

TRIBUNA

del AGUA

una Expo sin
fecha de caducidad

SEMANA TEMÁTICA 1

Agua y Tierra

Ejes temáticos

Gestión Territorial; Forestación

16 - 17 de junio

Programa
definitivo

Bi



Coordinador general:

Ramón Vallejo Calzada. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

Coordinadora adjunta:

Cristina Gil Ribes. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)

Relatores:

Juan F. Bellot Abad. Departamento Ecología, Facultad de Ciencias. Universidad Alicante.
Santiago González Alonso. Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
en el Área de Proyectos de Ingeniería.

Marco de referencia

Los usos de suelos y las cubiertas del territorio tienen importantes implicaciones en el ciclo hidrológico. A escala regional, las precipitaciones pueden verse afectadas por la cubierta vegetal. Es emblemático el caso de los bosques tropicales húmedos que tienen un papel crítico en el desencadenamiento de lluvias convectivas. Las nieblas constituyen en algunas regiones un recurso hídrico precioso, especialmente en regiones áridas. Su aprovechamiento es todavía escaso, muy por debajo de sus aportes potenciales. El reto es desarrollar la tecnología apropiada y su extensión a los potenciales usuarios.

El bosque es un gran consumidor de agua. Sin embargo, en algunas situaciones geográficas puede ser un eficiente captador de nieblas y, quizá, catalizador de lluvias en regímenes de circulación local. También es la cubierta más eficiente en la regulación hidrológica, función crítica en regiones donde son frecuentes las lluvias torrenciales con alto poder erosivo y riesgo de inundaciones. La pregunta, por la tanto, es cómo diseñar la localización y gestión de los bosques en el territorio para optimizar sus efectos positivos en el balance hídrico regional. Desde hace más de un siglo, la forestación ha sido un instrumento central en la protección y regulación de cuencas hidrográficas. Los proyectos de restauración forestal deben cumplir la función protectora del suelo, la mejora de la biodiversidad y productividad del monte, y la optimización de los recursos hídricos. Las técnicas de restauración forestal se deben orientar a un uso eficiente del agua y la limitación de la escorrentía en lluvias torrenciales. En esta misma línea se orientan las técnicas para aumentar la recarga de acuíferos, especialmente bajo régimen de lluvias intensas.

La ordenación del territorio debe tomar en consideración la gestión del agua entre sus tres principales destinos: la transpiración de las plantas de la vegetación natural, los flujos hídricos que llegan al mar fertilizando la productividad de los ecosistemas costeros y el consumo humano, incluyendo el regadío. El Profesor Ramón Margalef sugería como referente la regla de los tres tercios para orientar la repartición del agua entre esas tres funciones esenciales. Evidentemente, esta ordenación de los recursos hídricos debe ser compatible con otros objetivos y limitaciones que se deben considerar en la planificación territorial. En la misma medida, las diversas políticas sectoriales que afectan a los cambios en los usos de suelos y a las cubiertas deben tomar en consideración las repercusiones hidrológicas e incorporarlas como criterio de planificación.

Programa

16 de junio

8:00 – 8:45	Acreditación
9:00 – 10:00	Sesión inaugural:
10:10 – 10:30	<p>Conferencia Magistral: <i>The World Development Report 2007: Agriculture Development</i></p> <p>Erick C.M. Fernandes, Adviser, Agriculture and Rural Development, Sustainable Development Research Network. Reino Unido</p>
10:40 – 10:50	<p>Introducción a la Semana Temática</p> <p>Ramón Vallejo Calzada. Coordinador General de la Semana Temática</p>
10:55 – 11:25	<p>Conferencia Magistral: <i>Alternative Futures for planning in the perspective of sustainable management of water resources</i></p> <p>Carl Steinitz. Professor of Landscape Architecture and Planning. Universidad de Harvard</p>
11:25 – 11:55	<p>Pausa café</p> <p>Moderador:</p> <p>Leopoldo Rojo. Jefe de Servicio y Coordinador del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.</p>
12:00 – 13:30	<p>Sesión 1: ¿El bosque atrae la lluvia? Interacciones entre usos de suelos y clima regional</p> <p>Ponencia 1: <i>Efectos de la deforestación sobre el clima en la región Amazónica</i> Flavio Luizao, Brazilian Institute for Amazonian Research (INPA), Manaus (Brasil)</p> <p>Ponencia 2: <i>Procesos retroactivos (feedbacks) entre clima y usos de suelos a escala regional.</i> Millán Millán Muñoz. Director Ejecutivo. Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM)</p> <p>Preguntas y debate</p>
13:30 – 14:25	Comida

14:35 – 16:05

Sesión 2: Optimizando las entradas de agua

Ponencia 1: *Técnicas para aumentar la recarga de acuíferos.*

Antonio Pulido. Catedrático de Hidrología. Universidad de Almería

Ponencia 2: *Fog: a sustainable source of water for people, forests and afforestation.*

Robert S. Schemenauer. Director Ejecutivo de FogQuest y Profesor Adjunto de Thompson Rivers University

Preguntas y debate

17 de junio

Moderador:

Juan Botey Serra. Secretario General de Arco Forestal Mediterráneo Europeo (ARCMED)

9:00 – 10:30

Sesión 3: ¿El bosque reduce los recursos hídricos consuntivos o los mejora a través de la regulación hidrológica de las cuencas?: ¿Cómo gestionar la planificación de los bosques en una perspectiva multifuncional?

Ponencia 1: *Integración de la producción de agua en los criterios de gestión forestal. Multifuncionalidad y prerequisites.*

Leopoldo Rojo. Jefe de Servicio y Coordinador del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Ponencia 2: *La gestión forestal para optimizar el uso del agua: balance entre agua y carbono en ecosistemas forestales.*

Carlos Gracia. Universidad de Barcelona

Preguntas y debate

10:35 – 12:05

Sesión 4: La restauración forestal en la perspectiva de la lucha contra la desertificación

Ponencia 1: *Cubierta vegetal y agua*

Juan Ruiz de la Torre. Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid.

Ponencia 2: *Sistemas de riego más eficientes para restauraciones en desiertos y zonas secas*

José Javier Ramírez Almoril. Alliant International University, San Diego (California)

Ponencia 3s: *La optimización del uso del agua en las repoblaciones forestales.*

Jordi Cortina. Universidad de Alicante.

Preguntas y debate

12:10 – 12:30

Pausa café

Moderador:

Domingo Gómez Orea. Doctor Ingeniero Agrónomo. Universidad Politécnica de Madrid.

12:35 – 14:05

Sesión 5: Opciones de planificación del territorio para optimizar los recursos hídricos

Ponencia 1: *Modelación de los cambios de cobertura del territorio y sus consecuencias hidrológicas.*

Miguel Acevedo. University of North Texas

Ponencia 2: *Impacto de los cambios de ocupación del suelo en el ciclo hidrológico: Evaluación prospectiva para España.*

Fernando Prieto Coordinador de Programas y Bases de Datos del Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). Universidad de Alcalá

Preguntas y debate

14:05 – 15:00

Comida

15:10 – 16:40

Sesión 6: El impacto de las políticas en los recursos hídricos

Ponencia 1: *Impacto de las políticas agro-ambientales en los recursos hídricos.*

Christiane Kirketerp. Press Officer. European Commissioner for Agriculture and Rural Development

Ponencia 2: *Gestión integrada de los recursos hídricos: El caso de Brasil.*

Joao Bosco Serra. Comisario de Brasil Exposición Internacional de Zaragoza 2008

Preguntas y debate

Documento de Emplazamiento**Paisaje rural y agua: El papel de los bosques.****Autor:****V. Ramón Vallejo**

Fundación CEAM, Parque Tecnológico, Ch. Darwin 14. E-46980 Paterna (Valencia), Spain,

Resumen

Los usos de suelos y las cubiertas del territorio tienen importantes implicaciones en el ciclo hidrológico. A escala regional, las precipitaciones pueden verse afectadas por la cubierta vegetal. Es emblemático el caso de los bosques tropicales húmedos que tienen un papel crítico en el desencadenamiento de lluvias convectivas. Las nieblas constituyen en algunas regiones un recurso hídrico precioso, especialmente en regiones áridas. Su aprovechamiento es todavía escaso, muy por debajo de sus aportes potenciales. El reto es desarrollar la tecnología apropiada y su extensión a los potenciales usuarios.

El bosque es un gran consumidor de agua. Sin embargo, en algunas situaciones geográficas puede ser un eficiente captador de nieblas y, quizá, catalizador de lluvias en regímenes de circulación local. También es la cubierta más eficiente en la regulación hidrológica, función crítica en regiones donde son frecuentes las lluvias torrenciales con alto poder erosivo y riesgo de inundaciones. La pregunta, por la tanto, es cómo diseñar la localización y gestión de los bosques en el territorio para optimizar sus efectos positivos en el balance hídrico regional. Desde hace más de un siglo, la forestación ha sido un instrumento central en la protección y regulación de cuencas hidrográficas. Los proyectos de restauración forestal deben cumplir la función protectora del suelo, la mejora de la biodiversidad y productividad del monte, y la optimización de los recursos hídricos. Las técnicas de restauración forestal se deben orientar a un uso eficiente del agua y la limitación de la escorrentía en lluvias torrenciales. En esta misma línea se orientan las técnicas para aumentar la recarga de acuíferos, especialmente bajo régimen de lluvias intensas.

La ordenación del territorio debe tomar en consideración la gestión del agua entre sus tres principales destinos: la transpiración de las plantas de la vegetación natural, los flujos hídricos que llegan al mar fertilizando la productividad de los ecosistemas costeros y el consumo humano, incluyendo el regadío. El Profesor Ramón Margalef sugería como referente la regla de los tres tercios para orientar la repartición del agua entre esas tres funciones esenciales. Evidentemente, esta ordenación de los recursos hídricos debe ser compatible con otros objetivos y limitaciones que se deben considerar en la planificación territorial. En la misma medida, las diversas políticas sectoriales que afectan a los cambios en los usos de suelos y a las cubiertas deben tomar en consideración las repercusiones hidrológicas e incorporarlas como criterio de planificación.

Palabras clave:

forestación, regiones secas, desertificación, paisaje, usos de las tierras, niebla, agua subterránea, Gestión integrada de cuencas

1. Introducción

Las tierras, los ecosistemas, las unidades del paisaje están conectadas en términos de energía y materia a través del flujo de fluidos, esto es del agua y del aire en movimiento. Lo mismo sucede en los ecosistemas terrestres con respecto a los marinos, y entre regiones del globo. El agua se está intercambiando continuamente entre el suelo, las plantas y la atmósfera. El flujo de agua a través de las plantas y su evaporación a través de la transpiración es el precio que deben pagar los ecosistemas terrestres para producir la fotosíntesis, es decir la producción primaria de la mayor parte de los alimentos y fibra necesarios para la sociedad humana. El agua del suelo no utilizada por las plantas y las aguas de flujo rápido pueden alcanzar el acuífero o escurrir en las vertientes hacia los ríos y finalmente al mar. Este exceso puede ser utilizado por los animales y las personas para mantener la hidratación del cuerpo y, en el caso humano, para los usos culturales (consuntivos). Los diferentes organismos en los ecosistemas terrestres compiten por el agua, especialmente en casos de escasez. Desde la perspectiva humana, los usos de las tierras también compiten por el agua. La configuración del paisaje y la distribución de los usos de las tierras afectan al flujo del agua en términos de cantidad y calidad, y por lo tanto los usos de las tierras y las cubiertas del suelo tienen un gran impacto en el ciclo hídrico y su posible regulación por parte de la sociedad humana.

