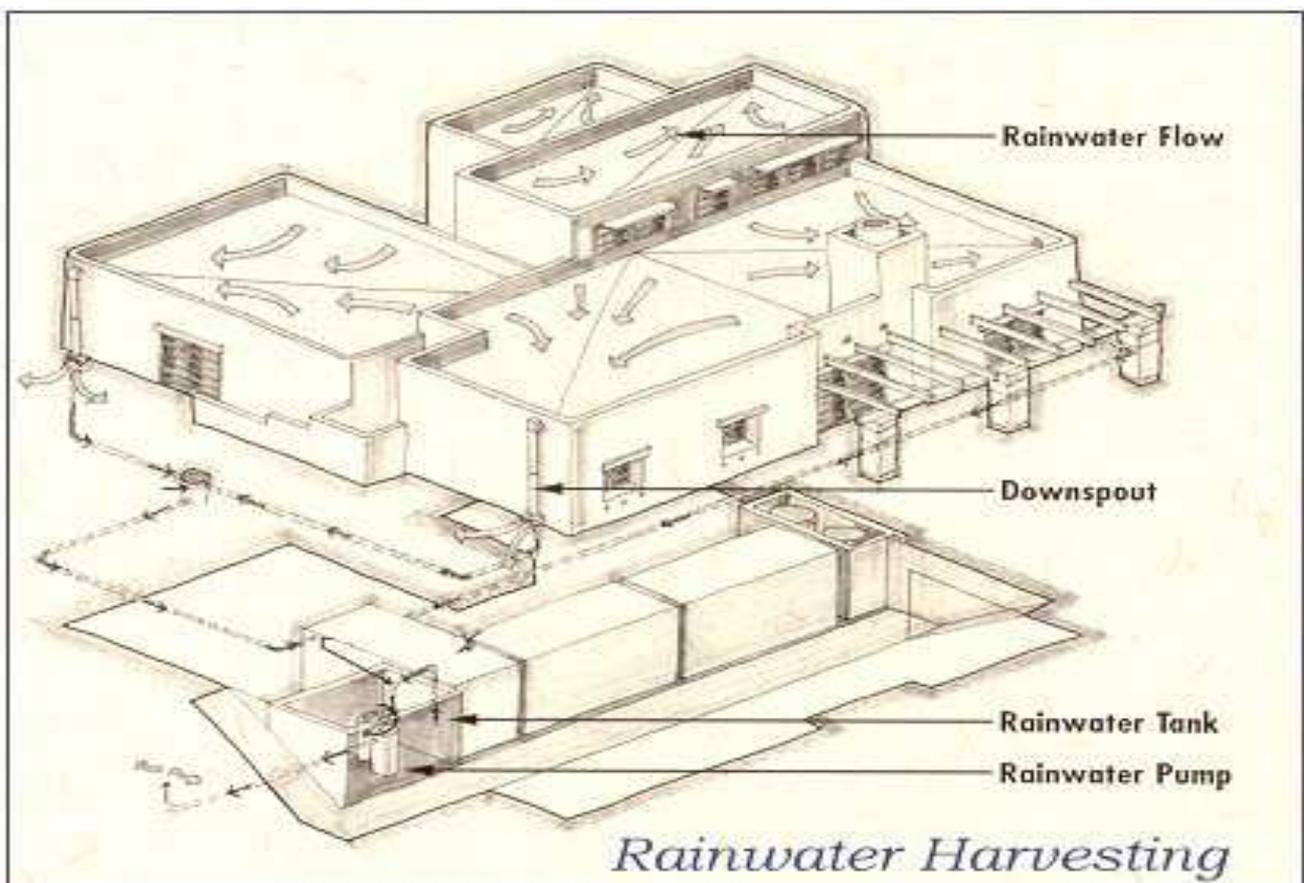
- Estructura capaz de suministrar sombra y protección contra animales. Podría ser una estructura cilíndrica con tapadera de malla de sombreado que permitiese la entrada del agua de lluvia.

Una última aplicación sería la utilización directa del agua de lluvia para cultivos hortícolas: con este sistema las plantas sólo se abastecen del agua de precipitaciones. Se trata de un sistema de cultivo hidropónico recirculante que aprovecha las precipitaciones que caen sobre tejados y que son dirigidas mediante tuberías a un depósito donde se acumula el agua. La novedad radica en que las hortalizas se establecen en las propias tuberías de conducción del agua como cultivo hidropónico. El agua que no es aprovechada por las plantas, llega al depósito acumulador y de ahí se bombea de nuevo hacia el



principio de la tubería donde están las plantas, haciendo todo el sistema mucho más eficiente en la utilización del agua.

Un enlace interesante puede ser, entre otros: <http://www.aquadelluvia.es>



9.5.- CAPTADORES DE NIEBLA

Traemos a colación esta tecnología, pues está en auge. Su aplicación en la península se restringiría a zonas con nieblas abundantes, de carácter orográfico. Es una estrategia con un alto potencial a partir de un número de días de niebla y una capacidad de captación que está aún por calibrar para la península. Una vez más la fotografías expuestas en este epígrafe provienen de publicaciones libres on-line generalmente de empresas especializadas en el tema.

