



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

MÁSTER EN INGENIERÍA
HIDRÁULICA Y MEDIO
AMBIENTE

Modelación dinámica y distribuida de la vegetación en climas semiáridos. Aplicación a la cuenca de Valdeinfierno.



Marta Pasquato (marpas@posgrado.upv.es)



Índice

1. Introducción
2. Ecofisiología vegetal
3. Modelación conceptual suelo-vegetación
4. Caso de estudio
5. Aplicación del modelo TETIS
6. Aplicación del modelo TETIS-VEG
7. Conclusiones
8. Líneas de investigación futuras





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Desarrollar un modelo conceptual distribuido y dinámico suelo-vegetación, acoplado al modelo hidrológico TETIS, y pensado para ser aplicado en ecosistemas áridos y semiáridos.



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Clima

- Clasificación climática de Köppen: considera los valores de **temperatura y precipitación medias** anuales y mensuales, y la **estacionalidad** de las precipitaciones
- Climas semiáridos: regiones que tienen una ETP superior a la precipitación que reciben (aprox. 200 - 400 mm anuales)
→ **el agua es el factor limitante**

Cambio climático

- Modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional
- Los cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo
- Implican todos los parámetros climáticos: **temperatura, precipitación, nubosidad**, etc.



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Insolación

- Es la cantidad de **energía** en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día en concreto
- **Controla** la ET y, consecuentemente, la humedad en el suelo
- **Depende de:**
 - Los gradientes de latitud
 - La variabilidad en la orientación de las superficies y de las sombras proyectadas por la topografía



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

- Indicador numérico de “**cuanto verde es**” el objetivo de medidas hechas por sensores remotos
- Los valores del NDVI varían entre -1.0 y 1.0:
 - Valores negativos: nubes y agua
 - Valores positivos cercanos a cero: suelo desnudo
 - Valores positivos más altos: vegetación rala (0.1 - 0.5); vegetación densa (0.6 y más)
- Se define como:
$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})}$$
 - RED = la porción roja del espectro electromagnético (0.6-0.7 μm)
 - NIR = la porción del infrarrojo cercano en el espectro electromagnético (0.75-1.5 μm)



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

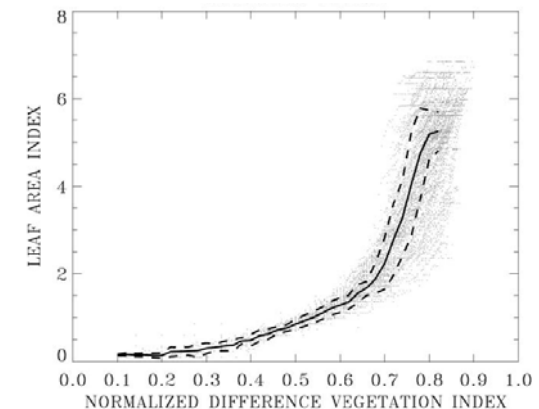
LAI (índice de superficie foliar)

- Es el ratio entre la superficie total superior de las hojas partido por el área del suelo sobre el que la vegetación crece.
- El LAI es un valor adimensional; varía típicamente entre 0 para suelo desnudo y 6 para el bosque denso.

Ecuación de Beer para obtener los valores de LAI:

$$LAI = -1/K * \ln \left(\frac{NDVI_{can} - NDVI}{NDVI_{can} - NDVI_{back}} \right)$$

- $K = 0.212$ (*) (Anselmi et al., 2004)
- $NDVI_{can}$ = valor mínimo de NDVI
- $NDVI_{back}$ = valor máximo de NDVI



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

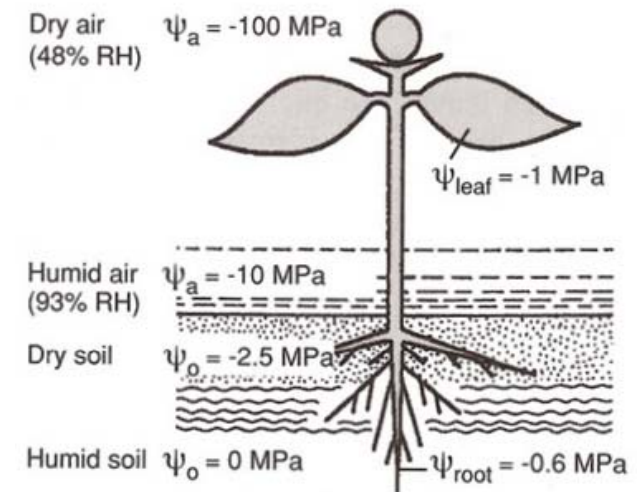
8. Líneas de investigación futuras

- El agua se mueve en la planta por diferencias del potencial hídrico (Ψ_W)
- En la planta el Ψ_W es la suma del **potencial osmótico** (Ψ_π) y del **potencial de presión** (Ψ_P)

$$\Psi_W = \Psi_\pi + \Psi_P$$

- En el suelo hay que incluir también el **potencial gravitacional** (Ψ_g) y el **potencial matricial** (Ψ_m)

$$\Psi_W = \Psi_\pi + \Psi_P + \Psi_g + \Psi_m$$





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Movimiento no cerrado:

- Penetración agua suelo por células epidérmicas de la raíz
- Evaporación en la superficie de las hojas (estomas)

Energía a vencer:

- Presión capilar
- Altura de raíces y árbol

Mecanismos de la planta:

- Ósmosis. Células de la raíz ricas en sales
- Capilaridad. Ascensión por succión a través del xilema



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Externos. Son los mismos que controlan la E:

- Disponibilidad energética (radiación neta: solar y de onda larga)
- Factores atmosféricos (poder evaporante de la atmósfera)

Internos:

- Disponibilidad de agua en el suelo
- Desarrollo y tipo de vegetación



ETP: Valor límite de la ET, determinado por los factores externos => sin incluir los factores internos



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

■ FAO-Penman-Monteith

$$ETP = \frac{0,408R_n\Delta + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

■ Hargreaves

$$ETP = 0,0023(T_{media} + 17,8)\sqrt{T_{max} - T_{min}} R_a$$

- R_a = radiación solar extraterrestre (MJ/m²/día)
- T = temperaturas media, máxima y mínima (°C)

(Recomendada por el doc. 56 FAO (1998) en ausencia de datos)