2. El ciclo del agua a la escala global

Los movimientos del agua a través de la atmósfera determinan la distribución de las lluvias en la Tierra. La mayor reserva de agua en la Tierra está en los océanos, así como la mayor fuente de agua susceptible de ser evaporada y posteriormente precipitada. La evaporación anual de los océanos extrae alrededor de 100 cm de agua por año. La evaporación supera a la precipitación en los océanos, mientras que sucede lo contrario en las tierras emergidas, donde la escorrentía devuelve el exceso de precipitación al mar. El segundo reservorio de agua mundial es el hielo contenido en los polos, glaciares y suelos permanentemente helados (permafrost). Las aguas subterráneas también constituyen una gran reserva, aunque las estimaciones de su volumen son inciertas. Los suelos contienen 121,800 km³ de agua, del cual un 50% se sitúa en la zona de enraizado de las plantas, manteniendo su crecimiento. La disponibilidad de agua es el mayor factor limitante individual al desarrollo de la vegetación terrestre. Considerando la producción primaria neta de las plantas terrestres (60 x 10¹⁵g C/año) y la evapotranspiración estimada en la Fig. 1 (71 x 10¹⁸g H₂O/año), el uso promedio global de agua por la vegetación es de 1,28 mmol CO₂/mol de agua perdida (alrededor de 600 L/Kg materia seca producida). En el caso del grano de trigo, la relación es de aproximadamente 1200 L H₂O consumida/Kg grano producido. Cuando la precipitación excede a la evapotranspiración en las tierras emergidas, se produce escorrentía que transporta los productos de la meteorización de las rocas al mar. A la escala global, el flujo de los ríos es de 40,000 km³/año. El agua dulce y los materiales disueltos y particulados que alcanzan el mar fertilizan los ecosistemas marinos. La cantidad total de agua en la atmósfera es muy pequeña, equivalente a 0,3 cm de la lluvia en un determinado momento. Se estima que sobre un 10% de la humedad de la atmósfera es producida por la transpiración de las plantas. El tiempo medio de residencia de las aguas oceánicas es de unos 3100 años con respecto a la atmósfera. El tiempo medio de residencia del agua del suelo respecto a los flujos de precipitación o evapotranspiración es del orden de 1 año. Como promedio global, los ríos transportan del orden de 1/3 de la precipitación que cae sobre las tierras hacia el mar, y menos del 10% de la precipitación alcanza el freático, por lo tanto el tiempo medio de residencia de las aguas subterráneas es de unos 1000 años (datos extraídos de Schelesinger, 1997; Fig. 1). En definitiva, solo una pequeña parte de la cantidad total de agua de la Tierra está circulando a través de la evapotranspiración y precipitación entre los océanos, la atmósfera, y el sistema suelo-planta y los ríos en las tierras emergidas.

La sociedad humana depende de una reserva relativamente pequeña de agua dulce en ríos y lagos, y cada vez más de reservas subterráneas. Las aguas dulces representan sólo el 3% de todo el agua de la Tierra, y el agua de lagos y humedales sólo constituye un 0,29%. 40% del agua dulce está contenida en los lagos Baikal y en los Grandes Lagos de Norte América. Los ríos únicamente transportan un 0,006% de todas las reservas de agua dulce (USGS Water Science, <http://ga.water.usgs.gov>).

En las regiones áridas, la evapotranspiración potencial (ETP) excede a la precipitación, las reservas de agua del suelo son escasas, y el caudal de los ríos muy bajo, con frecuencia restringido a algunas tormentas al año cuando la intensidad de la lluvia supera a la capacidad de infiltración de agua en el suelo. Como consecuencia de la escasez de agua, la producción primaria es pobre, a menos que el agua sea aportada mediante el riego de recursos hídricos alóctonos, por ejemplo subterráneos.

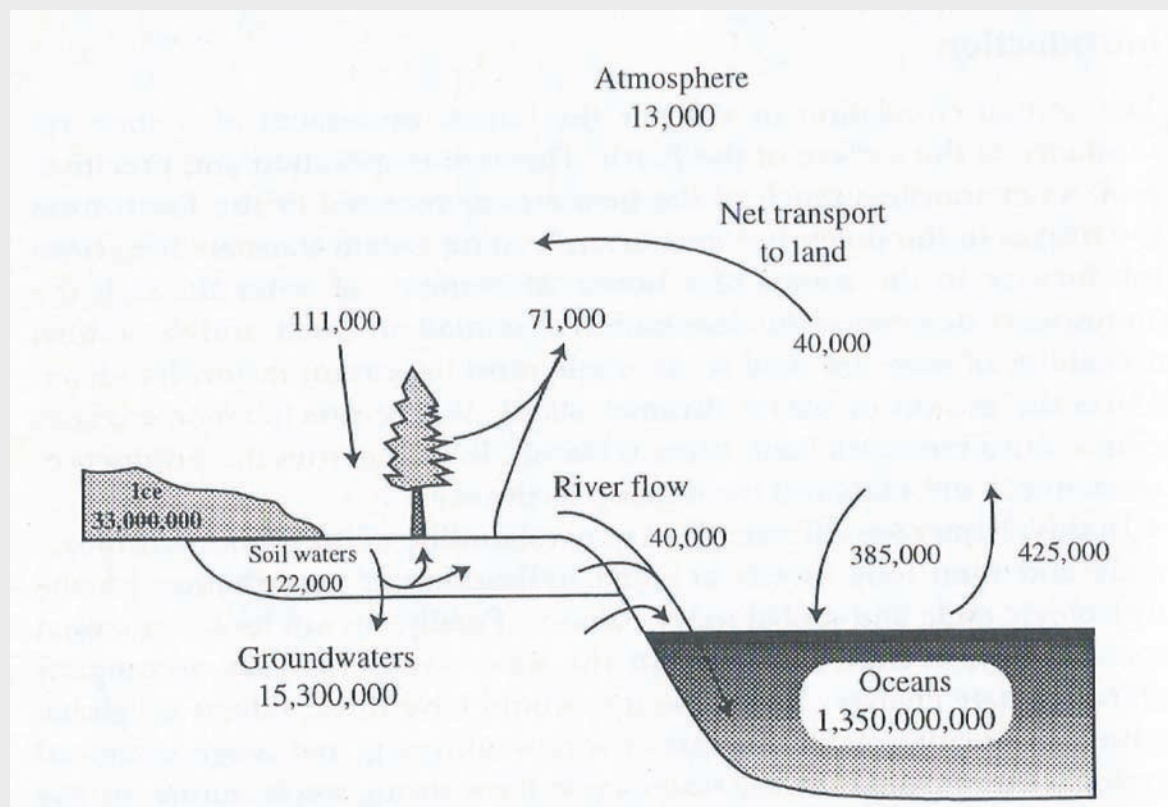


Figura 1. Ciclo hídrico global. Reservas (km³) y flujos (km³/año). De Schelesinger (1997).

3. Planificación de los usos de suelos para un uso sostenible del agua.

Los usos de los suelos y sus cambios generalmente dependen de factores sociales y económicos, aunque las limitaciones y potenciales de los recursos naturales también deberían ser considerados, especialmente los recursos primarios como agua y suelo. Con frecuencia, los factores sociales y económicos cambian muy rápidamente en términos de tiempo ecológico, especialmente en el caso de los ecosistemas forestales. Por lo tanto, los cambios deberían ser modulados por perspectivas de largo plazo si se quiere tomar en consideración la sostenibilidad de los ecosistemas. Además, los objetivos relaciones con el agua deben ser compatibles con otros objetivos de gestión, tales como la conservación de la biodiversidad y la lucha contra la desertificación y el cambio climático.

El ciclo del agua en las tierras debe sustentar la transpiración de las plantas que es necesaria para la producción primaria, tanto en el caso de ecosistemas naturales como en cultivos. Por otra parte, el agua que circula a través del suelo y el sustrato geológico es necesaria para la meteorización y la liberación de los nutrientes minerales. Las aguas de escorrentía superficial, enriquecidas por nutrientes y sedimentos, incluyendo material orgánica, alcanzan el mar y fertilizan los ecosistemas

marinos. Los océanos son heterotróficos, por lo tanto la material orgánica y los nutrientes aportados por la descarga de los ríos son críticos para sostener la productividad de los ecosistemas marinos y, en consecuencia, la pesca. Todas estas funciones del agua que circula a través de las tierras son esenciales para la biosfera, y para la sociedad humana a largo plazo. Margalef (1996, Fig. 2) sugería, como referencia orientativa, la regla de los tres tercios para distribuir la lluvia sobre las tierras emergidas. Un tercio debería fluir hacia el mar, un tercio debería circular hacia la atmósfera a través de la transpiración de las plantas de los ecosistemas naturales, y el tercio restante podría ser utilizado para el consumo humano, incluyendo la agricultura de regadío, usos urbanos e industriales. De acuerdo con el mismo autor, el agua disponible para usos consuntivos sin afectar negativamente el ciclo hídrico global no debería exceder 40,000 km³ por año.

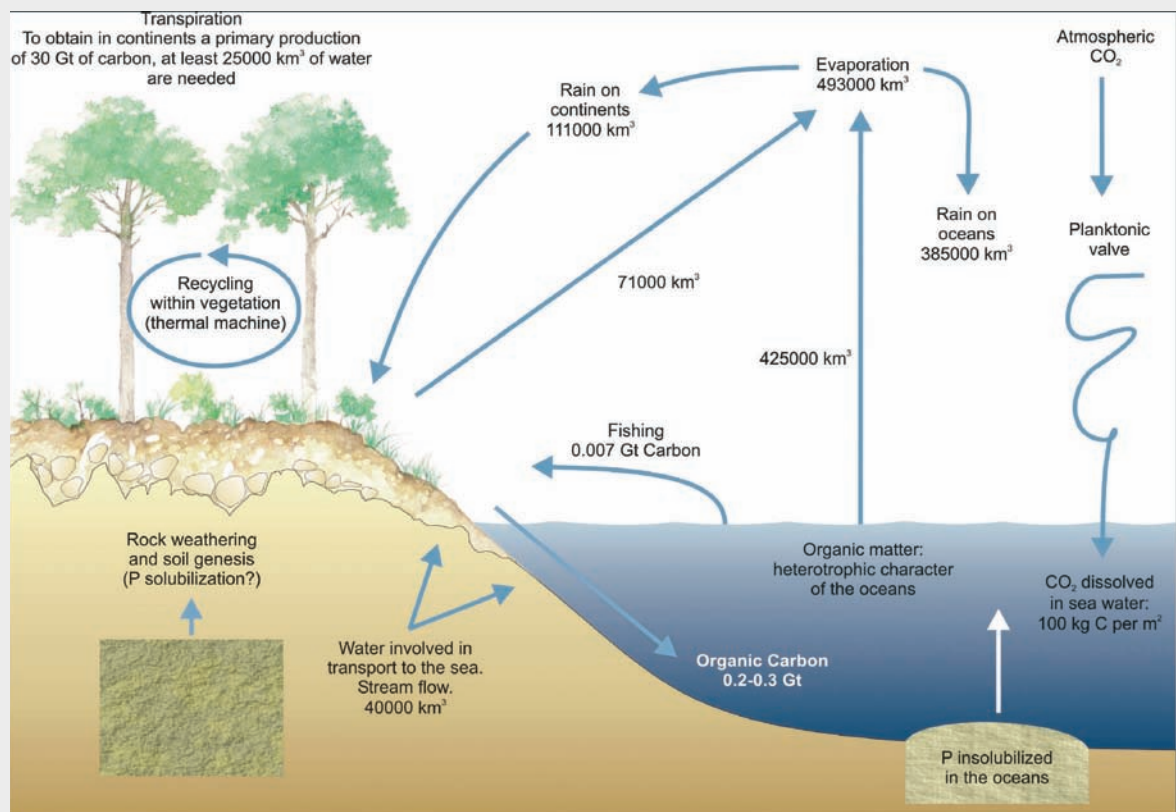


Figura 2. Ciclo hídrico global y principales procesos biogeosféricos relacionados. Los flujos están expresados en valores anuales. Tomado de Margalef (1996). Los valores de los flujos son comparables con los de la Fig. 1.