Los equipos de captura destinados al uso particular ofrecen múltiples posibilidades en las que usuario dispondrá de agua de alta calidad capturada y almacenada en depósitos para:

- Agua para riego.
- Agua sanitaria y de limpieza.
- Agua para consumo (tras tratamiento específico).

Para agricultura y ganadería la captura de agua implica:

- Una mejora de la calidad del suelo al utilizar este tipo de agua.
- Disponibilidad de agua todo el año, incluso en épocas de sequía.
- Posibilidad de reconversión de fincas de secano a regadío.
- Mejora de la calidad del agua

existente a partir de mezcla con el agua de captura, esto es especialmente útil en acuíferos de agua salobre

Otras aplicaciones pueden ser:

- Fuentes de apoyo en senderismo y áreas recreativas.
- Suministro de zonas aisladas.
- Prevención y lucha contra incendios: Las estaciones de captación atmosférica se utilizan para el abastecimiento continuo de aljibes y depósitos en lugares cercanos a áreas con alto riesgo de incendio (cortafuegos, zonas recreativas, instalaciones eléctricas, aéreas inaccesibles...
- Reforestación: Recuperación de formaciones vegetales mediante riego hasta que estas adquieren el tamaño suficiente para obtener el agua de la niebla por si solas, esto permite desmontar el sistema y reutilizarlo progresivamente durante el proceso de reforestación.
- Mejora de la calidad del agua en acuíferos sobre-explotados
- Sistemas de abastecimiento de agua descentralizados

Aportamos a continuación algunos datos relativos a eficacia de captaciones:

- Modelo base: estructura diseñada para soportar grandes vientos. De dimensiones 3x2 m captan 192 litros/día y si son de 5x2 m pueden captar hasta 320 litros/día.
- Modelo duplo: toleran vientos menos intensos que los anteriores. Tienen bandejas recolectoras en ambas caras del bastidor vertical. Pueden captar desde 240 l/día (3x2 metros) hasta 420 l/día (5x2 m).
- Modelo abeto: al igual que el modelo duplo, dispone de bandejas recolectoras (decrecientes) en ambos lados de la estructura. Su diseño se asemeja a un árbol y está especialmente pensado para



su integración en zonas boscosas y presenta un excelente nivel de captura en esas condiciones. Pueden captar desde 288 l/día (3x2 metros) hasta 480 l/día (5x2 m).

UN ESTUDIO COMO EJEMPLO EN AYORA

Una vez establecida la importancia de los captadores de niebla, el CEAM de Murcia busca aplicaciones prácticas en el ámbito de la restauración forestal. El lugar elegido fue la Sierra de los Machos de Ayora, un lugar castigado por los incendios y con dificultad para la regeneración natural, donde tras analizar los resultados de presencia de niebla, su régimen de descarga y el volumen que podía captarse se decidió a iniciar el proyecto.

El esquema es sencillo: un captador de tejido sintético de bajo coste de 18 m² que intercepta la niebla y es conducida a 3 depósitos de 1000 litros cada uno desde los que, aprovechando el desnivel, se alimenta una instalación de riego por goteo que cubre una superficie de 2500 m² de *pinus pinaster* y *Quercus ilex*. No siendo Ayora un lugar especialmente favorable para la formación de nieblas, los resultados son bastante buenos, el sistema provee 3,3 litros de agua por m² y día, lo que hace un total de 21.600 litros al año en toda la superficie. Por lo tanto, en otras zonas más próximas a la costa y mejor orientadas se llega a los 10 L/m² y día

CAPTADORES NRP 3.0

Dos empresarios canarios comenzaron hace unos años a producir agua de niebla a 1600 metros de altitud en Gran Canaria. Tienen patentados varios modelos de captadores de niebla de distintos tamaños y rendimientos.

Estos captadores son totalmente ecológicos, no generan impacto visual ni ocupan mucho espacio, y la actividad que desarrollan no consume energía ni genera residuos.



Panel experimental de captación de niebla en Ayora.

El sistema está formado por unos captadores fabricados con fibra de vidrio y con forma de prisma, que capturan la niebla mediante condensación. Las gotas de agua que se forman precipitan hacia a una base diseñada para decantar y filtrar el agua y posteriormente se conduce y almacena en unos depósitos especiales.

La estructura tridimensional del sistema le otorga una gran estabilidad, evita pérdidas de agua fuera de la estructura y minimiza la influencia en la producción de las variaciones en la dirección de los vientos. Los materiales empleados le confieren una gran resistencia, poco peso y durabilidad. Además, ofrecen una mayor estabilidad que los captadores del ensayo de Ayora que vale para vientos flojos y constantes, pero no para la fuerza y las rachas con las que soplan los alisios en Canarias.