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

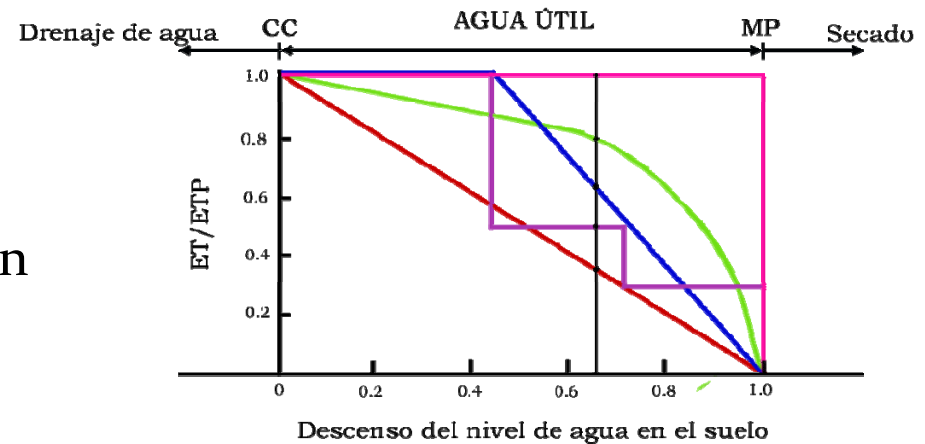
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- ❑ La ETP sólo incluye los factores externos → para modelizar la ET habrá que afectar la ETP por los factores internos
- ❑ Estimación evapotranspiración real

$$ET = F(\theta_{rel}) \cdot F(veg) \cdot ETP$$

- ❑ Curva de extracción





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

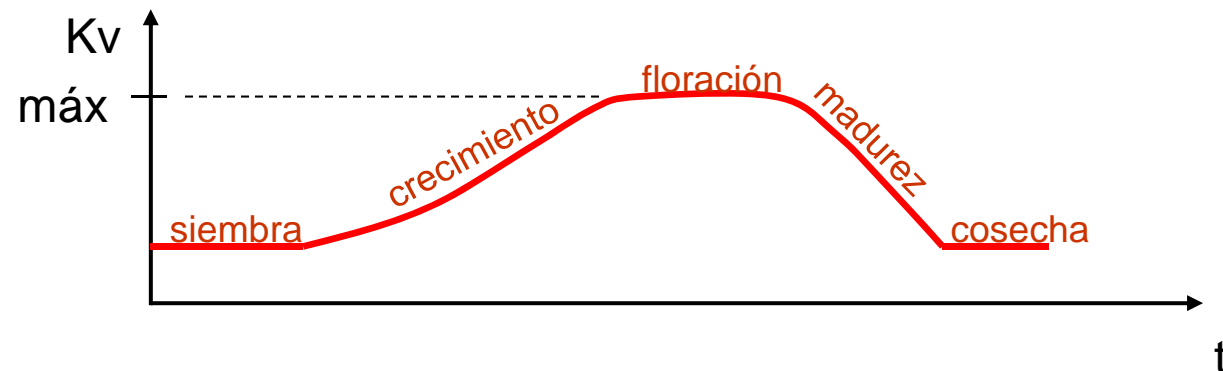
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

❑ Función de la densidad de cubierta vegetal = índices de densidad de hoja

- Sin restricción de humedad
- Variable a lo largo del año

❑ Muy variable en hoja caduca y cultivos estacionales:



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

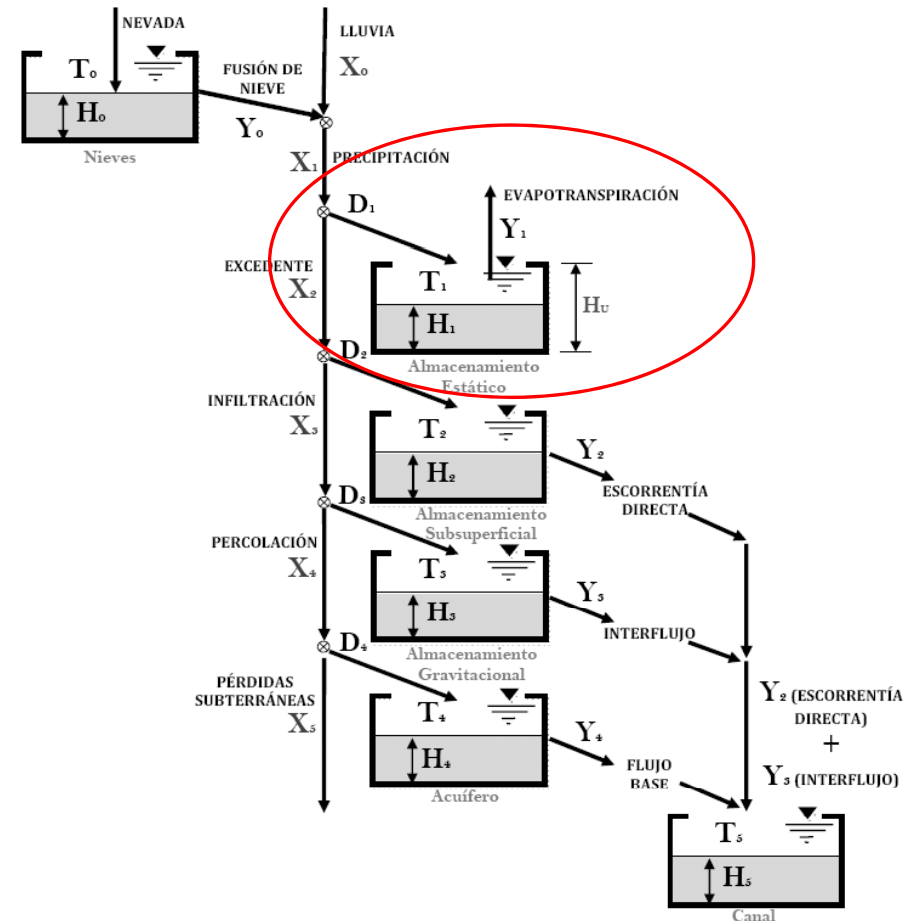
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Simulación hidrológica
- Modelo distribuido
- Esquema conceptual de tanques
- Estructura separada del parámetro efectivo





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

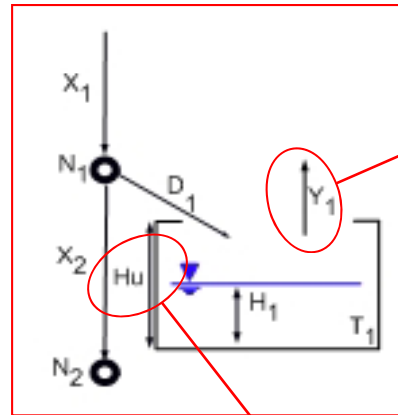
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