4. El papel de los bosques en el ciclo hídrico

La Figura 3 muestra los componentes principales del ciclo de agua en el bosques y los factores que controlan dichos flujos. La cubierta vegetal intercepta directamente el agua de la lluvia y de la niebla (interceptación), que es posteriormente evaporada o llega al suelo a través de las copas y de la escorrentía cortical. La interceptación se relaciona con el área foliar (LAI), y varía según la intensidad y frecuencia de la precipitación. El agua que alcanza la superficie del suelo puede infiltrarse o generar escorrentía. La propiedad crítica en esta fase es la capacidad de infiltración que depende de la textura y estructura del suelo. La escorrentía puede producir inundaciones y erosión del suelo, especialmente cuando se producen lluvias intensas. El riesgo de erosión se relaciona con propiedades del suelo (textura, contenido en materia orgánica, estructura) que se expresan en

los modelos predictivos a través del término erosionabilidad del suelo (k). Los horizontes orgánicos aumentan la infiltrabilidad y protegen al suelo de los procesos erosivos; además, la hojarasca reduce la evaporación directa del suelo. Los bosques continuos protegen muy eficientemente al suelo frente a la erosión, y al mismo tiempo regulan las crecidas, por lo que el riesgo de inundaciones catastróficas es menor.

El agua contenida en el suelo puede ser absorbida por las raíces o drenar al acuífero. La permeabilidad del suelo afecta a la infiltración profunda. El agua absorbida por las raíces se pierde por transpiración a través del continuo suelo-planta-atmósfera. El déficit de agua de la atmósfera es el mecanismo que mueve el flujo transpiratorio, específicamente la diferencia de concentración de vapor de agua entre la atmósfera libre y la hoja. En climatología, esta capacidad evaporativa de la atmósfera se estima generalmente a través del concepto de evapotranspiración potencial (ETP).

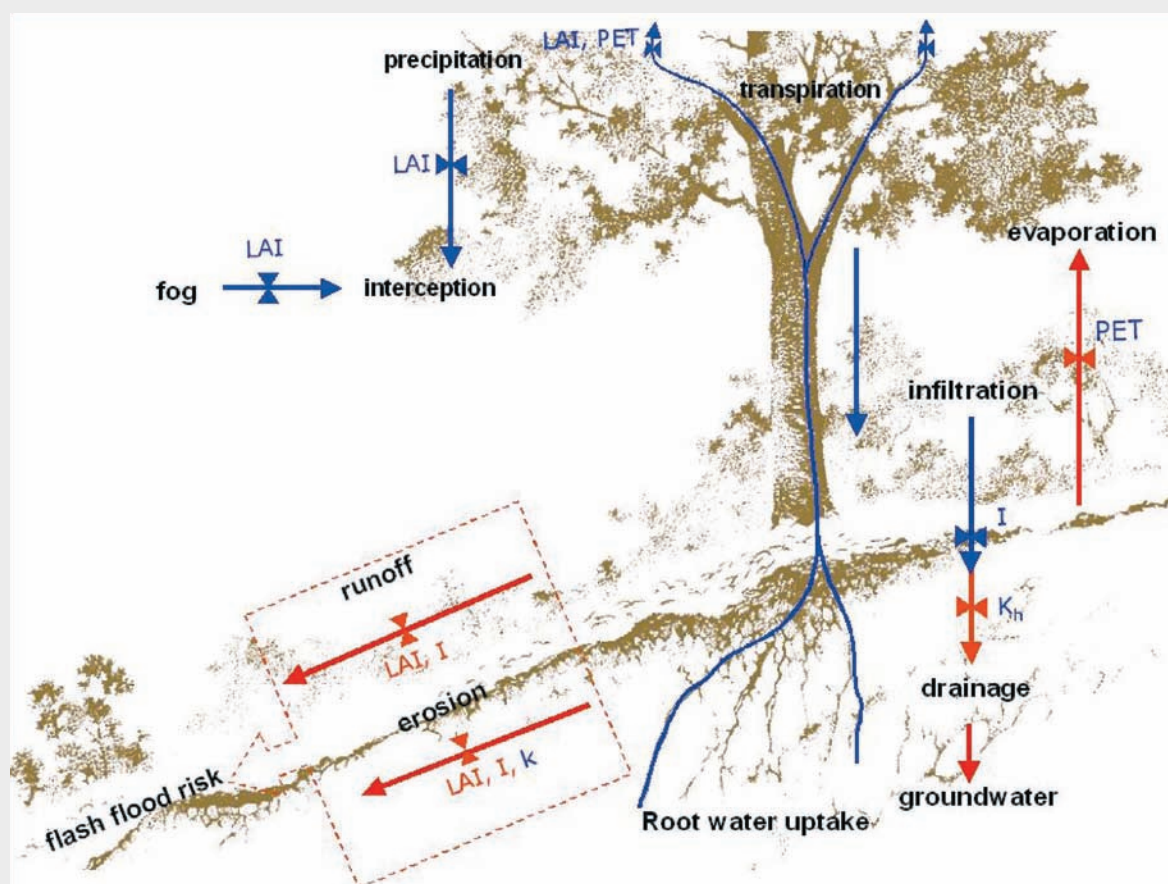


Figura 3. Ciclo hídrico en bosques. Los factores reguladores del flujo de agua más importantes son: LAI (Área foliar), ETP (Evapotranspiración potencial), I (capacidad de infiltración del suelo), K_h (conductividad hidráulica del suelo), k (erosionabilidad del suelo). Los horizontes orgánicos, característicos de los bosques bien conservados, también aumentan la capacidad de infiltración de agua, reducen la evaporación del suelo, la escorrentía y la erosión. Los factores dibujados en color azul aumentan y los rojos disminuyen los flujos.

La tabla 1 muestra varios ejemplos de balance hídrico medido en parcelas para ecosistemas mediterráneos en clima semiárido (Bellot et al., 1999). Los datos corresponden a un año húmedo. La interceptación depende del LAI. Bosques y matorrales presentan mayor porcentaje de interceptación que los prados secos y los espartales. La evapotranspiración neta muestra pequeñas

diferencias entre los diferentes tipos de cubierta vegetal, incluso la evaporación del suelo desnudo es similar a la evapotranspiración de las parcelas con vegetación. El porcentaje de escorrentía es bajo o muy bajo y se relaciona positivamente con la superficie de suelo desnudo. La infiltración profunda, en parte recarga del acuífero, sigue el mismo modelo anterior. Por lo tanto, la reducción de la interceptación por la cubierta vegetal resulta en mayor recarga del acuífero en estos montes. Los datos de escorrentía medidos en diversos tipos de ecosistema en cuencas aforadas (tabla 1) muestran valores dos órdenes de magnitud menores. Este hecho indica que se produce re-infiltración de gran parte de la escorrentía en las laderas antes de llegar al canal. En los años secos, la interceptación es mayor y la infiltración profunda mucho menor, especialmente en las parcelas con mayor cubierta vegetal.

Tabla 1. Balance hídrico en ecosistemas mediterráneos. Los datos se refieren a porcentaje sobre la precipitación anual. Diversos ecosistemas en El Ventós (Alicante, España), en clima semiárido, 426 mm/año de precipitación (año húmedo, la media anual es de - 270 mm). ET: Evapotranspiración. Datos de Bellot et al. (1999).

	Pino + matorral	Pino + prado	matorral	Pardo seco	Espartal	Suelo desnudo
Intercepción	18.3	19.3	19.3	11.5	8.4	0
ET Neta	58.3	56.7	58.8	62.2	43.4	56.7
Escorrentía	0.4	0.8	0.6	0.6	5.3	8.3
Infiltración Profunda	22.9	22.9	22.2	23.7	42.7	34.7

La deforestación ha sido acusada de todo en relación con el agua, desde las inundaciones a la aridez (Dudley & Stolton, 2005). En general, está clara la relación entre el bosque y la calidad del agua, es decir que las cuencas forestadas producen un agua de mejor calidad que las que están ocupadas por otros posible usos. La relación entre el bosque y la cantidad de agua depende de las condiciones bioclimáticas (Piñol et al., 1991, Fig. 4). En regiones de clima árido, es decir con alta ETP y baja precipitación, como en el caso del clima mediterráneo, los años húmedos aumentan la evapotranspiración del bosque, y el flujo de escorrentía en el torrente es siempre bajo y fundamentalmente condicionado por eventos de lluvia intensa. Por el contrario, en regiones de clima templado, limitado por la radiación solar, es decir baja ETP, el flujo de escorrentía es mucho mayor y los años húmedos producen mayor flujo, mientras que la evapotranspiración se mantiene aproximadamente constante.

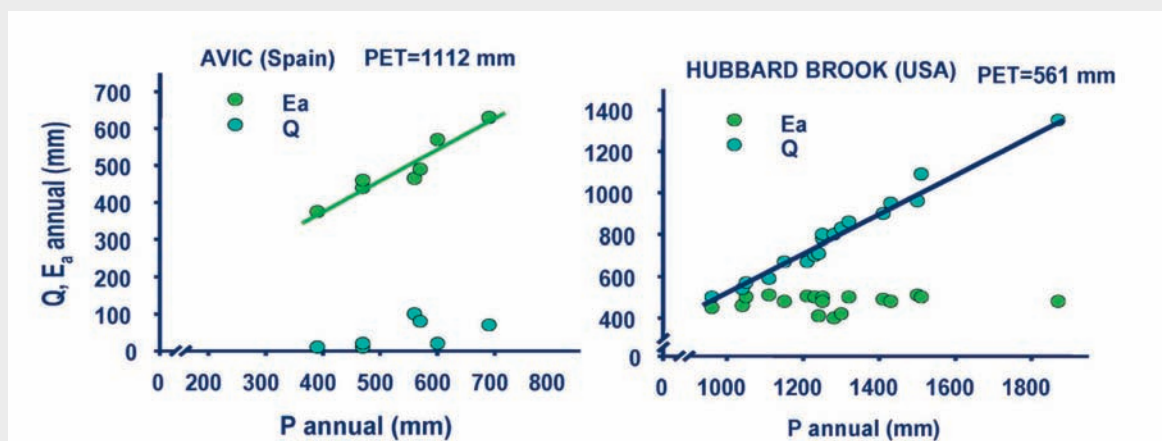


Figura 4. Comparación entre las propiedades hidrológicas de cuencas contrastadas a lo largo de diversos años de seguimiento. Izquierda: Cuenca aforada de l'Avic (Bosque de Poblet, Tarragona, España), de clima mediterráneo, muestra un aumento de evapotranspiración (Ea) a medida que aumenta la precipitación anual, sin clara respuesta del flujo de escorrentía (Q). Derecha: Cuenca forestal de Hubbard Brook (New Hampshire, USA), clima templado, muestra un aumento del flujo de escorrentía según aumenta la precipitación anual, sin repuesta apreciable de la evapotranspiración. Tomado de Piñol et al, 1991..