Los captadores NRP 3.0 poseen una enorme superficie captadora de 56 m² ocupando el mínimo espacio, sólo 1,6 m², reduciendo así la superficie ocupada en un 90% y minimizando el impacto visual.

En la actualidad, constituyen el mayor avance técnico y productivo a nivel mundial de los últimos 50 años en este sector. El modelo productivo está entre 70 y 300 litros

de agua al día y una vida útil superior a 10 años.

Como curiosidad, comentar que por falta de ayudas y subvenciones, estos empresarios no utilizan el sistema para regar pequeños huertos o para la extinción de incendios forestales, que era su objetivo inicial, sino que destinan el agua recolectada a comercializar "Alisios: agua de niebla", la única agua embotellada del mundo obtenida directamente de las nubes de forma totalmente sostenible e innovadora.

AEROGENERADORES DE AGUA POTABLE - EOLE WATER

Aunque no tiene que ver con agua de niebla si lo tiene con humedad de aire y su captación para la producción de Agua Potable. Por lo innovador y reciente lo traemos a colación.

Una empresa francesa, llamada Eole Water, ha desarrollado un prototipo capaz de producir agua potable sólo a partir de aire. Básicamente el funcionamiento consiste en utilizar las técnicas de las máquinas de aire acondicionado para condensar el agua en zonas sin acceso a la red eléctrica.

El prototipo se basa en un aerogenerador con una potencia de 30 kW que alimenta a todo el sistema. El método de funcionamiento es el siguiente:

El aire penetra a través de unas rejillas de ventilación situadas en el cono del morro de la turbina y posteriormente se calienta por un generador para producir vapor. Este vapor pasa por un compresor de refrigeración que hace que se condense en forma de agua. Finalmente el agua producida es enviada por medio de unas tuberías hasta unos tanques de acero inoxidable de almacenamiento, situados en la caseta, donde se filtra y se purifica, para estar lista para el consumo humano.

Esta nueva tecnología es de sencillo mantenimiento, fácil accesibilidad y autosuficiente, lo que hace que sea especialmente aprovechable para comunidades remotas como zonas desérticas donde no hay electricidad.

Además está fuertemente influenciada por el principio de desarrollo sostenible, con aire, viento y sol como únicas fuentes de energía. No hay liberación de CO₂, ni perforación de aguas subterráneas ni bombeos de agua superficial.

En cuanto a números: puede generar unos 350 litros diarios en una zona desértica con temperaturas de hasta 35 grados centígrados y una humedad del 30%, o hasta 1.800 litros/día si opera en un paraje costero a 30 grados y con un 70% de humedad relativa.

ESTACIONES DE AGUA DE EMERGENCIA - AQUA SCIENCES

Otro caso interesante de producción de agua potable a partir del aire de la atmósfera son las Emergency Water Station (estaciones de agua de emergencia) diseñadas por la empresa Aqua Sciences y utilizadas por el Ejército de EE.UU. y la FEMA (Federal Emergency Management Agency) en



misiones humanitarias en zonas afectadas por desastres naturales para proporcionar agua a la población y a los militares.

Son unidades autosuficientes de 12 metros de longitud, que mediante generadores eléctricos propios son capaces de producir 2600 galones de agua potable al día (9.800 litros aprox.), durante un máximo de una semana.

Fueron utilizadas con éxito por el ejército de EE.UU en misión humanitaria a principios de 2010 en Haití, en el mayor desastre natural en la historia del hemisferio occidental, salvando incontables vidas en el Hospital Universitario de Puerto Príncipe.

servido de inspiración a un equipo de la Universidad de Oxford y la empresa Británica de investigación para la defensa QuinetiQ para diseñar una superficie de materiales sintéticos que imitan su funcionamiento y que colocados a modo de paneles sobre las viviendas podrían servir para recoger agua y aumentar su disponibilidad en zonas áridas. La UNEP (United Nations Environment Programme) ha reconocido la idea entre las "Nature's 100 Best" que podrían contribuir en el siglo XXI a una economía más sostenible. Las pruebas realizadas hasta el momento muestran la posibilidad de obtener agua del ambiente o de torres de enfriamiento.



Como dato curioso, Aqua Sciences no ha desvelado el método de funcionamiento de estas unidades. Únicamente explican que es similar a lo que sucede cuando metes arroz en un salero para que absorba la humedad y evite que se compacte la sal.

A IMAGEN Y SEMEJANZA DEL ESCARABAJO DEL DESIERTO DE NAMIB

La superficie del cuerpo del escarabajo del Desierto de Namib posee unas protuberancias que atraen el agua de las placas de las alas permitiendo al insecto recolectar gotas de agua. Este hecho ha

10.- EMPRENDER EN AGUA FORESTAL

Para terminar esta publicación on line, incluimos dos breves epígrafes relativos a la posibilidad de iniciar una actividad en el sector. El primero de ellos es relativo a las posibles líneas de negocio, productos o servicios con potencial empresarial y el segundo al desarrollo de un sencillo Plan de negocio, de acuerdo a la metodología de Lienzo de negocio. Esperamos que como cierre sean una motivación interesante para el lector, y quién sabe, quizás futuro emprendedor.