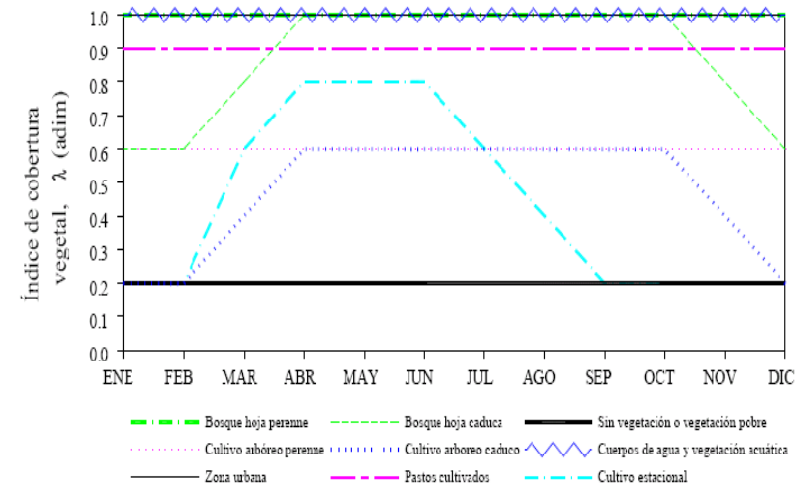
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



$$Y_1 = f(ETP * \lambda_v * FC, H_1)$$

$$H_U = CC - PMP$$



Se simula una variabilidad en la vegetación a través del coeficiente de cultivo λ_v que depende del mes de simulación

Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

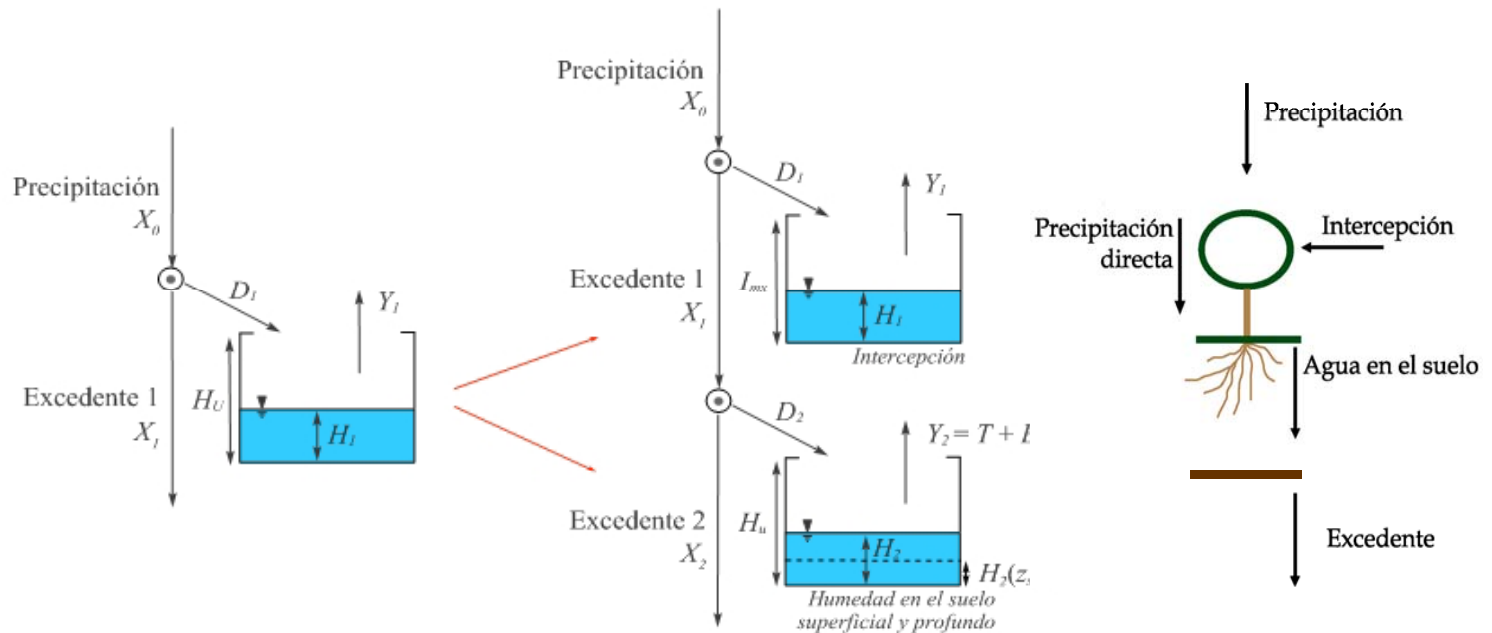
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



HIPÓTESIS:

- La falta de agua como limitante del crecimiento
- ETP mayor que la disponibilidad de agua (clima árido-semiárido)



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

Factor de radiación en cada celda

$$\lambda_{Rad,i} = \frac{Rad_i^{Z \neq 0}}{Rad_i^{Z=0}}$$

$i = \text{enero}, \dots, \text{diciembre}$



ETP corregida

$$ETP' = \lambda_{rad} \cdot ETP$$



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

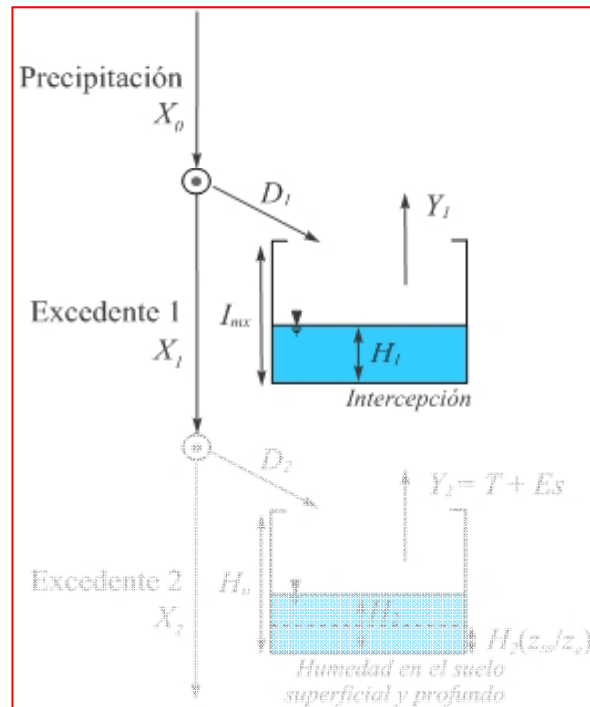
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