Ya en el año 1965, a partir de la revisión de 157 estudios de cuencas aforadas y pequeñas parcelas de muchas partes del mundo, Shachori & Michaeli indicaban el menor flujo de escorrentía en bosques y matorrales que en pastizales o áreas denudadas. En 1969, Molchanov mencionaba la mayor transpiración de los bosques respecto a prados en la transición bosque-estepa del sur de la antigua Unión Soviética (Molchanov, 1971). Bosch & Hewlett (1982), a partir de los resultados de 55 experimentos en cuencas de todo el mundo, mostraron que los aumentos en el flujo de escorrentía se relacionaban con el porcentaje de disminución de la cubierta vegetal: los bosques de coníferas producían el mayor aumento de escorrentía con la disminución de la cubierta, seguidos de los caducifolios o bosque mixtos de frondosas y, finalmente, los matorrales. De acuerdo con Calder (2000), tanto en zonas muy húmedas como muy secas, la evaporación es probable que sea mayor en bosques que en otros tipos de vegetación, comportando un menor caudal de escorrentía en las cuencas forestales en comparación con otros usos de los suelos. De igual manera, la eliminación temporal o permanente de la cubierta forestal, por ejemplo por un incendio, comporta un aumento del caudal en la cuenca, pero también un aumento de nitratos (contaminantes), en el caso específico del fuego, y del riesgo de inundaciones. Generalmente se asume que los bosques no perturbados son la mejor cubierta para regular el flujo de agua en cuencas hidrográficas y minimizar el riesgo de avenidas, es decir su frecuencia y/o impacto destructivo.

Por contraste con la evidencia disponible de que los bosques son grandes consumidores de agua, hay evidencias de que los bosques nebulosos presentan una alta capacidad de interceptación de agua de niebla, incluso por encima de las pérdidas por transpiración (Langford, 1976; Holmes & Wronski, 1982; Bruijnzeel, 1990).

Alternativas de gestión

La Figura 5 muestra las principales alternativas para aumentar la captura y/o la conservación de agua en bosques u otros ecosistemas naturales. El aumento de las entradas de agua se puede favorecer en áreas con nieblas frecuentes aumentando el área foliar (LAI). Ello es posible en zonas yermas mediante la forestación. En algunas situaciones mesometeorológicas específicas, donde la circulación local sea relevante, el vapor de agua producido por la transpiración puede catalizar la formación de nubes y, eventualmente, precipitación, y por lo tanto el bosque aumentaría localmente la lluvia. Como los bosques son grandes consumidores de agua, la reducción de la cubierta forestal aumentaría el flujo de escorrentía y/o la recarga del acuífero. Sin embargo, esta posibilidad se debe ponderar frente a los riesgos asociados a la pérdida de cubierta forestal, es decir inundaciones y erosión del suelo.

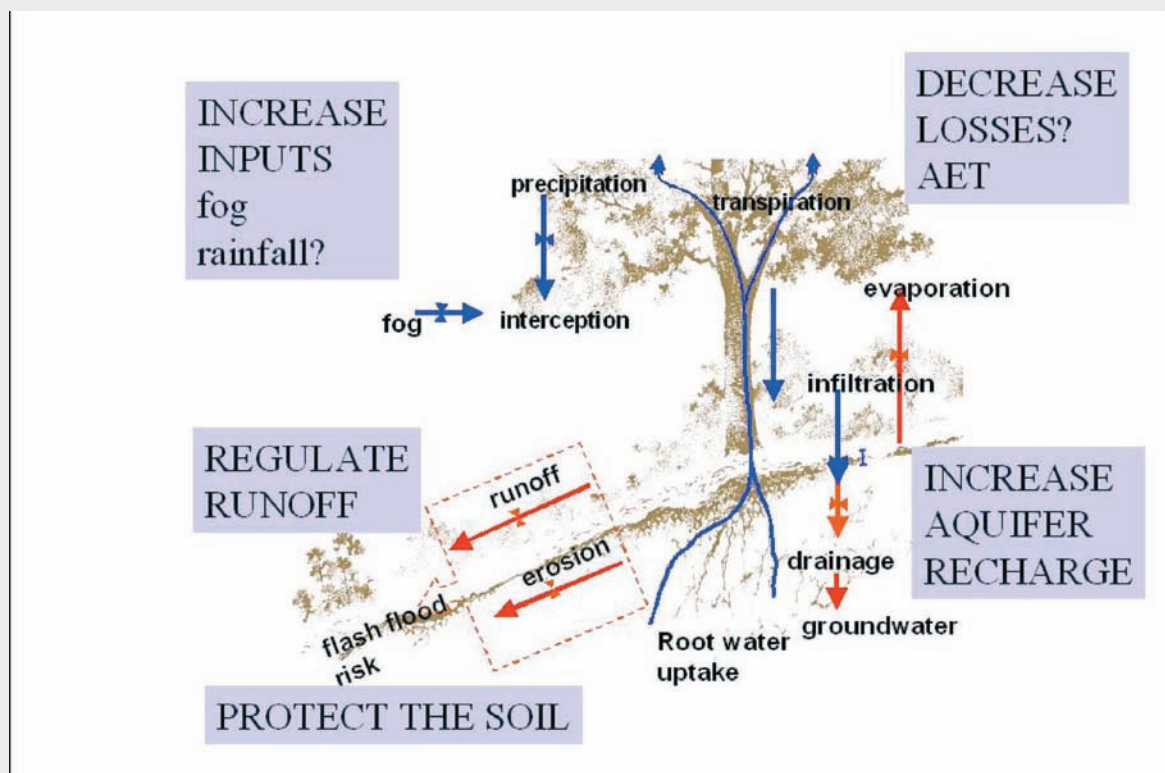


Figura 5. Alternativas para aumentar la captura de agua o su conservación, y limitaciones asociadas a considerar AET: Evapotranspiración Real.

5. El caso de las regiones secas: La amenaza de la desertificación

La desertificación es la degradación del territorio en las regiones secas del mundo (UNCCD, www.unccd.int). La sequía es una de las causas de la desertificación. La otra es la sobre-explotación antrópica de los recursos naturales. La escasez de agua es la consecuencia de fenómenos naturales e inducidos por la actividad humana y se convierte en desertificación cuando es permanente (Tabla 2; Santos Pereira, 2004). En relación con el agua, la desertificación es un desequilibrio permanente en la disponibilidad de agua, que se combina con la degradación del suelo, un uso del suelo inapropiado, extracción de aguas subterráneas, salinización, aumento de las inundaciones catastróficas, pérdida de humedales y una reducción de la capacidad de carga de los ecosistemas. La degradación del suelo en clima seco reduce la infiltración de agua, a veces aumenta la salinización, y ambos procesos comportan una reducción de la disponibilidad de agua para las plantas. En síntesis, la desertificación es causada por la sobre-explotación de las tierras en condiciones secas, específicamente en clima árido, semiárido y seco subhúmedo.

Tabla 2. Conceptos relacionados con la escasez de agua (extraído de Santos Pereira, 2004).

Régimen xérico	Producido naturalmente	Inducido por la actividad humana
Permanente	Aridez	Desertificación
Temporal	Sequía	Estrés hídrico

Además de la desertificación actual debida a la sobre-explotación del territorio, el abandono de los cultivos en clima semiárido puede causar también degradación adicional de la tierra (Fig. 6), con la destrucción de estructuras de conservación como las terrazas. En la cuenca Mediterránea, cuanto



Figura 6. Abandono de cultivos en clima semiárido que da lugar a la degradación de las terrazas y erosión del suelo. Valle del Ebro, España.

Los factores de degradación son con frecuencia relictos (Puigdefábregas & Mendizabal, 1998) en el mediterráneo norte. Cuanto más seco es el clima y más degradado el territorio, los ecosistemas son más heterogéneos espacialmente, con vegetación y recursos distribuidos en manchas (“islas de fertilidad”). Por lo tanto, la variabilidad espacial tiene un papel prominente en el funcionamiento de estos ecosistemas. En estos casos en que la vegetación está intercalada con manchas de suelo desnudo (con frecuencia encostrado y compacto en superficie), la pregunta es en qué medida esta heterogeneidad es completamente funcional, y el suelo desnudo es necesario para la supervivencia de las manchas de vegetación, siendo el conjunto el máximo potencial en equilibrio con el medio, o, por el contrario, las manchas degradadas (sobre todo por explotación pretérita) están produciendo pérdidas de recursos, especialmente en eventos de lluvia intensa, que podrían ser recuperados mediante la mejora de las propiedades superficiales del suelo y con la introducción de vegetación leñosa.

Los ecosistemas perturbados se caracterizan por la pérdida neta de recursos (agua, suelo, nutrientes), por lo tanto su restauración se concibe para aumentar la captura de estos recursos y su conservación in situ (Ludwig & Tongway, 1995). Sin embargo, en áreas densamente pobladas se pueden plantear objetivos contradictorios. Por ejemplo, en un contexto más amplio, a la escala del paisaje y en tierras intensamente utilizadas, la redistribución de los recursos en el espacio puede ser deseable para la sociedad, por ejemplo reduciendo la interceptación e infiltración de agua en las cuencas para maximizar la escorrentía y la acumulación de agua en los embalses para uso

consuntivo (Van Wesemael et al. 1998).

Las tierras semiáridas, con escasez de recursos, especialmente agua (Fig. 7), las entradas directas de agua de lluvia en suelos superficiales, con frecuencia con baja infiltrabilidad, no permiten la colonización de plantas, sea natural o artificial. La mejora de la infiltración de agua, la capacidad de retención de agua del suelo, y la recolección de escorrentía son las principales estrategias para restaurar estas tierras semiáridas degradadas, las más amenazadas por la desertificación. Los cultivos abandonados en terraza generalmente se localizan en los suelos más profundos de las ver-

terrazas
es



Figura 7. Distribución en manchas característica de la vegetación en clima semiárido Espartal, Alicante (España).

La restauración de tierras degradadas en condiciones semiáridas se debe basar en la introducción de vegetación de acuerdo con los patrones naturales, con el ánimo de recuperar procesos previos a la escala del paisaje. Tales esfuerzos de restauración se pueden mejorar incorporando conocimientos sobre la heterogeneidad espacial de los recursos edáficos y la vegetación. Cuando la cubierta vegetal es muy baja, por debajo del 30%, los patrones espaciales de las propiedades de la superficie del suelo como compactación, costras físicas y fragmentos de roca son críticos para el establecimiento de los brinzales debido a su papel determinante en la redistribución de agua sobre la superficie del suelo y la dinámica de infiltración (Maestre et al. 2003). Cuando la vegetación no está tan degradada, las “islas de recursos” que se forman típicamente bajo las manchas de vegetación se pueden utilizar para aumentar el éxito del proyecto de restauración. Estas manchas fértiles son puntos de elevada actividad biológica, donde la facilitación con frecuencia predomina sobre las interacciones de competencia entre las especies de plantas, y, como han mostrado estudios recientes (Maestre et al. 2001), puede mejorar el establecimiento de brinzales, como en otras áreas degradadas en climas más húmedos o más fríos.

El caso de los montes quemados

Los incendios forestales son una de las perturbaciones más importantes en los países del Anejo IV (Mediterráneo Norte) de la Convención de Lucha contra la Desertificación (CLD) que puede requerir de proyectos de restauración para los montes quemados. La primera cuestión a tomar en consideración es en qué condiciones es necesaria la restauración post-incendio. Un segundo tema sería establecer prioridades de restauración. Un tercer tema sería cómo restaurar los montes quemados. Los objetivos generales de restauración, en el marco de la CLD son conservar los suelos, el agua y los recursos bióticos.



Figura 8. Incendio de gran extensión que afecta a cultivos abandonados, matorrales y bosques. Comunidad Valenciana (España).

Establecimiento de prioridades en la restauración post-incendio

Extensas áreas de monte de la cuenca Mediterránea han sufrido grandes transformaciones en los usos de las tierras y en el régimen de incendios a lo largo de la segunda mitad del siglo XX (Fig. 8). La estrategia de restauración debe promover comunidades vegetales adaptadas al régimen presente y futuro de perturbaciones con el objeto de garantizar la sostenibilidad de los montes restaurados.