En ASEMFO, Asociación Nacional de Empresas Forestales hemos realizado la primera parte del proyecto Agua Forestal: producción de aguas en tierras forestales. Forma parte de los proyectos elegidos por el programa Empleaverde 2013, gestionado por la Fundación Biodiversidad y subvencionado al 80% por el FSE.

Nuestro objetivo es intentar poner en marcha una nueva línea de servicios empresariales forestales, en tierras mediterráneas, capaces de dinamizar parcialmente el sector.

La idea parte de la suma de un conjunto de hechos que podemos enumerar secuencialmente:

- En clima mediterráneo, la escasez de agua en verano, es el principal factor

limitante de los ecosistemas forestales.

- El servicio ambiental de más valor en nuestros ecosistemas forestales es la provisión de agua. Es un servicio prestado gratuitamente que supera los 450 euros/ha y año de media para España de acuerdo con el estudio Valoración de los activos naturales de España. MARM 2010
- En España se reconocen las aguas de dominio privado. De acuerdo con el CODIGO CIVIL, que incorpora los artículos de la Ley de Aguas, nos interesan especialmente: Las aguas pluviales que en los mismos (predios) caigan, mientras no traspasen sus linderos.
- Llamamos Agua Forestal a las aguas procedentes de precipitaciones que caen sobre un predio de carácter forestal y por tanto tienen la consideración de dominio privado.

A partir de aquí, el punto de partida queda perfectamente definido. La propiedad de un predio forestal, público o privado, puede modificar la cantidad, el ritmo y la composición del Agua Forestal que por el transita, de acuerdo con criterios de gestión pública o bien de acuerdo a sus propios intereses.

Embalse en propiedad privada con agua de dominio privado.



10.1.- CARTA DE SERVICIOS EN AGUA FORESTAL

Entendiendo Agua Forestal, como la producción de agua en tierras forestales mediterráneas de la península, y de acuerdo con los datos de que disponemos hasta ahora se establecen dos tipos de actuaciones en función de las precipitaciones anuales. Por un lado las zonas con precipitación superior a 600 mm (Verde oscuro y azules) y las zonas con precipitación inferior a esta cantidad el resto.

Zonas con precipitaciones superiores a 600 mm.

El propietario o el gestor deberá plantearse la oportunidad de dirigir sus masas a la producción de Agua Azul como recurso principal frente a otros productos y servicios o bien optimizar al máximo la producción de Agua Verde en forma de madera o materia vegetal. Este colectivo es probablemente nuestro cliente prioritario. En esta tesitura podemos generar la siguiente carta de servicios:

- Ordenación de las masas forestales para la producción de Agua Azul.
- Ordenación de las masas forestales para la optimización de Agua Verde.
- Estudios de viabilidad de inversiones en embalsado y distribución de agua para riego en la misma propiedad: agrícola, forestal, forrajero...

Bebedero aves con recarga desde sistema mejorable con Agua Forestal de recolección



- Estudios de viabilidad de inversiones en embalsado y distribución de agua para riego para propiedades ajenas a la colectora de agua.: agrícola, forestal, forrajero...
- Construcción y montaje de infraestructura de embalsado o depósito.
- Construcción y montaje de infraestructura de riego.

Zonas con precipitaciones inferiores a 600 mm.

En estas tierras el propietario o gestor, deberá plantearse técnicas de manejo de Agua Forestal para maximizar y optimizar el Agua Verde en productos maderables o de otro tipo con valor añadido. También la creación de sistemas específicos de recolección y depósito de agua para usos muy concretos como pueden ser los ganaderos o la defensa frente a incendios o simplemente la potenciación de la biodiversidad. Alguno de los servicios que podremos incluir en nuestra carta serían:

- Ordenación de masas forestales, contemplando el agua como factor productivo clave para las mismas. Maximización del Agua Verde.
- Construcción e instalación de balsas ganaderas, depósitos para defensa frente al fuego, etc.
- Restauración vegetal y repoblaciones con técnicas de oasisificación, aplicando MODIPE.
- Cosechadoras de agua de lluvia para uso doméstico o ganadero.
- Producción de aguas de niebla.
- Producción de aguas pluviales para consumo.
- Aplicación de agua en la creación de puntos húmedos de biodiversidad.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

10.2.- PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE AGUA EN TIERRAS FORESTALES MEDITERRÁNEAS. INNOVACIÓN ESTRATÉGICA Y ANÁLISIS DEL MODELO DE NEGOCIO

El presente epígrafe es la transcripción parcial del artículo de la sección de divulgación de la revista Montes. Segundo trimestre 2014.

ELEMENTOS BÁSICOS DE UN PLAN DE NEGOCIO EN AGUA FORESTAL.