$$X_1 = \max(0; X_0 - I_{mx} \cdot R + H_{1i}) \quad \text{Agua que pasa al Tanque 2}$$

$$D_1 = X_1 - X_2 \quad \text{Derivación Tanque 1}$$

$$H'_1 = H_{1i} + D_1 \quad \text{Almacenamiento intermedio Tanque 1}$$

$$Y_1 = \min(H'_1; ETP) \quad \text{Evaporación real del agua interceptada}$$

$$H_1 = H'_1 - Y_1 \quad \text{Almacenamiento final Tanque 1}$$



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

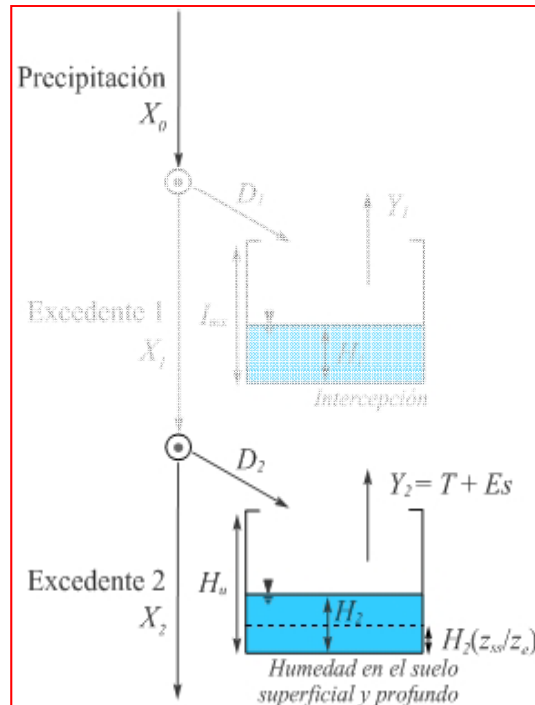
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



$$X_2 = \max(0; X_3 - H_U + H_{3i}) \quad \text{Agua que pasa al Tanque de almacenamiento gravitacional}$$

$$D_2 = X_2 - X_1 \quad \text{Derivación Tanque 3}$$

$$H_2' = H_{2_i} + D_2 \quad \text{Almacenamiento parcial Tanque 3}$$

$$T = \min[ETP \cdot R \cdot f(\theta); ETP - Y_1; H_2] \quad \text{Transpiración}$$

$$H_2'' = H_2' - Y_2 \quad \text{Almacenamiento parcial Tanque 3}$$

$$E_s = \min \left[H_2 \cdot \left(\frac{z_{ss}}{z_e} \right) \cdot (1 - R); ETP - Y_1 - T \right] \quad \text{Evaporación desde el suelo desnudo}$$

$$H_2 = H_2'' - Y_2 \quad \text{Almacenamiento final Tanque 3}$$



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

$$\frac{dR}{dt} = \alpha \left(\frac{T}{T_{mx}} \right)^c - k_{nat} R - k_{ws} \zeta R$$

R	Biomasa foliar relativa
T	Transpiración
α	<i>Ratio entre la asimilación neta máxima y la biomasa foliar potencial</i>
T_{mx}	<i>Transpiración máxima</i>
c	<i>Factor de forma</i>
k_{nat}	<i>Coef. de caída estacional de hojas</i>
k_{ws}	<i>Coef. de caída de hojas por estrés hídrico</i>
ζ	Estrés hídrico



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

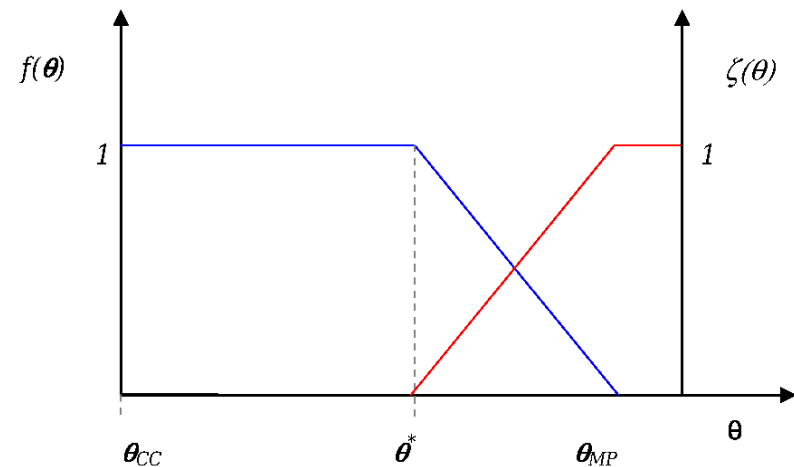
Transpiración:

$$T = \min[ETP \cdot R \cdot f(\theta); ETP - Y_1; H_2]$$

Estrés hídrico:

$$\zeta = \begin{cases} 0 & \text{para } \theta > \theta^* \\ \left[\frac{\theta^* - \theta}{\theta^* - \theta_{MP}} \right]^q & \text{para } \theta_{MP} < \theta \leq \theta^* \\ 1 & \text{para } \theta \leq \theta_{MP} \end{cases}$$

ζ	Estrés hídrico
θ	Contenido de humedad en el suelo
q	<i>Coeficiente de forma</i>
θ^*	<i>Contenido óptimo de humedad en el suelo</i>
θ_w	<i>Contenido de humedad en el suelo al punto de marchitez</i>





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología
vegetal

3. Modelación
conceptual suelo-
vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del
modelo TETIS

6. Aplicación del
modelo TETIS-
VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de
investigación
futuras

La variable de estado **R** es equivalente al **coeficiente de cultivo de la FAO** pero no está fijo en el tiempo:

$$T = ETP \cdot R \cdot f(\theta)$$

Si hay agua y energía suficiente

El modelo se basa en la hipótesis:





La cuenca de Valdeinfierno

Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

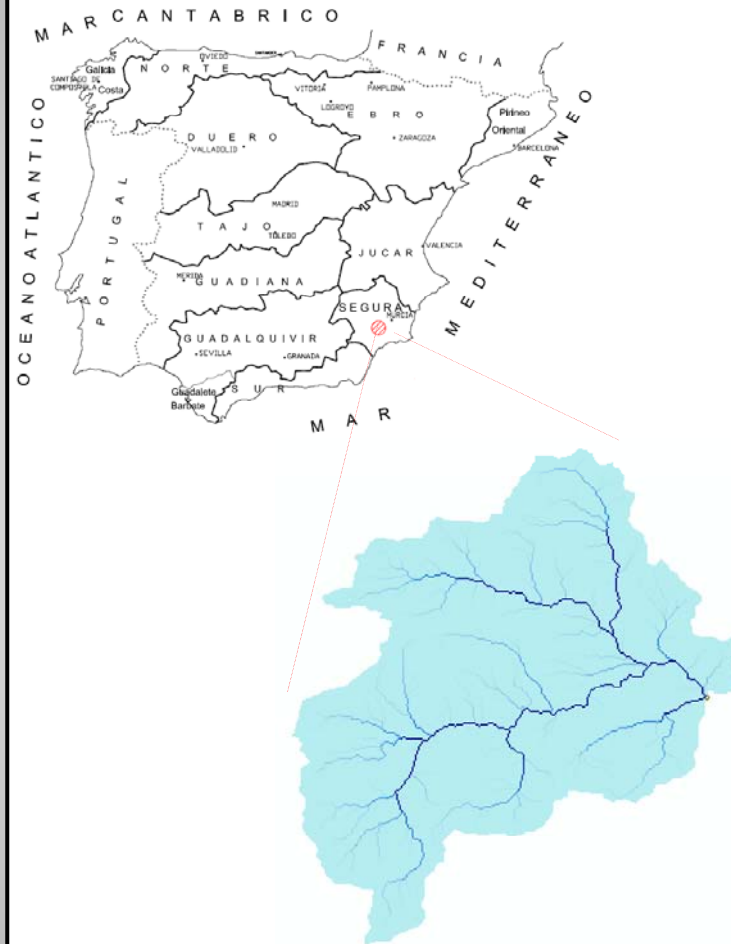
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



- ❑ Punto de cierre: presa de Valdeinfierno
- ❑ Río Luchena, afluente del río Guadalentín
- ❑ Área de la cuenca: 440 km²
- ❑ Clima semiárido $\left[\begin{array}{l} ETP=1180\text{mm} \\ P=330\text{mm} \end{array} \right]$
- ❑ Cobertura vegetación natural: 60% del área total (pinares y matorral)
- ❑ Fenómenos kársticos



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- ❑ **Precipitación:** datos diarios de 9 estaciones AEMET y 4 estaciones SAIH - Segura
- ❑ **Aforo:** datos diarios de nivel en el embalse de Valdeinfierno medidos por SAIH y CEDEX
- ❑ **Temperatura:** datos mínimos y máximos diarios de 5 estaciones de AEMET
- ❑ **DEM:** resolución 90 m; fuente CGIAR-CSI
- ❑ **NDVI:** imágenes MODIS-Terra; resolución 16 días, 250m
- ❑ **Cobertura vegetal:** mapas CORINE 2000 y ortofotos del CNIG
- ❑ **Suelo:** mapas LUCDEME, MAGNA, geomorfológicos Junta de Andalucía, análisis muestras de suelo



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Los caudales “reales” son derivados de los niveles en el embalse
 - Los niveles se miden **manualmente, una vez al día**
 - Falta de precisión
 - Errores de medición por oleaje
 - No hay garantía de medir el caudal máximo de un evento
 - Se han corregido los caudales con las **salidas** estimadas por el **CEDEX**
 - Se suman los errores de los dos sistemas de medición
- Algunos picos en el caudal que no corresponden a eventos de lluvia registrados
 - Eventos de lluvia localizados, no registrados
 - Errores en los datos de nivel de embalse
- El **excedente de lluvia**, del que se produce el caudal, solo es un **1%** de las entradas por precipitación → es difícil calibrar con porcentajes tan reducidos.



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología
vegetal

3. Modelación
conceptual suelo-
vegetación

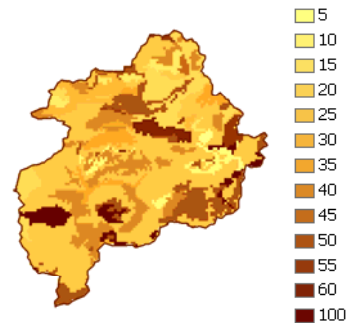
4. Caso de estudio

5. Aplicación del
modelo TETIS

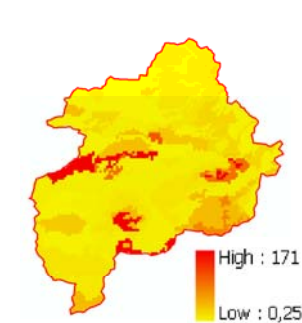
6. Aplicación del
modelo TETIS-
VEG

7. Conclusiones

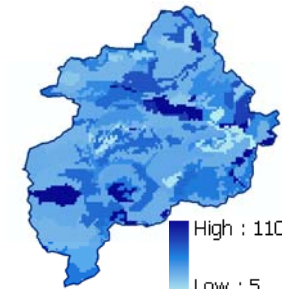
8. Líneas de
investigación
futuras



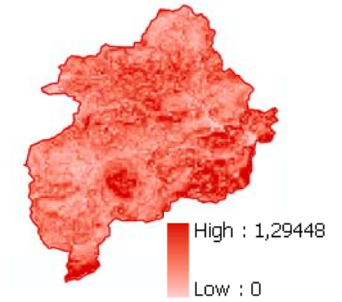
PROFUNDIDAD DE
SUELO (cm)



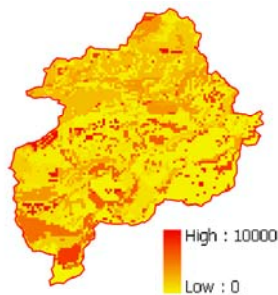
CAPACIDAD DE
INFILTRACIÓN
GRAVITACIONAL (mm/h)



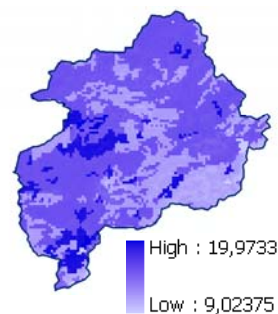
ALMACENAMIENTO
ESTÁTICO (mm)



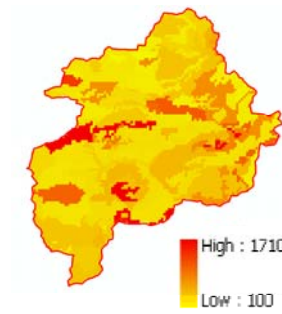
VELOCIDAD
SUPERFICIAL EN
LADERA (m/s)