La secuencia ‘incendio de verano lluvias torrenciales de otoño’ es frecuente en los climas de tipo mediterráneo. Por lo tanto, en los suelos más frágiles, y donde las tasas de regeneración de la vegetación post-incendio sean lentas, el riesgo de erosión del suelo es extremo en pendientes pronunciadas. Se asume que la erosión del suelo es el mayor impacto potencial del fuego debido a su baja reversibilidad. Por lo tanto, la principal prioridad para reducir el impacto negativo del fuego debe ser la conservación del suelo.

Los matorrales dominados por especies germinadoras obligadas son altamente combustibles y muestran baja capacidad de recuperación post-incendio a corto plazo (resiliencia). La introducción de arbustos y árboles rebrotadores reduciría el peligro de incendio y mejoraría la resiliencia, diversidad y estructura de estas formaciones de matorral (Vallejo and Alloza, 1998). Muchos arbustos y árboles rebrotadores son característicos de estadios avanzados de la sucesión y tiene baja capacidad de colonización espontánea de tierras degradadas. Por lo tanto, se precisa su reintroducción artificial en muchos casos.



Figura 9. Rebrote rápido de especies de Quercus mediterráneas afectadas por el fuego. Las imágenes se tomaron al cabo de unas pocas semanas después del fuego. Arriba: alcornoque rebrotando de copa. Debajo: rebrote de cepa de coscoja. Comunidad Valenciana (España)..

Un tercer objetivo es el aumento de formaciones vegetales que se aproximen al máximo potencial biológico de la región. El régimen de incendios dominante en algunas áreas “calientes” del mediterráneo puede no permitir la persistencia de pinares. En estas áreas, la plantación o siembra de arbustos y árboles rebrotadores (Fig. 9) se propone para mejorar la resiliencia y la madurez de estos ecosistemas. Las frondosas perennifolias, con raíz pivotante profunda, son altamente resilientes a diversos tipos de perturbación.

Por lo tanto, la estrategia de restauración post-incendio se enfrenta a tres retos ambientales, según las prioridades que se establecen de acuerdo con el riesgo de degradación del ecosistema:

- i) Protección del suelo y conservación del agua. El suelo es un recurso primario no renovable que puede estar expuesto al riesgo de erosión y degradación después del fuego. El agua es un recurso crítico que limita la productividad en regiones secas, y los montes quemados están expuestos a un gran aumento de la escorrentía que puede producir degradación aguas abajo: inundaciones y sedimentación en embalses y estructuras.
- ii) Promoción de comunidades vegetales resilientes al fuego. Partiendo de la premisa de que el riesgo de incendios es inherente a los ecosistemas mediterráneos, una segunda prioridad es mejorar la resistencia y resiliencia de los ecosistemas al fuego.
- iii) Restauración de los bosques. En la medida en que los paisajes mediterráneos están dominados por comunidades de los primeros estadios de la sucesión secundaria, que además son altamente combustibles, un tercer objetivo general sería promover formaciones vegetales maduras, tanto bosques como matorrales, según las condiciones bioclimáticas de la estación.

Estrategia

El primer paso cuando se produce un incendio forestal es estimar el riesgo de degradación y su capacidad espontánea de regeneración. A partir de la cartografía existente y/o de análisis directo en campo, los técnicos forestales en colaboración con científicos de la región pueden determinar qué

áreas pueden estar sujetas a un alto riesgo de erosión a corto plazo, es decir con baja capacidad de recuperación de la vegetación, fuertes pendientes y suelos erosionables. Estas áreas entrarían dentro del objetivo i) citado más arriba, y típicamente afecta a suelos desarrollados sobre substratos blandos, con un pobre recubrimiento vegetal dominado por germinadoras obligadas. En el muy corto plazo, una primera decisión a tomar se refiere a la gestión de los troncos quemados. En estas áreas sensibles, la extracción de troncos inmediata puede resultar en una erosión en surcos grave y una mayor degradación posterior del monte (Mayor et al., 2002). Sin embargo, cualquier limitación al aprovechamiento de la madera quemada debe tener en cuenta las consecuencias económicas para el propietario que deben ser compensadas de alguna manera. Las áreas que tienen abundante presencia de especies rebrotadoras generalmente se recuperan rápidamente, de forma bastante independiente de las condiciones meteorológicas post-incendio. En estos casos, sólo se deben considerar medidas de restauración a largo plazo, no urgentes.

Estrategias y técnicas de restauración (Vallejo et al., 2006):

- i) Protección del suelo y conservación del agua: Esta situación corresponde a vegetación muy degradada, sobre suelos erosionables y pendientes acusadas. Estos ecosistemas se caracterizan por una baja cubierta vegetal durante el primer año post-incendio, que es insuficiente para proteger el suelo frente a la erosión. En las situaciones más típicas, el fuego se produce en verano y durante el final del verano y el otoño hay un alto riesgo de lluvia torrencial en la cuenca Mediterránea. La protección de laderas para reducir la erosión y el exceso de escorrentía requiere de medidas efectivas de forma prácticamente inmediata. El acolchado (mulching) y la siembra inmediatamente después del fuego es una medida efectiva para la protección del suelo y la estimulación de las primeras fases de la regeneración de la vegetación. La erosión disminuye bajo una cubierta de restos orgánicos (mulch), con o sin siembra, tanto en clima semiárido como seco subhúmedo, por lo que se puede considerar un tratamiento efectivo en montes quemados con alto riesgo erosivo. La efectividad de la siembra es más impredecible ya que depende mucho de las lluvias a lo largo de los primeros meses después de la siembra. Las técnicas de siembra son relativamente baratas y aplicables a áreas extensas, mediante helicóptero o avioneta, sin causar impactos ambientales.
- ii) Promoción de comunidades vegetales resilientes al fuego. La plantación de arbustos y árboles rebrotadores se propone para la restauración de montes quemados y degradados por otras causas. Se asume que la (re)introducción de estas especies aumentará la resiliencia de los ecosistemas al fuego. El desbroce de matorrales altamente combustibles, combinado con la introducción de leñosas rebrotadoras puede ser una medida para romper los ciclos de fuegos frecuentes. El clareo de los regenerados de pinos excesivamente densos es necesario para promover el desarrollo de bosques mixtos, con especies rebrotadoras en el sotobosque.
- iii) Restauración del bosque. Para la reforestación en paisajes con alto riesgo de incendios, la introducción simultánea o secuencial de coníferas (sobre todo pinos) y frondosas (sobre todo especies de *Quercus*, pero también otras especies como fresnos, arces etc., dependiendo de las condiciones del hábitat) aprovecharía los atributos complementarios de ambos grupos de especies, es decir resistencia al estrés hídrico y rápido crecimiento de los pinos frente a alta resiliencia al fuego (capacidad de rebrote eficiente) de las frondosas mediterráneas (Pausas et al., 2004). El objetivo final es aumentar la probabilidad de éxito de la plantación y alcanzar lo antes posible el bosque potencial. Estas plantaciones también aportarán mayor diversidad y heterogeneidad al paisaje. La dificultad estriba en que las plantaciones de frondosas suelen ofrecer pobres resultados de supervivencia y crecimiento en condiciones mediterráneas secas y suelos degradados. La utilización de técnicas específicas para mejorar la eficiencia en la utilización de agua han mejorado significativamente la supervivencia y crecimiento de estas especies sensibles. En las experiencias disponibles en la España seca, las técnicas que han ofrecido mejores resultados son las microcuencas de recolección de escorrentía, los tubos protectores, las plantas nodriza y las enmiendas orgánicas. Para los montes bajos muy densos de encina, el resalveo selectivo mejora la estructura de la masa y reduce la acumulación de combustible. En encinares abiertos, adhesados, la inoculación con trufa (*Tuber melanosporum*) puede aportar un importante valor económico añadido, además de la protección contra incendios, cuando el suelo (calcáreo) y las condiciones climáticas son apropiadas.

6. Forestación con múltiples objetivos

La restauración forestal se ha llevado a cabo durante más de cien años para combatir las degradación de las tierras. En las primeras iniciativas, la forestación tenía como objetivo preservar las cuencas hidrográficas, reducir el riesgo de inundaciones, fijar dunas, y proporcionar empleos en el medio rural, así como madera y otros aprovechamientos. Se forestaron millones de hectáreas bajo estos supuestos en Europa desde finales del siglo XIX. Por lo tanto, la forestación era una práctica común para rehabilitar tierras degradadas en clima seco mucho antes de que se acuñara el término “desertificación” (en los años 1970). Más recientemente, los objetivos de los programas de forestación se han ampliado para abordar de forma explícita otras amenazas y objetivos globales, tales como la lucha contra la desertificación y el cambio climático, y mejorar la biodiversidad.

Desde los primeros trabajos de restauración, varios elementos han cambiado de forma sustancial. La concepción de la restauración forestal, generalmente reducida a la forestación/reforestación, tenía un objetivo esencial doble: preservar los recursos edáficos e hídricos, y aumentar la cubierta forestal arbolada. Para estos objetivos, la restauración se llevaba a cabo a través de plantaciones monoespecíficas, utilizando en general pinos (u otras coníferas) debido a su carácter frugal, rápida recuperación de la cubierta arbórea y fácil gestión, así como la perspectiva de algún rendimiento económico para la población local. Las especies exóticas se utilizaron en ocasiones, menos en la vertiente mediterránea que en la atlántica de la Península Ibérica. Desde aproximadamente los años 1970, los cambios socioeconómicos operados en el Sur de Europa cambiaron de forma sustancial las demandas sociales de los bosques y de los montes en general. Mientras que la producción extractiva era todavía importante en las tierras de mejor calidad, otros objetivos fueron emergiendo: 1) la lucha contra la desertificación, que incluiría las acciones previas de protección hidrológico forestal de cuencas, aunque ampliando las perspectivas a la escala de ecosistema y paisaje; la prevención de incendios y la restauración post-incendio apareció como un tema prioritario desde el último cuarto del siglo XX ; 2) el uso recreativo y cultural del monte ha superado el interés productivo en muchas regiones, a partir de los años 1960; 3) la mejora de la biodiversidad introduce un nuevo marco de referencia para los proyectos de restauración, especialmente a partir de los años 1980; 4) la mitigación del cambio climático está siendo un objetivo importante desde los años 1990, que puede abordarse aumentando las superficies forestales que fijarían carbono atmosférico. Finalmente, el cambio del peso de los objetivos de producción directa frente a otros objetivos de la conservación y restauración de bosques, que producen bienes y servicios sin valor actual de mercado (externalidades), introduce un nuevo marco económico de referencia. Parece claro que las estrategias y técnicas de restauración forestal deben adaptarse a este nuevo marco social.

Como ejemplo de la evolución de las estrategias, la forestación tradicional basada en plantar una única especie arbórea, dentro de un reducido elenco de especies, está evolucionando a una forestación pluriespecífica, basada en un amplio conjunto de especies para ajustarse a la gran diversidad potencial de hábitats, estados de degradación de los montes, y diversidad de objetivos específicos de gestión. Las especies autóctonas ofrecen un alto potencial para restaurar ecosistemas degradados. Las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas autóctonas se deben utilizar según el estado de degradación específico del ecosistema y de los objetivos de gestión y planificación abordados.

Como consecuencia de la situación cambiante, los proyectos de restauración forestal recientes responden en su concepción a una gama variada de objetivos, tanto nuevos como antiguos, y su desarrollo técnico puede ser asimismo muy diverso, incluso contradictorio entre un país o región y otro/a. Parece claro que la eficacia de las iniciativas de restauración se puede mejorar a través de la evaluación y diseminación de las tecnologías que han demostrado su viabilidad técnica, ambiental y económica, y que son socialmente aceptables.