Agua Forestal es un ejercicio de innovación estratégica del colectivo de las empresas forestales españolas en zonas mediterráneas. Se trata de crear un nuevo mercado de servicios ligados al agua como factor productivo en las tierras forestales. Un cambio de enfoque que supone superar los límites del negocio forestal tradicional y asumir los riesgos que conlleva encontrar, abrir y consolidar nuevos nichos de actuación empresarial.

Queremos compartir nuestra visión estratégica sobre Agua Forestal. Para ello expondremos de manera sintética los componentes del modelo de negocio genérico. Nuestro objetivo final es crear una plataforma de empresas de servicios en red, asociadas tras la marca Agua Forestal. Para ello seguiremos los pasos marcados por el Modelo de Lienzo de Negocios Canvas, muy de moda en estos últimos años.

SEGMENTOS DE CLIENTES:

Los constituyen los propietarios públicos o privados de tierras forestales. Son nuestros clientes de toda la vida. Les debemos hacer conscientes de que el Agua Forestal es un factor productivo que pueden manejar y aprovechar en su beneficio en un marco sostenible ambiental y económicamente. Previsiblemente, las Administraciones Forestales optarán por un mayor balance a favor de Agua Verde, mientras que Confederaciones Hidrográficas,

Administraciones locales y Propietarios Privados prefieran maximizar la producción de Agua Azul. No cambiamos de clientes, cambiamos de enfoque.

Necesitamos reconocer, localizar y convencer a nuestros "clientes visionarios". Aquellos que van a abrir camino en la demanda. Intuimos que pueden estar en las Administraciones locales como propietarias forestales y, al mismo tiempo, consumidoras de aguas domésticas. También, en todo propietario de tierras que quiera maximizar su rentabilidad, a partir del riego parcial del predio, con aguas recogidas en el mismo.

A largo plazo, el ejercicio de la propiedad sobre el Agua Forestal, puede generar un mercado, al que deberán acudir las Administraciones Hidrográficas para garantizar los servicios ambientales ligados al agua retenida o utilizada en tierras forestales.

Entre los segmentos de clientes, nos encontramos con un obstáculo básico. Una gran mayoría de los profesionales forestales, piensa que los bosques mediterráneos generan un mayor volumen de Agua Azul con destino a la red hidrográfica que si no estuvieran presentes. La mayoría de los estudios en este sentido indican lo contrario. Las masas mediterráneas, cuando aumentan su densidad o bien la superficie ocupada, restan Agua Azul, ya que utilizan con gran eficacia el agua de precipitaciones y esta se convierte en Agua Verde. Pensamos que este conocimiento aprendido ha sido adquirido además por toda la sociedad. El trabajo con nuestros clientes pasará por comunicarles este concepto de forma clara, veraz y transparente.

PROPUESTA DE VALOR:

Enmarcamos la propuesta de valor en una realidad con doble cara. Puede ser una ventaja competitiva o bien un obstáculo a superar: la separación existente entre el



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ANEF ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

mundo de la investigación y el saber del resto de la sociedad. Lo escrito y publicado sobre selvicultura del agua o selvicultura hidrológica, no llega a la propiedad, pública o privada, ni a las empresas que la tienen como clientes de sus cartas de servicios. Nuestro objetivo es buscar, localizar y divulgar lo que se sabe e investiga e incorporarlo a los saberes de técnicos y empresarios.

Nuestra propuesta de valor se basa en la obtención de rendimientos directos del Agua Forestal por parte de la propiedad. Debemos enfocar inicialmente la actividad de cara a los propietarios privados, señalando que una ha forestal media es capaz de proporcionar hasta 1.000 metros cúbicos de Agua Azul. Ofreceremos estrategias para su aplicación viable al incremento de la producción, forestal, ganadera o agraria. Se pueden obtener mejoras productivas de hasta un 40% para el conjunto de la propiedad. Cuando el agua se utiliza para riego de olivar u otros cultivos leñosos, las inversiones en balsas de riego o pequeños embalses, son rentables en las zonas de clima más templado o con altas precipitaciones relativas. Los servicios empresariales deberán incluir la ejecución de todo tipo de servicios, obras y suministros relacionados con el embalsado y el riego.

A la propiedad pública forestal deberemos hacerle ver que la clave de los servicios ambientales y la rentabilidad económica de las masas forestales está en el manejo del agua forestal. Serán ellas las que deben valorar la influencia positiva o negativa en los caudales y en la calidad del Agua Azul o bien en inclinar la balanza a favor del Agua Verde: incremento de la productividad forestal de la masa, restauración de la vegetación e incremento de la biodiversidad.

CANALES.

Los canales van a ser los habituales con nuestros clientes. Necesitamos hacer hincapié en la incorporación de los datos científicos que se van añadiendo al escenario asumiendo tendencias y realidades sobre el papel de los bosques mediterráneos en el equilibrio del Agua Azul y Agua Verde. Nuestro objetivo es buscar el punto óptimo de todos los valores con un principio de prudencia ante la irreversibilidad a corto plazo de diversas acciones como pueden ser las claras intensivas, o la eliminación intensiva de matorral colonizador.