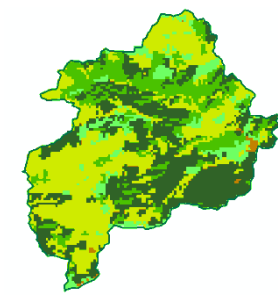
TASA DE
PERCOLACIÓN (mm/h)



PÉRDIDAS INICIALES
(mm)



CONDUCTIVIDAD
HORIZONTAL (mm/h)



COBERTURA
VEGETAL



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



- Se analizaron 8 años de imágenes NDVI
- Se encontró una **correlación espacial** negativa y estadísticamente significativa ($p < 0.025$) entre la insolación y el NDVI para la cobertura vegetal pinar
- Para la cobertura de matorral se encontró una correlación con comportamiento ondulatorio, de período un año, y con valores entre positivos y nulos (González-Hidalgo et al., 1996)
- Aplicaremos el modelo a las zonas con cobertura de pinos



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

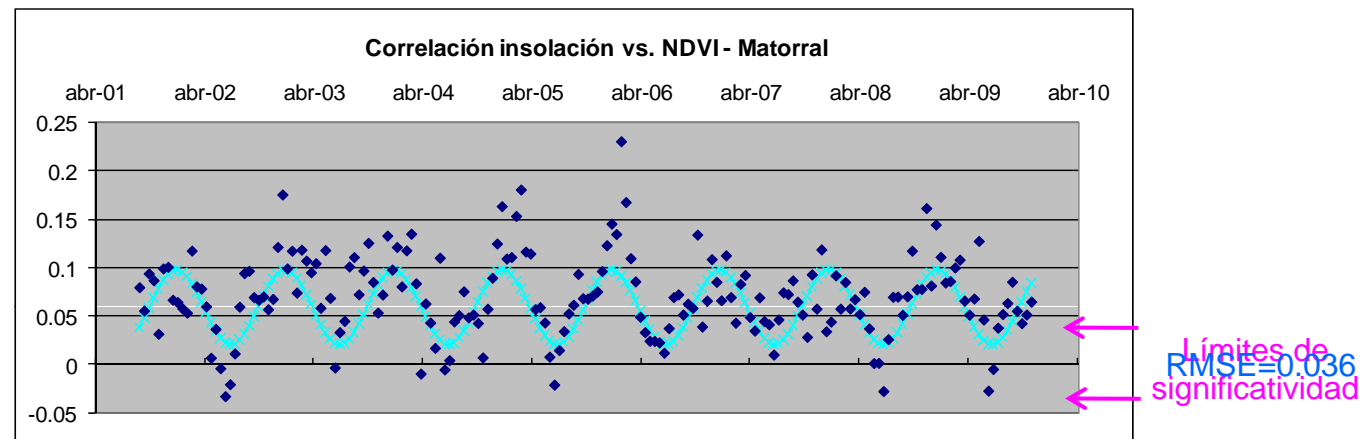
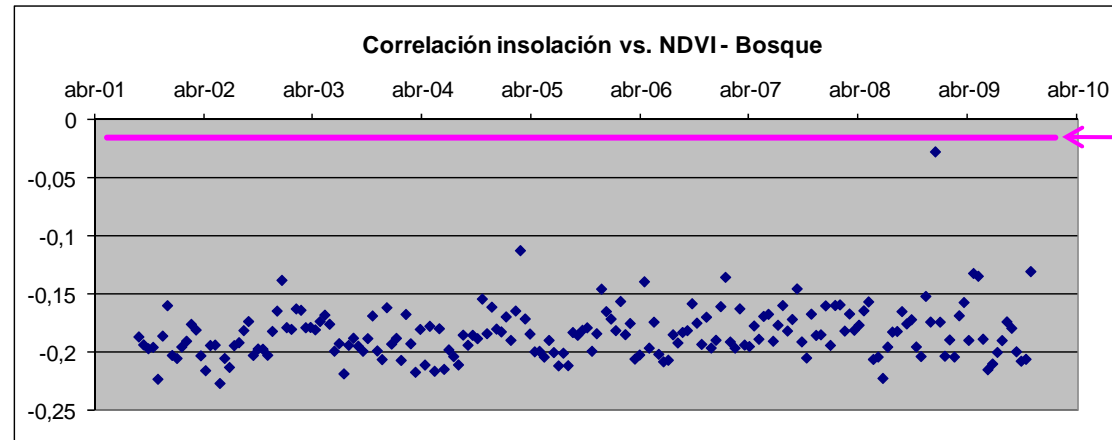
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

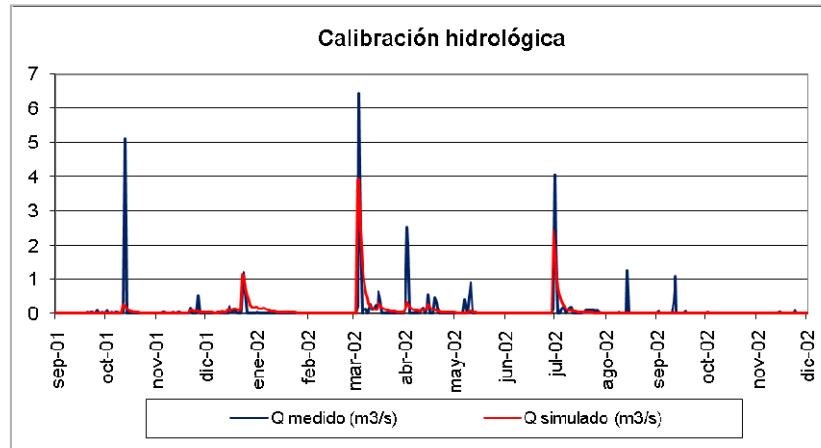
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

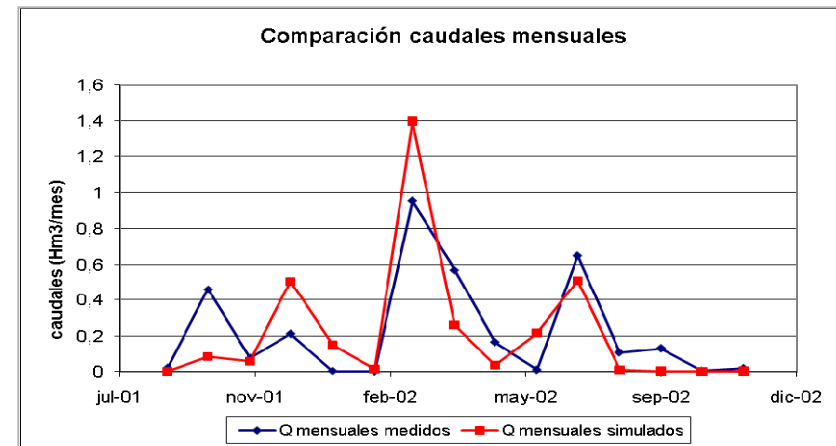
6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