Las técnicas de restauración forestal generalmente incluyen repoblaciones. La mayor dificultad para restaurar ecosistemas degradados en clima seco es el estrés hídrico. Por lo tanto, las técnicas de forestación deben mejorar el uso del agua por parte de las plantas introducidas, así como la captura de agua y su conservación en el ecosistema restaurado (Vallejo et al., 1999). Este objetivo afecta a todos los pasos a lo largo del proceso de restauración forestal (plantación en este ejemplo): producción de brinzales de calidad en vivero, preparación y enmienda del suelo, utilización de tubos protectores, tratamientos de la vegetación existente en el monte, y selvicultura post-plantación.



profundos para facilitar el desarrollo de la raíz pivotante en la fase de arraigo; el objetivo es facilitar que la raíz pivotante alcance rápidamente los horizontes profundos del suelo donde puede encontrar un mínimo de humedad, incluso en verano. La preparación del suelo mediante las técnicas de recolección de escorrentía aumenta los aportes de agua para los brinzales introducidos. (Fig. 10). Los tubos protectores reducen la transpiración del brinzales, y por lo tanto la demanda de agua, y promueven el crecimiento en altura (Fig. 10 and 11). Finalmente, la fertilización del suelo mediante la adición de biosólidos compostados favorece el crecimiento del brinzal a dosis moderadas, del orden de 20-30 Mg (peso seco) ha⁻¹ año⁻¹.



Figura 11. Brinzal de encina dentro de un tubo protector, Ayora (Valencia, España).

Prioridades para luchar contra la desertificación

Los esfuerzos de restauración deben priorizar las áreas más sensibles en términos de riesgo de desertificación. Una vez identificadas las áreas sensibles, el siguiente paso sería definir las condiciones umbral de degradación que permitan una restauración con éxito, tanto en términos técnicos, como económicos y sociales. Es muy arriesgado llevar a cabo costosos y extensos programas de forestación en montes muy degradados, sin una previsión consistente de las posibilidades de éxito. Un tercer paso sería diseñar técnicas específicas de mitigación y restauración para estas áreas extremadamente sensibles, incluyendo tanto medidas activas como pasivas, relacionadas con las fuerzas motrices causantes de la degradación (desertificación activa) o con las perturbaciones preteritas que aún promueven la desertificación. La base de partida para estas actividades debería ser un análisis a fondo de las acciones de restauración realizadas en el pasado en las regiones más sensibles y degradadas. En el mismo sentido, el seguimiento y la elaboración de bases de datos deberían ser componentes esenciales de todos los proyectos de restauración.

7. ¿Planificar los usos de suelos para gestionar el agua o planificar el agua para la gestión del territorio?

El ciclo del agua se ve afectado por la mayoría de las actividades que se desarrollan en el territorio de una manera u otra, aunque estas actividades pueden no tener objetivos específicos relacionados con el agua. El agua es un recurso crítico para la sociedad humana y para los ecosistemas, tanto en términos de cantidad como de calidad, y en algunos casos es el factor más limitante para el desarrollo. Por lo tanto, el ciclo del agua es un tema horizontal que debe ser considerado en todas las actividades de gestión del territorio, y específicamente en su planificación.

Las primeras grandes civilizaciones desarrolladas en tierras áridas, como la civilización sumeria en Mesopotamia, se basaron en una gestión innovadora de los recursos hídricos. Siglos después, la degradación de las tierras causada a largo plazo por el riego provocó la destrucción de esta civilización extraordinaria. Por lo tanto, las interacciones entre el agua y la tierra pueden derivar en dinámicas imprevistas que pueden causar impactos catastróficos a la sociedad humana. A lo largo de la historia, el desarrollo humano en las tierras áridas se ha visto limitado por la escasez de agua.

El desarrollo excesivo sin una previsión de la disponibilidad de agua ha dado lugar a la desertificación de regiones áridas, disminuyendo la productividad de las tierras y reduciendo la capacidad de regulación hídrica. En las peores situaciones, la desertificación genera una pérdida irreversible de la productividad de las tierras. Por lo tanto, la gestión del agua afecta la productividad de las tierras y los procesos a la escala del paisaje, y los usos de suelos afectan al ciclo del agua. El reto que se plantea es una planificación razonable de los usos de los suelos y de la gestión del agua para satisfacer las demandas de agua y conservar los recursos naturales.

8. Consideraciones finales

La planificación del territorio debe compatibilizar múltiples objetivos en un determinado territorio, asegurando la sostenibilidad a corto y largo plazo. Entre estos objetivos, el desarrollo económico y la productividad del territorio debe ser compatible con la conservación de la naturaleza y de los valores paisajísticos, y todos ellos requieren de un uso racional de los recursos hídricos. Para asegurar el equilibrio territorial, especialmente a gran escala, una parte del territorio debe dedicarse a los ecosistemas naturales, y eventualmente a los bosques. Probablemente no hay una respuesta única, universal, a la pregunta de cuánto bosque es suficiente. No obstante, algunos autores han sugerido que entre un 30 y un 50% del territorio debería dedicarse a los ecosistemas naturales (Odum & Odum, 1972; Noss, 1992; Mosquin et al., 1995). En cualquier caso, las decisiones sobre los cambios de usos de suelos deben considerar cuidadosamente el grado de reversibilidad de esos cambios. Muchas transformaciones de los usos de las tierras son prácticamente irreversibles a la escala de tiempo ecológica y humana, por ejemplo el sellado del suelo por estructuras. Otras transformaciones requieren la inversión de inmensas cantidades de energía (y dinero) para ser revertidas, por ejemplo la deforestación de bosques autóctonos. En ambas situaciones, se produce una reducción de los grados de libertad en las opciones futuras de uso del territorio, con lo que se reduce la sostenibilidad. En las regiones secas, la desertificación puede producir una degradación irreversible de las tierras, generando procesos de retroalimentación positiva entre la degradación del suelo y la sequía, resultando en una escasez de agua creciente y permanente.



Figura 12. Pintura del siglo XVI que muestra un paisaje con bosque, agua y una escena religiosa (Joachim Patinir, Paisaje con la prédica de San Juan Bautista).



Figura 13. Pintura de la segunda mitad del siglo XVI: Paisaje antropomórfico (Escuela de los Países Bajos del Sur).

Desde los siglos XV-XVI, cuando los pintores empezaron a representar el paisaje, introdujeron los bosques y el agua en la escena en la mayoría de los casos, junto con representaciones de ideas –motivos religiosos (Fig. 12) – incluso el mismo hombre (Fig. 13, paisaje antropomórfico). Ojalá esta integración entre espiritualidad humana y paisaje con bosques y aguas se mantenga en el futuro para el disfrute de las generaciones futuras.

8. Referencias

Bellot, J., Sanchez, J.R., Chirino, E., Hernandez, N., Abdelli, F. and Martinez, J.M. (1999). Effect of different vegetation type cover on the soil water balance in semi-arid areas of south eastern Spain. *Phys. Chem. Earth (B)*, vol. 24 (4): 353-357.

Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* , 55: 3-23.

Bruijnzeel, L. (1990). Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: A state of knowledge review. UNESCO, Paris.

Calder, I.R. (2000). Forests and hydrological services: reconciling public and science perceptions. *Land Use and Water Resources Research* 2(2): 1-12.

Dudley, N. and Stolton, S. (2005). Restoring water quality and quantity. In: Mansourin, S., Vallauri, D. and Dudley, N eds. *Forest restoration in landscapes*. Pp. 228-232. Springer, New York.

Holmes, J.W. and Wronski, E.B. (1982). On the water harvest from afforested catchments. In *Pro-*

ceedings of the First National Symposium on Forest Hydrology, Melbourne, 11-13 May 1982: 6p.

Langford, K.J. (1976). Change in yield of water following a bushfire in a forest of *Eucalyptus regnans*. *J. Hydrol.*, 29: 87-114.

Ludwig, J.A. and Tongway, D. 1995. Spatial organisation of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape-Ecology* 10 (1): 51-63.

Maestre, F.T., Bautista, S., Cortina, J., Bellot, J., (2001). Potential for using facilitation by grasses to establish shrubs on a semiarid degraded steppe. *Ecological Applications* 11 (6): 1641-1655.

Maestre, F.T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., Vallejo, V.R. (2003). Small scale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling survival in a degraded semiarid ecosystem. *Ecosystems* 6: 630-643

Margalef, R. (1996). Apropiació de l'aigua epicontinental i cicle global. *Quinzè Congrés de Metges i Biòlegs de Llengua Catalana* (ed.). Llibre de Ponències, pp 35-46. Barcelona.

Mayor, A.G., Bautista, S., Gimeno, T. (2002). Logging of burned pines and rill erosion in Mediterranean drylands. *International Arid Lands Consortium Conference 'Assessing capabilities of soil and water resources in drylands: the role of information retrieval and dissemination technologies'*,

Tucson, Arizona, 20-23 October 2002.

Molchanov, A.A. (1971). Cycles of atmospheric precipitation in different types of forests of natural zones of the USSR. In: P. Duvigneaud ed., *Productivity of forest ecosystems*. Proc. Brussels

Symp., 1969 (*Ecology and conservation*, 4). pp 49-68. UNESCO. Paris.

Mosquin, T, Whiting, P.G. & McAllister, D.E. (1995). Canada's biodiversity: The variety of life, in status, economic benefits, conservation costs and unmet needs. *Canadian Museum of Nature*, Ottawa, Ontario.

Noss, R.F. (1992). The wildlands project. *Wild Earth Special issue*: 10-25.

Odum, E.P. & Odum, H.T. (1972). Natural areas as necessary components of man's total environment. *Proceedings of the North American Wildlife and Natural Resources Conference*, 37: 178-189.

Pausas, J.G., Bladé, C., Valdecantos, A., Seva, J.P., Fuentes, D., Alloza, J.A., Vilagrosa, A., Bautista, S., Cortina, J. & Vallejo, V.R. (2004). Pines and oaks in the restoration of Mediterranean landscapes of Spain: New perspectives for an old practice – a review. *Plant Ecology* 171: 209-220.

Piñol J, Lledó MJ & Escarré A. (1991). Hydrological balance of two Mediterranean forested catchments. *Hydrological Sciences Journal*, 36:95-107

Puigdefábregas, J and Mendizabal, T. (1998). Perspectives on desertification: Western Mediterranean. *Journal of Arid Environments* 39 (2): 209-224.

Santos Pereira, L. (2004). Combating desertification: Water conservation and water saving issues in agriculture. In: Enne, G., Peter, D., Zanolla, C. and Zucca, C. eds. *The MEDRAP Concerted Action to support the Northern Mediterranean Action Programme to Combat Desertification. Workshops results and proceedings*, pp 138-159. NRD, Sassari.

Schelesinger, W.H. (1997). *Biogeochemistry. An analysis of global change. Second Edition*. Aca-

demic Press. San Diego.

Shachori, A.Y. and Michaeli, A. (1965). Water yields of forest, maquis and grass covers in semi-arid regions: a literature review. In F. D. Eckardt ed. *Méthodologie de l'écophysologie végétale* pp. 467-477, UNESCO, Paris.

Vallejo, V.R. & Alloza, J.A. (1998). The restoration of burned lands: The case of eastern Spain. In: *Large Forest Fires*. J.M. Moreno ed., pp 91-108. Backhuys Publ., Lieden.

Vallejo, V.R., Serrasolses, I., Cortina, J., Seva, J.P., Valdecantos, A. & Vilagrosa, A. (2000). Restoration strategies and actions in Mediterranean degraded lands. In: *Desertification in Europe: mitigation strategies, land-use planning*. G. Enne, Ch. Zanolla and D. Peter eds. EC DG XII, Environment and Climate programme, 221-233, Brussels.