Lugar imagen de marca de Agua Forestal El rugidero del PN de Cornalvo.





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

Se complementarán y concentrarán en una Plataforma en Red de Servicios de Agua Forestal donde se organice la oferta, concreta y específica, de servicios por tipología y localización y al mismo tiempo permite actualizar y conocer todos los avances y novedades en Agua Forestal.

Las actuaciones requieren del claro convencimiento de los clientes y la adecuación a las condiciones climáticas y ecológicas locales. Para ellos se recomendará su implantación progresiva y en la medida de lo posible con una fase piloto de ajuste.

RELACIÓN/VALOR DIFERENCIAL.

Dado el carácter innovador y el cambio de enfoque que supone la oferta de servicios, creemos que debe incorporar los siguientes valores:

- Seriedad, sencillez, transparencia y claridad. Muchas de las actuaciones pueden ser tentativas.
- Garantía de persistencia de la masa y respeto por los valores naturales del territorio.
- Respeto por las "partes": especialmente aguas abajo del predio.
- Entusiasmo y motivación del cliente, haciéndole sentirse protagonista de una experiencia singular e innovadora. Vamos abriendo camino.

FLUJO DE INGRESOS.

En este campo no hay cambios importantes. Sin embargo conviene introducir un concepto para el mejor desarrollo del sector: Todas las obras e inversiones hidráulicas deben llevar asociado un estudio de viabilidad en el que adquiere especial importancia los periodos de amortización previstos. Este criterio puede permitir un análisis estratégico financiero de la actuación, tanto por parte del cliente como de la empresa se servicios.

RECURSOS CLAVES.

Partimos de los recursos tipo de una empresa forestal, pero llevados a nuevas aplicaciones, utilidades y enfoques. El reto está en seleccionarlos y utilizarlos de la forma más eficiente posible.

Se abre una gama de productos para la pequeña propiedad y la segunda residencia que debe ser cubierta: cosechadoras de lluvia, depósitos de agua, sistemas de riego eficientes, etc. También se puede incorporar un enfoque propio de la obra civil. Dado el giro que se está produciendo hacia este sector por muchas empresas forestales hay que aprovechar las sinergias entre ambos: Enverdecimiento de la obra civil y ahorros en agua doméstica especialmente.

ACTIVIDADES CLAVE.

Las actuaciones comerciales parten del hecho de intentar poner en valor los servicios ambientales ligados al agua que proporcionan los ecosistemas forestales. Va a ser la acción de los propietarios públicos y privados la que desencadene a largo plazo la opción de pago por los servicios de provisión de agua a terceros.

Por otro lado la actividad comercial se centrará en aquellas masas forestales con mayores rendimientos potenciales para la aplicación de selvicultura hidrológica o del agua:

- Repoblaciones consolidadas, tanto de coníferas como de eucaliptos.
- Olivares y Dehesas sumergidas, colonizadas por matorral.
- Monte bajo mediterráneo.
- Matorral de alta montaña con potencial de transformación en pastizales.
- Jarales en zonas de baja pendiente...
- Tierras de conejos, con mancha mediterránea y presencia de especies como el linco o el águila imperial ibérica.

La plataforma en red de servicios de Agua Forestal debe servir para la visualización de actuaciones concretas, actividad esencial



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE



Fundación Biodiversidad



PROGRAMA **e**emplea verde 2007-2013



UNIÓN EUROPEA FONDO SOCIAL EUROPEO El FSE invierte en tu futuro



ASEMFO ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESAS FORESTALES

"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

para comprenderlas y poder solicitarlas por parte de los clientes.

ESTRUCTURA DE COSTES.

De nuevo, es similar a la de una empresa forestal de servicios. El cambio de enfoque y planteamiento tan solo conlleva un incremento en I+D+I y formación, así como una nueva estrategia comercial al preverse un mayor peso de los clientes privados frente a los públicos.

La existencia de un nuevo nicho de mercado alrededor del concepto de la gestión del Agua Forestal es posible. Requiere un cambio de enfoque en los planteamientos de ordenación y manejo de tierras forestales, asumiendo el Agua Forestal como factor limitante y productivo esencial. Debe ser desarrollado en el marco de la sostenibilidad ecológica y económica a largo plazo. Podría llevar a la aparición de pagos por servicios ambientales relacionados con la provisión de

agua. Las empresas forestales y los profesionales del sector cuentan ya con las herramientas para ejecutar servicios en este sentido. Deben incorporar un nuevo bagaje de conocimientos relativo al consumo de Agua Verde por las masas forestales y disminución de Agua Azul. Es necesario un mayor esfuerzo comercial en la comunicación de nuevas ideas y en la captación inicial de nueva clientela del sector privado. Hay mucho camino por investigar, desarrollar e innovar y por acercar los nuevos conocimientos a la oferta y la demanda. A finales de 2014 a través del proyecto de Empleo Verde Agua Forestal II, ASEMFO contará con una plataforma empresarial de servicios en Agua Forestal, en Internet.