Índice de Nash-Sutcliffe: 0.47





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

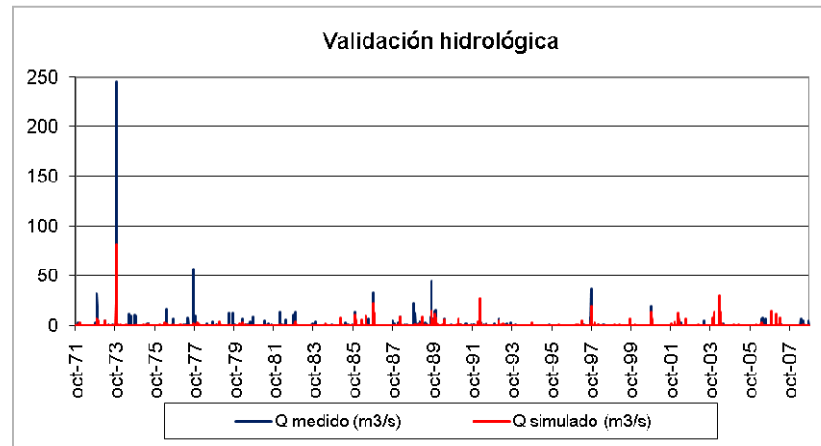
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

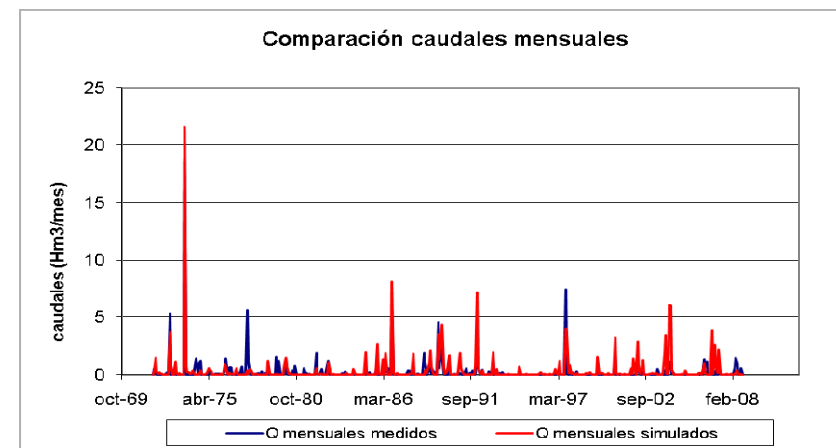
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



Índice de Nash-Sutcliffe: 0.38

Índice de Nash-Sutcliffe: 0.63





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Es la humedad por encima de la cual la planta empieza a transpirar a su tasa potencial
- En términos de **presión capilar** en el suelo se define:

$$\Psi^* = \Psi_{ae} \left(\frac{\phi}{\theta^*} \right)^b$$

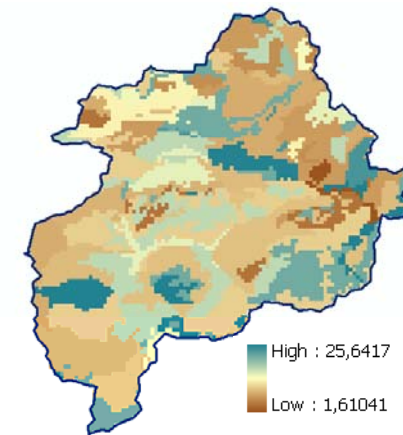
Ψ^* = potencial hídrico en el punto óptimo

Ψ_{ae} = potencial hídrico en el punto de aireación

ϕ = porosidad

θ^* = humedad relativa en el suelo en el punto óptimo

b = índice de distribución de la porosidad



- Depende del tipo de suelo y del tipo de plantas
- Para plantas xerofíticas: $\Psi^* = 0.03$ MPa (Laio et al. , 2001)



Subdivisión de la superficie por clase de insolación

Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

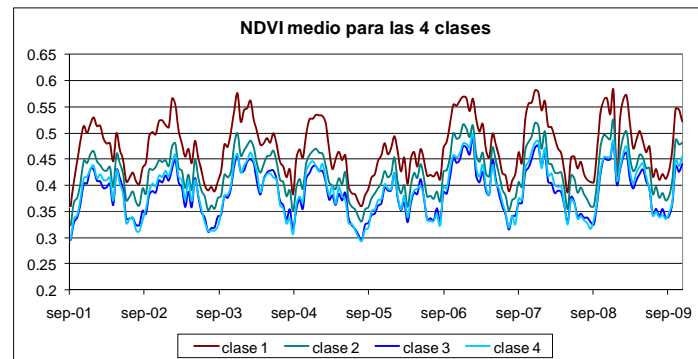
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Se utiliza un modelo conceptual: aunque sea distribuido no puede reproducir con precisión los fenómenos a escala de celda
- La insolación es un factor importante en la distribución espacial de la densidad de vegetación para el bosque
- Se ha dividido la superficie de bosque en cuatro **clases según la insolación** recibida (1ª clase \approx umbría; ...; 4ª clase \approx solana)
- El NDVI medio, para cada zona, en el tiempo:





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

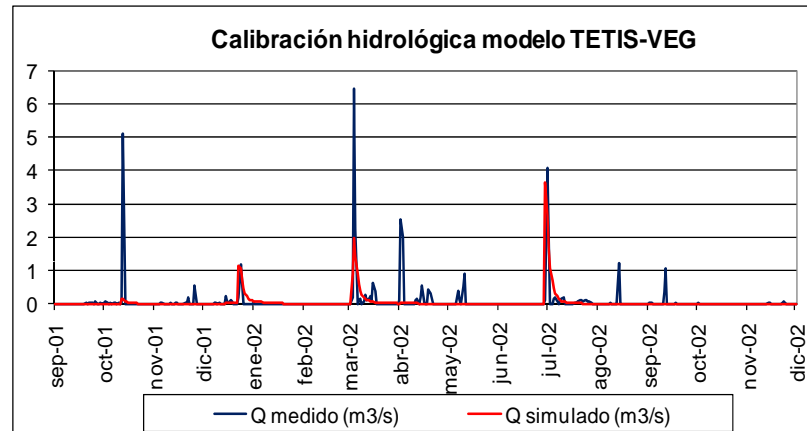
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