Vallejo, V.R., Aronson, J., Pausas, J. & Cortina, J. (2006). Restoration of Mediterranean Woodlands. Chapter 14 in *Restoration Ecology*. The New Frontier. J. Van Andel and J. Aronson (Eds.). 193- 207. Blackwell Publ., Oxford.

Vallejo, V.R., Bautista, S. & Cortina, J. (1999). Restoration for soil protection after disturbances. In: *Life and Environment in the Mediterranean*, L. Trabaud ed., 301-343, WIT Press, Southampton.

Van Wesemael, B., Poesen, J., Benet, A.S., Barrionuevo, L.C., and Puigdefábregas, J. (1998). Collection and storage of runoff from hillslopes in a semi-arid environment: Geomorphic and hydrologic aspects of the aljibe system in Almeria Province, Spain. *Journal of Arid Environments* 40 (1): 1-14.

Resúmenes

Sesión 1

¿El bosque atrae la lluvia? Interacciones entre usos de suelos y clima regional**Ponencia 1:**

Efectos de la deforestación en el Amazonas sobre el régimen de lluvias y de evapotranspiración

Autores:

Luizão, Flávio J.¹; Nobre, Carlos A.²

¹ INPA- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Depto. Ecologia e Programa LBA. Manaus, Amazonas, Brasil. E-mail: fluizao@inpa.gov.br, Telefone: +55 92 3643 3618

² INPE/CPTEC e IGBP-Brasil – São José dos Campos, SP. E-mail: carlos.nobre@inpe.br

Resumen:

En Sudamérica, la Amazonia representa 7 millones de kilómetros cuadrados, constituidos en su mayoría por denso bosque húmedo tropical o pluviselva, que representa una enorme fuente de evapotranspiración y que afecta enormemente a los regímenes de lluvias de la región. En los últimos años, los nuevos descubrimientos del Proyecto LBA (en la actualidad, el Programa de Investigación sobre las Interacciones Biosfera-Atmósfera en la Amazonia) han confirmado y explicado mejor la función del bosque como regulador vital del ciclo regional del agua, además del de toda Sudamérica. El bosque emite una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles (COV) que contribuyen a la producción de nubes superficiales y relativamente calientes, muy eficaces para provocar lluvias en la región. La deforestación a gran escala puede alterar gravemente este mecanismo y modificar ampliamente los procesos de formación de nubes y lluvias con reflejos en otras regiones vecinas o incluso lejanas. La región amazónica funciona como un importante centro de redistribución del vapor de agua que entra en la cuenca procedente del océano Atlántico, regulando así en parte la distribución anual de las lluvias en las regiones central y del sur de Brasil e incluso de Sudamérica. Por otra parte, los cambios climáticos y ambientales a gran escala que afectan al régimen de lluvias de la Amazonia, como ilustró el fenómeno de El Niño, más frecuente en los últimos años, y la fuerte sequía amazónica durante 2005.

Palabras Clave:

Servicios del ecosistema forestal; Cambio climático; Ciclo hidrológico en la Amazonia; Nubes y lluvias amazónicas

Ponencia 2:

El cambio climático y el ciclo del agua en el Sur de Europa: La función de los umbrales críticos y los procesos retroactivos

Autor:

Millan M. Millan

Fundación CEAM. Parque Tecnológico, E-46980 Paterna (Valencia), España. Correo electrónico: millan@ceam.es, Teléfono: +34-961318227

Resumen:

Alrededor del mar Mediterráneo podemos encontrar desiertos y condiciones semidesérticas muy próximas a un mar cálido y, por consiguiente, a una masa atmosférica marina con alto contenido de humedad, por ejemplo, las costas de Marruecos, Argel, Túnez, Libia y Almería, situada en el sudeste español. Estas regiones estaban cubiertas de vegetación en la época histórica, es decir, durante el Imperio Romano y, en el caso de Almería, hace tan sólo 150 años, antes de que los bosques se utilizaran como minas de plomo y combustible. La pregunta es: ¿pusieron en marcha un ciclo de procesos retroactivos con la eliminación de los bosques? Los resultados de diecisiete Proyectos de Investigación de la Comisión Europea (reconocimientos) indican que podría ser este el caso.

Este trabajo muestra que el sistema hidrológico de esta región es muy sensible a los cambios territoriales y, más recientemente, también a los efectos de la contaminación del aire. Ambos se pueden combinar para superar los niveles umbral críticos, es decir, la altura de los niveles de condensación de las nubes con respecto a la altura de las cadenas montañosas costeras. Esto da como resultado la pérdida de las tormentas veraniegas e inclina el clima regional hacia la desertificación y la sequía. En la Cuenca Mediterránea Occidental el vapor de agua no precipitada vuelve y se acumula en el mar a alturas que superan los 5.000 m, durante periodos de entre 3 y 10 días en el verano.

Además, las modificaciones y las perturbaciones del ciclo hidrológico en cualquier parte de la cuenca podrían propagarse a toda la cuenca y regiones adyacentes y, en última instancia, al sistema climático mundial, a través de otros mecanismos. Estos suponen: (1) un aumento de la ciclo-génesis mediterránea en otoño-invierno a través del calentamiento acumulado (efecto invernadero) de la superficie marina por el vapor de agua y los agentes contaminantes (ozono) que se acumulan sobre el mar, (2) el envío de vapor de agua acumulado a otras regiones al término de cada ciclo de acumulación-recirculación de 3-10 días, que puede contribuir a las inundaciones de verano en Europa Central y del Este y (3) cambios en el equilibrio evaporación-precipitación sobre el Mediterráneo, lo que aumenta su salinidad y activa la válvula de salinidad Atlántico-Mediterráneo.

Palabras Clave:

Realimentaciones climáticas, Sequía, Ciclo hidrológico, Clima mediterráneo

Sesión 2

Optimizando las entradas de agua

Ponencia 1:

Técnicas para aumentar la recarga de acuíferos en las regiones semiáridas

Autores:

Antonio Pulido-Bosch ¹; **Martín-Rosales, Wenceslao** ²

¹ Universidad de Almería, Departamento de Hidrogeología, CITE-II-B. E-04120, Almería (España). Correo electrónico: apulido@ual.es, Teléfono: +34 950 015 465

² Universidad de Granada, Departamento de Geodinámica, Fuentenueva s/n E-18071 Granada (España). Correo electrónico: wmartin@ugr.es, Teléfono: +34 958 248 083,

Resumen:

Presentamos los principales métodos potenciales de recarga de acuíferos en las regiones semiáridas. La escasez de recursos hídricos en las regiones semiáridas se acompaña a menudo de breves períodos de precipitaciones muy intensas que pueden generar inundaciones potencialmente catastróficas. En dichas zonas, el agua de escorrentía se puede recoger para la recarga de los acuíferos y ofrecer valiosas contribuciones para la prevención de inundaciones y la gestión de los recursos hídricos. Presentamos un estudio realizado en el sudeste español en el que se calcula la recarga procedente de varios diques, así como la de diversas graveras excavadas para suministrar grava para su uso en invernaderos. Las graveras están situadas en los sectores apicales de los abanicos aluviales que revisten las unidades hidrogeológicas que están ampliamente sobreexplotadas, así que están bien posicionadas para su uso como recarga artificial. El estudio demuestra la alta eficacia hidrogeológica de dichas graveras para este fin.

Ponencia 2:

La niebla: una fuente sostenible de agua para las personas, los bosques y la restauración forestal

Autor:

Robert S. Schemenauer ¹

¹ FogQuest: soluciones hídricas sostenibles, 448 Monarch Place, Kamloops, BC, V2E 2B2, Canadá y Profesor Adjunto, Departamento de Ciencias de Recursos Naturales, Thompson Rivers University, Kamloops, BC, Canadá

Resumen:

La niebla es una parte natural del ciclo hidrológico y, al igual que las precipitaciones, ofrece una fuente vital de agua para toda la vida. Su contribución al aporte de agua en un emplazamiento concreto puede variar desde el 0 % hasta casi el 100% en algunos entornos desérticos de gran elevación. La niebla se compone de pequeñas gotas de agua de entre 1 y 40 µm de diámetro. Los diámetros habituales de las gotas son de alrededor de 10 µm. Algunos tipos de árboles son eficaces a la hora de recoger estas pequeñas gotas de niebla que transporta el viento. Se fusionan en las hojas para formar gotas mayores y después caen al suelo. En zonas de bosque de gran elevación, en latitudes templadas, este proceso puede proporcionar entre el 20 y el 50 % del aporte de agua a un ecosistema. La organización benéfica FogQuest utiliza unas mallas que han sido seleccionadas a propósito para recoger el agua de la niebla en los entornos áridos, con el fin de abastecer de agua a las comunidades para usos domésticos, agrícolas y forestales. En esta ponencia se presentarán los antecedentes sobre la recogida de niebla y algunas aplicaciones actuales.

Palabras Clave:

Niebla, recogida de niebla, desierto, hidrología forestal

Sesión 3

¿El bosque reduce los recursos hídricos consuntivos o los mejora a través de la regulación hidrológica de las cuencas?: ¿Cómo gestionar la planificación de los bosques en una perspectiva multifuncional?

Ponencia 1:

Integración de la producción de agua en los criterios de gestión forestal. Multifuncionalidad y prerrequisitos.

Autor:

Leopoldo Rojo Serrano ¹

¹ Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. DG de Medio Natural y Política Forestal. Ríos Rosas 24 E 28003 Madrid. Spain, Correo electrónico: lrojo@mma.es Teléfono: 91 749 36 57

Resumen:

Las necesidades crecientes de consumo del recurso agua unidas a las previsiones de mayor aridez que augura en amplias zonas el cambio climático, determinan un renovado interés por el papel de los bosques en la producción de agua. Después de casi un siglo de experimentación de campo, sabemos que la disminución de la densidad de la cobertura arbórea conduce a aumentos en la cantidad de agua evacuada por la cuenca en magnitudes significativas. La complejidad de la fase superficial del ciclo hidrológico y la necesidad de considerar la influencia de las cubiertas forestales en el régimen hidrológico, unido al hecho de que sean los caudales de estiaje y no los máximos ni los medios, los que determinan la capacidad de este para satisfacer un abastecimiento, añaden una nueva dimensión al análisis de la cuestión. Lo cual debería ser atendido por un esfuerzo investigador adicional. La necesidad de salvaguardar la calidad del agua y la protección de suelo, junto con la persistencia del ecosistema forestal, constituyen los prerrequisitos fundamentales para cualquier acción encaminada al aumento de la producción de agua.

La diversidad de usos y demandas sobre los bosques determinan perspectivas de gestión multifuncional. De acuerdo con los conocimientos actuales es posible, no obstante, estudiar aproximaciones de gestión forestal admisibles que consideren al agua como producto principal. Se proporcionan algunos criterios de partida para su discusión en la Tribuna del Agua de la EXPO 2008, Zaragoza.

Palabras clave:

Hidrología. Gestión forestal. Producción de agua. Protección del suelo.

Ponencia 2:

La producción de agua depende de la compensación entre agua y carbono en los ecosiste-

mas forestales.

Autor:

Carlos Gracia

Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona y CREAM, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, UAB.
cgracia@ub.edu

Resumen:

La regulación del agua y el carbono entre la vegetación y la atmósfera es un proceso biosférico fundamental con procesos reactivos ante el sistema físico a diversas escalas espacio-temporales (Claussen 1998; Houghton et al. 1998; Waring and Running 1998; Prentice et al. 2001). Un elemento clave de los ciclos agua/carbono comprende la fijación del dióxido de carbono atmosférico (CO₂) por medio de la fotosíntesis y su liberación mediante la respiración autotrófica y heterotrófica. El intercambio neto de los ecosistemas (NEE) es la absorción o liberación neta de carbono por parte de los ecosistemas terrestres.