Embalse de El Pardo con precipitaciones en la Sierra de Guadarrama de donde proceden sus aguas.





UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

BIBLIOGRAFÍA

- Aguas de Garoé-Imaco 89. (2001) *Los captadores de brumas*. Revista nº22 de la Consejería de Política Territorial y Medio Ambiente.
- Aparecida Magalhães, L. (2009) *Tesis doctoral: Evolución climático-hidrológica reciente y cambios en los usos del suelo en diversas cuencas de cabecera de los ríos Duero y Tajo*.
- Ben Kubbinga. (2011) Thesis: *Its Potential for Assisting Smallholder Farmers in Coping with Water Scarcity and Climate Change, Based on Case Studies in Eastern Province, Kenya*. Free University/Vrije Universiteit, Amsterdam Faculty of Earth and Life Sciences.
- Birot, Y.; Gracia, C. y Palahi, M. (2011) *Agua para los Bosques y la Sociedad en el Mediterráneo*. What Science Can Tell Us. European Forest Institute.
- Blasco, F.; Puigserver, G. y Palou, J. (2008) *Los muros del bancal, un tesoro europeo*. Mallorca Rural.
- Bonvissuto GL, CA Busso. (2006) *Ascenso hidráulico en y entre isletas de vegetación en la zona árida de Argentina*. Revista Internacional de Botánica Experimental, nº75 (págs.:55-70)
- Box Amorós, M. *Un aprovechamiento tradicional del agua en el sureste ibérico: los aljibes*
- Cabeza, C. y Jiménez, M. J. (2009) *Olivar sostenible: Prácticas para una producción sostenible del olivar en Andalucía*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (Córdoba)
- Cantú Silva, I. y Gonzalez Rodríguez, H. (2005) *Pérdidas por intercepción de la lluvia en tres especies de matorral submontano*. CIENCIA UANL / VOL. VIII, nº 1.
- Cirujano, S., A. Meco, P. García-Murillo & M. Chirino (2014). *Flora acuática española. Hidrófitos vasculares*. Real Jardín Botánico, CSIC, 320 pp Madrid.
- Cirujano, S., M. Velayos, F. Castilla & M. Gil Pinilla (1992). *Criterios botánicos para la valoración de las lagunas y humedales españoles (Península Ibérica y las Islas Baleares)*. ICONA-CSIC. Colección Técnica. Madrid
- Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía (2014). DOE, Nº 72.
- Córcega, E. y Silva, O. *Evaluación de la intercepción de lluvia, escorrentía y erosión hídrica en bosques de laderas subhúmedo-secas*.
- *Diseño de sistemas de captación de aguas de lluvia*. Sistema de Captación del Agua de Lluvia de Uso Doméstico y Consumo Humano (COLPOS 1) A NIVEL DE FAMILIA (CIDECALLI-CP, 2007)
- FAO. (2000) *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Experiencias en América Latina*. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
- FAO. (2013) *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.
- Fernández Escalante, E. (2010) *La gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible*. Serie Hidrogeología hoy nº6.
- García Couto, M. A. (2011). *Atlas Climático Ibérico-Iberian Climate Atlas*. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Gómez Mendoza, J (2011) *Territorio, agua y repoblación forestal. Una perspectiva histórica*. Seminario: Situación actual de los bosques. Retos y Oportunidades Santander, UIMP.
- González Sanhís, M.; Del Campo García, A.; Bautista Carrascosa, I.; Lidón Cerezuela, A.; Lull Noguera, C.; García Prats, A. y Frances, F.R. (2013). *Efecto de la silvicultura*



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

hidrológica en una masa natural de Quercus ilex ssp bellota. Sociedad Española de Ciencias Forestales.

- Gonzalez de Tánago, M.; García, M. J.; Ortega, L.; Pardillo, G. Y Toumé, M. (1988) *Intercepción del agua de lluvia bajo diferentes condiciones de cubierta vegetal. Ecología*, nº 2, (págs.: 99-110)
- Guzmán Casado, G. I. y Foraster Pulido, L. (2008) *Buenas Prácticas en Producción Ecológica. Cultivo del olivar*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Hernández, M. & A. Morales (2013). *Los aprovechamientos tradicionales de las aguas de turbias en los piedemontes del sureste de la península ibérica: estado actual en tierras alicantinas*. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 63.
- Hieronimi, H. (2006) *Manejo sustentable del agua: captación, almacenamiento y uso eficiente*. Granja Tierramor, Erongaricuaro, Michoacán (México)
- Huber J., A. y Oyarzún O., A. (1984) *Factores reguladores de la intercepción en un bosque adulto de Pinus radiata (D. DON.) Bosque (5) 2: 59 - 64.*
- Kashyapa. S. Y. (2013). *Prácticas ancestrales de crianza de agua. Una guía de campo*. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Keller, G. y Sherar, J. (2008) *Ingeniería de Caminos Rurales. Guía de Campo para las Mejores Prácticas de Gestión de Caminos Rurales*. US Agency for International Development (USAID).
- Kendall, A. (2008) *Terrazas, una infraestructura agrícola como contribución a las estrategias de manejo de riesgos climáticos*. XII Congreso de Historia Agraria, Córdoba.
- Lajarín García, C. y Refoyo Martínez, A. (2008) *Recogida de aguas pluviales en el Parque de la Concordia*. Colegio Diocesano Cardenal Cisneros.
- Maldonado González, J. (2012) *Gestión forestal para la captación y producción de agua en clima mediterráneo*. Asociación Nacional de Empresas Forestales (ASEMFO).
- Mongil Manso, J. *Conservación de suelos y restauración de la vegetación mediante técnicas tradicionales de recolección de agua*. Universidad Católica de Ávila.
- Navarro Hevia, J. Martínez de Azagra, A. Mongil Manso, J (2009). *Hidrología de conservación de Aguas, captación de precipitaciones horizontales y escorrentías en zonas secas*. Universidad de Valladolid.
- Montero de Burgos, J. L. y González Rebollar, J. L. (1983) *Diagramas Bioclimáticos*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica.
- Montserrat, P.; Fillat, F. y San Miguel, A. *Ahorro de agua con pasto leñoso y ecológico*. La Fertilidad de la Tierra, nº53.
- Nadal-Romero, E.; D. Regües, D. y Serrano-Muela, P. (2010) *Respuesta hidrológica en un pequeña cuenca experimental pirenaica con dos ambientes extremo: cárcavas y bosque de repoblación*. Pirineos. Revista de Ecología de Montaña. Vol. 165, 135-155
- OPS/OMS (2004) *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*, Lima. Organización Panamericana de la salud. Área de desarrollo sostenible y salud ambiental.
- Pizarro Tapia, R.; Flores Villanelo, J. P.; Sangüesa Pool, C.; Martínez Araya, E. y García Rodríguez, J. L. (2004) *Diseño de obras para la conservación de agua y suelos*. PROYECTO FDI - CORFO Determinación de Estándares de Ingeniería en Obras de Conservación y Aprovechamiento de Aguas y Suelos, para la Mantención e Incremento de la Productividad Silvícola.
- Prieto Aguilar, I. (2011) *Patrones de redistribución hidráulica y su importancia en zonas áridas*. AEET- Asociación Española de Ecología Terrestre.



UNIÓN EUROPEA
FONDO SOCIAL EUROPEO
El FSE invierte en tu futuro



"Acciones gratuitas cofinanciadas por el FSE"

- *Proyecto de aprovechamiento de agua de lluvia para consumo humano y usos domésticos* (2013) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Rodríguez Bayon, J.; Rodríguez Hernández, J.; Gómez-Ullate Fuente E. y Castro Fresno, D. *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. SUDS. GITECO (Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción). Escuela de Caminos, Canales y Puertos de Santander. Universidad de Cantabria.
- Sabaté, S. *Los bosques y la evapotranspiración*. Universidad de Barcelona y Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF)
- SALAS SOLÍS, C. V. (2013) *Tesis Profesional: La cosecha del agua de lluvia en zonas áridas y semiáridas*. Universidad Autónoma Chapingo (México). División de Ciencias Forestales.
- Santa Cruz Cárdenas, Y.; Ordóñez Sánchez, P.; Huamaní, U. J. y Camiloaga Jiménez, F. (2008) *Cosecha de agua, una práctica ancestral. Manejo sostenible de las praderas naturales*. Programa Regional Sur. DESCO. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo.
- Santa, I.; Gallardo, J. F.; San Miguel, C. y Moyano, A. (1989) *Intercepción, pluviolavado y escorrentía cortical en una plantación de Pinus sylvestris de la Cuenca de Candelario (centro-oeste de España)* Bosque: 10(1): 19-27, 1989
- Santiago Hernández, L. (2007) Tesis: Medición y análisis de la intercepción de lluvia en un bosque de encino: aplicación a la microcuenca La Barreta. Universidad Autónoma de Querétaro- Facultad de Ingeniería.
- VV.AA. (2000). *Desertificación en Almería*. Grupo Ecologista Mediterráneo. Almería.
- Willarts, B. (2012) *Cambios de uso del suelo y variación de la demanda hídrica de los sistemas forestales en España entre 1980 y 2006: Implicaciones para la planificación hidrológica*. II Seminario de Huella Hídrica (Madrid.)
- WWF España (2009) *Manual de buenas prácticas de riego. Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. Viñedo, olivar, cítricos y fresa*.

FUNDAMENTOS Y PRONTUARIO DE ACTUACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUA EN TIERRAS FORESTALES



*Campo Azálvaro
Su red hídrica visible y su red difusa.*