El ciclo terrestre del agua incluye las precipitaciones que se introducen en la vegetación procedentes de la atmósfera y su reciclaje a la atmósfera mediante la evapotranspiración (la evaporación de las superficies húmedas y la transpiración a través de los estomas) y la escorrentía a lagos u océanos. La división de las precipitaciones entrantes en evapotranspiración y escorrentía queda determinada en parte por el clima (Monteith and Unsworth 1990) y en parte por factores como el Índice de Superficie Foliar (LAI), la estructura de cubierta y las propiedades hidráulicas de la vegetación y el suelo. Los ciclos del agua y el carbono están íntimamente relacionados, ya que las respuestas de los estomas controlan simultáneamente la transpiración y la absorción de CO₂ y porque la descomposición microbiana está fuertemente obligada por las condiciones de humedad del suelo, ya que tanto el exceso como la escasez de agua reducen la actividad microbiana.

Palabras clave:

ciclo del agua, absorción de carbono, eficacia del uso del agua, coste de mantenimiento y formación de tejidos vivos.

Sesión 4

La restauración forestal en la perspectiva de la lucha contra la desertificación

Ponencia 1:

Cubierta vegetal y agua

Autor:

Juan Ruiz de la Torre

Profesor Emérito de la Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen:

La cubierta vegetal en el ecosistema terrestre, es un subsistema ligado principalmente al clima, sus funciones tienen relación con la energía, el aire, los sólidos inertes, el agua, sustancias nutritivas y sustancias tóxicas y puede variar según, cuantía y estacionalidad de precipitaciones de agua, magnitud habitual y extremos de la humedad del aire y régimen de temperaturas.

Las influencias de la cubierta vegetal que empiezan o terminan por tener consecuencias en la economía del agua se mencionan claramente en este trabajo como: albedo, condensación, inducción de incremento de la precipitación, precipitación y escorrentía, fotosíntesis, ciclo de erosión, regresión y progresión de la cubierta, la interceptación y retención de polvo atmosférico, y otras más sin dejar de tocar el salvaje urbanismo.

Y se concluye con algunas medidas indispensables que defiendan la integridad de las cubiertas vegetales, finalmente se comenta sobre la importancia de la vegetación protectora.

Palabras clave:

cubierta vegetal e influencias, economía del agua, recursos hídricos, vegetaciones protectoras y restauración de cubiertas.

Ponencia 2:

Sistemas de riego más eficientes para restauraciones en desiertos y zonas secas

Authors:

Bainbridge, David A. and Ramirez Almoril, Jose Javier

Marshall Goldsmith School of Management, Alliant Internacional University, San Diego, CA

Resumen

Uno de los desafíos más grandes para la agricultura, agroforestería, recursos forestales, y restauración en general, consiste en establecer plantas y cultivos en zonas estacionalmente o permanentemente secas. Este hecho está aumentando la importancia de este desafío, a medida que el cambio climático crea nuevas zonas áridas y provoca más episodios de lluvia esporádicos. Aunque muchas zonas amplias del mundo siguen siendo manejadas por un número pequeño de dueños

con limitados recursos, estos métodos de bajo coste que pueden ayudarles a disminuir pérdidas han sido olvidados por estudios científicos y por programas internacionales de desarrollo. Los sistemas de riego por goteo son bien conocidos, pero otros métodos alternativos de riego que podrían funcionar a la perfección no han sido suficientemente estudiados o publicados. Entre estos se incluyen: tubos profundos, macetas de arcilla enterradas, cápsulas porosas, mechas, mangueras porosas e irrigación subterránea con tubos perforados. Estos métodos requieren mucha menos agua y además funcionan bien en zonas de gran pendiente. Además, reducen dramáticamente el crecimiento de malas hierbas debido a que el agua llega exclusivamente al cultivo.

Palabras clave:

Irrigación, eficiencia, tubo profundo, maceta de arcilla enterrada, mecha, cápsula porosa, manguera porosa, tubo perforado, lugar remoto, pendientes, sequía

Ponencia 3:

Opciones para optimizar el uso del agua en las plantaciones

Autor:

Cortina Segarra, Jordi ¹

¹ Departament d'Ecologia. Universitat d'Alacant i Institut Multidisciplinari per a l'Estudi del Medi, Universitat d'Alacant. Ap. 99 E-03080 Alacant, España, Correo electrónico: jordi@ua.es, Teléfono: 965 90 95 64

Resumen:

La ecología de la restauración pretende recuperar los ecosistemas que han sido dañados, degradados o destruidos. En los terrenos de secano, la restauración supone habitualmente la implantación de una capa vegetal protectora que reducirá la vulnerabilidad del ecosistema ante las perturbaciones y la tensión. En las últimas décadas se han realizado importantes avances para mejorar el éxito de la plantación mediante la selección de especies y genotipos adecuados, con la producción de plantas de semillero de alta calidad y la creación de microhábitats favorables para el establecimiento de los semilleros, la gestión de las interacciones bióticas y la planificación del paisaje. Aquí revisamos algunos de estos avances y comentamos algunos de los retos venideros.

Palabras clave:

restauración ecológica, eficiencia en el uso del agua, modelos de estado y transición, ecotecnología, facilitación

Sesión 5

Opciones de planificación del territorio para optimizar los recursos hídricos

Ponencia 1:

Modelación de los cambios de cobertura del territorio y sus consecuencias hidrológicas.

Autores:

Acevedo, Miguel F. ¹, Redfearn, Howard ²

¹ Programa de Ingeniería Biológica y Ambiental, Universidad del Norte de Texas, Denton Texas 76203 EEUU, Correo electrónico: acevedo@unt.edu, Teléfono: 940-891-6701

² Stormwater Manager, City of Mansfield, 1200 E. Broad St. Mansfield, Texas 76063, Correo electrónico: howard.redfearn@ci.mansfield.tx.us

Resumen

Los cambios de uso del territorio en las cuencas hidrográficas son acciones humanas muy prevalentes que afectan el comportamiento de la cantidad y calidad del agua en dichas cuencas. Los factores principales son cambios en la permeabilidad de la superficie, la remoción de suelo, y los cambios de cobertura vegetal. Ha sido práctica común que se efectúan dichos cambios sin planificación cuidadosa que tome en cuenta los efectos potencialmente negativos sobre los recursos de agua. Los modelos hidrológicos, en conjunto con avances en tecnología geo-espacial y radares, proveen una herramienta que permite anticipar los posibles efectos potenciales de dichos cambios de uso del territorio. Aun más, el desarrollo de los modelos de toma de decisión multi-agentes acoplados a los modelos hidrológicos, despunta como una metodología que permita incluir los múltiples actores humanos en los cambios de una cuenca. En este artículo presentamos dos ejemplos de modelos aplicados a una cuenca en el centro norte del Estado de Texas en los EEUU de Norteamérica. En el primer ejemplo se describe la aplicación de un modelo hidrológico para la planificación del uso del territorio, y en el segundo se describe el uso de un modelo multi-agente para entender la dinámica del proceso de cambios de uso del territorio. El modelo presentado en el segundo ejemplo puede usar resultados del modelo presentado en el primer ejemplo. De este modo se logra un enfoque integrado.

Palabras clave:

modelos, cuencas, uso del territorio.

Ponencia 2:

Prospectiva 2030 en los cambios de ocupación del suelo en España y sus impactos en el ciclo hidrológico: algunas ideas para un futuro sostenible

Autores:

Prieto, Fernando ^{1,2}, Ruiz, Paloma ¹,

¹ Universidad de Alcalá, Departamento de Ecología,

² Observatorio de la Sostenibilidad en España. Plaza san Diego s/n E-28801 Alcalá de Henares (Madrid), Spain, Correo electrónico: fprieto21@yahoo.com Teléfono: 91 8854063

Resumen

El desarrollo de diferentes escenarios de ocupación del suelo es fundamental para el análisis de los efectos previsibles sobre el ciclo hidrológico. Las zonas artificiales y cultivos de regadío son los que provocan un mayor impacto sobre el ciclo hidrológico, por la demanda y vertido de aguas, influyendo de forma cualitativa y cuantitativa. Dependiendo de cómo se desarrollen en el futuro estos tipos de ocupación tendremos diferentes efectos sobre el ciclo hidrológico. Se han desarrollado 3 escenarios para el 2030: (1) "Tendencial", que mantiene la tendencia de cambios de ocupación observada entre 1987 y 2000, de incremento de la superficie artificial y de cultivos de regadío; (2) "Mad-Max", que acelera estas tendencias y se asocia a una sobreexplotación del agua, y (3) "Technogarden", que prevé una estabilización de estas superficies asociada a un desarrollo de tecnologías, con apoyo al conocimiento y mantenimiento de los procesos ecológicos. Se subraya la necesidad de la sociedad de llegar en el 2030 a un escenario óptimo, sostenible o "technogarden" para asegurar la disponibilidad de agua para la población y los ecosistemas, que se acentúa con las condiciones previsibles de cambio climático. Se ilustra la importante relación entre los cambios de ocupación del suelo y el ciclo hidrológico, y se concluye que, a pesar de las incertidumbres existentes asociadas a la prospectiva y generación de escenarios, es una herramienta útil y preventiva, necesaria para la futura planificación conjunta de los usos del agua y del suelo.

Palabras clave:

Cambios ocupación y uso del suelo, ciclo hidrológico, irreversibilidad de procesos, superficie artificial, regadíos, demandas hídricas, nuevas tecnologías, principio de precaución, medida de la sostenibilidad, futuro sostenible, planificación conjunta.

Sesión 6

El impacto de las políticas en los recursos hídricos

Ponencia 1:

Impacto de las políticas agro-ambientales en los recursos hídricos.

Authors:

Christiane Kirketerp

Press Officer. European Commissioner for Agriculture and Rural Development

Resumen

El discurso se centrará en las herramientas actuales de las que disponemos con arreglo a la Política Agraria Común que contribuye a un uso más sostenible del agua en la agricultura. Hablará sobre la función de la Ecocondicionalidad, el vínculo entre las normas de la UE en el campo del medio ambiente, el bienestar animal, la sanidad animal y la fitosanidad y los pagos de la UE a agricultores y ganaderos. También comentará la creciente importancia de la política europea de desarrollo rural sobre financiación de proyectos voluntarios para ahorrar agua, reducir el impacto sobre la calidad del agua y restaurar y mantener los humedales en las zonas rurales de Europa. Por último, el discurso se dirigirá al debate acerca de las nuevas medidas incluidas en las propuestas legislativas del chequeo de la PAC, que se presentaron el 20 de mayo y que actualmente se están debatiendo en el Consejo de Ministros con el fin de adoptarse antes de final de año.

Ponencia 2

Gestión integrada de los recursos hídricos: El caso de Brasil

Autor:

João Bosco Senra

Director de Recursos Hídricos, Secretaría de Recursos Hídricos y Ambiente Urbano, Ministerio de Medio Ambiente, República Federativa del Brasil. Comisario de Brasil ante la Exposición Internacional ExpoZaragoza 2008

Resumen

Varios impactos negativos observados en los cuerpos de agua se originan a partir del uso inadecuado y la ocupación del suelo, generados por la creciente presión sobre los recursos naturales sin respetar la capacidad de soporte de los mismos. Ante tal situación, es necesario que el poder público y la sociedad, en forma pactada y solidaria, busquen soluciones a esta problemática, teniendo en cuenta la importancia de avanzar en los marcos legales e institucionales, y buscar sinergias entre determinadas políticas públicas, especialmente aquellas que tratan del uso y ocupación del suelo, de la gestión de los recursos hídricos y de la gestión ambiental para su aplicación práctica y en beneficio equitativo para todos los ciudadanos. En este sentido, este artículo presenta, de forma breve y objetiva, los avances y retos que Brasil encuentra en la búsqueda de la articulación de estos temas.