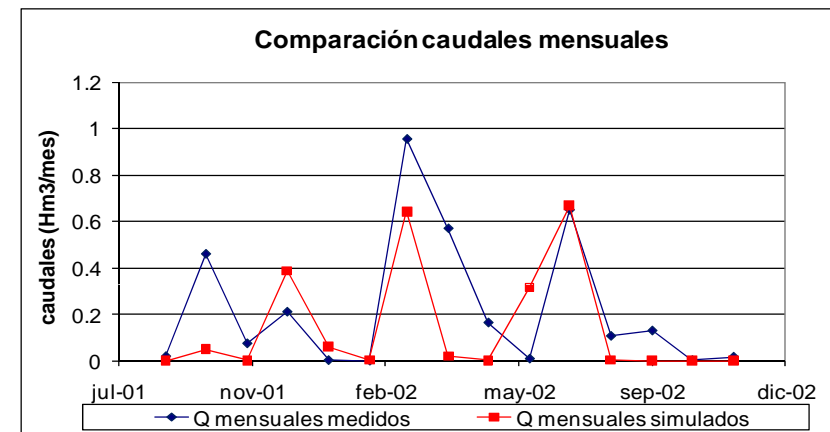
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



Índice de Nash-Sutcliffe: 0.25

Índice de Nash-Sutcliffe: 0.38





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

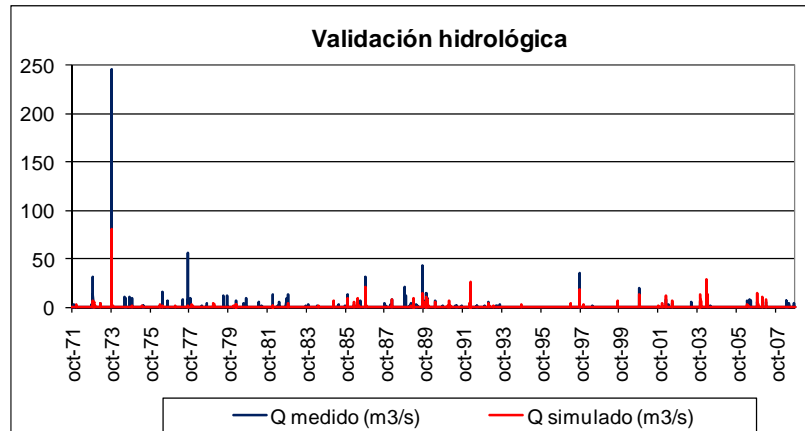
4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

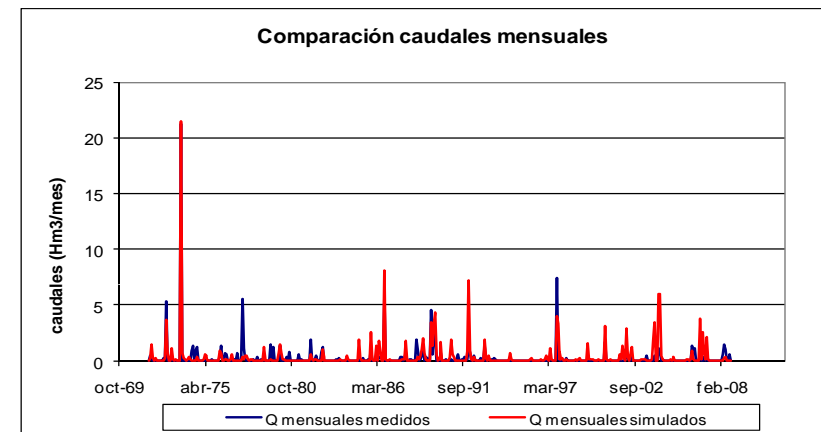
7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras



Índice de Nash-Sutcliffe: 0.4

Índice de Nash-Sutcliffe: 0.64





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

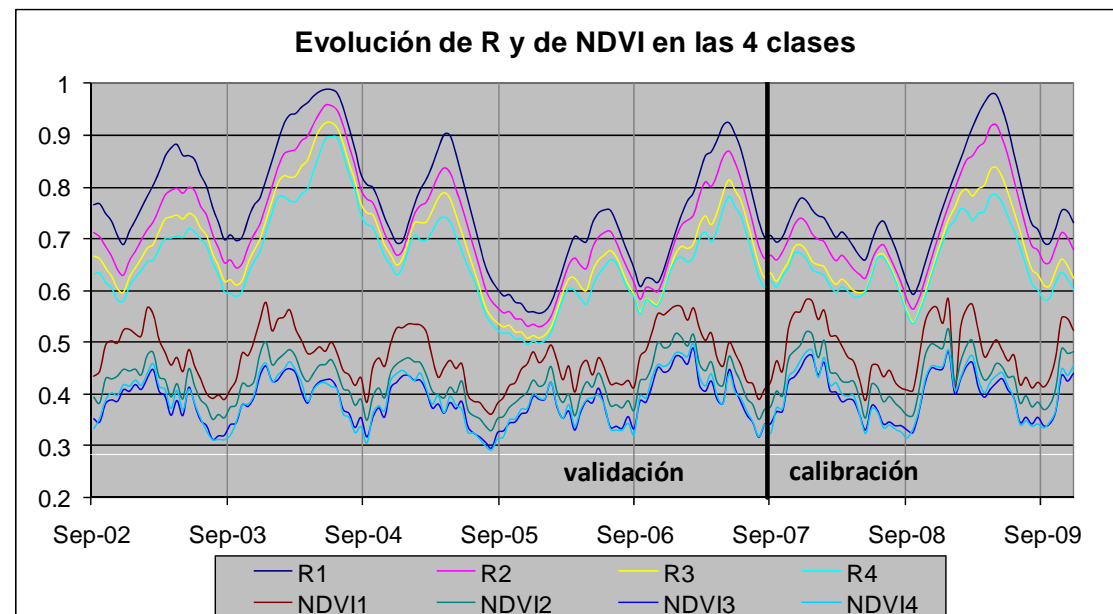
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Correlación de Pearson **en el tiempo** entre R y NDVI de las 4 clases:
 - Calibración: 0.31; 0.41; 0.46; 0.48
 - Validación: 0.20; 0.29; 0.30; 0.26
- **Retraso** de la evolución de R con respecto a la del NDVI (sobre todo en el año seco 2005)





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

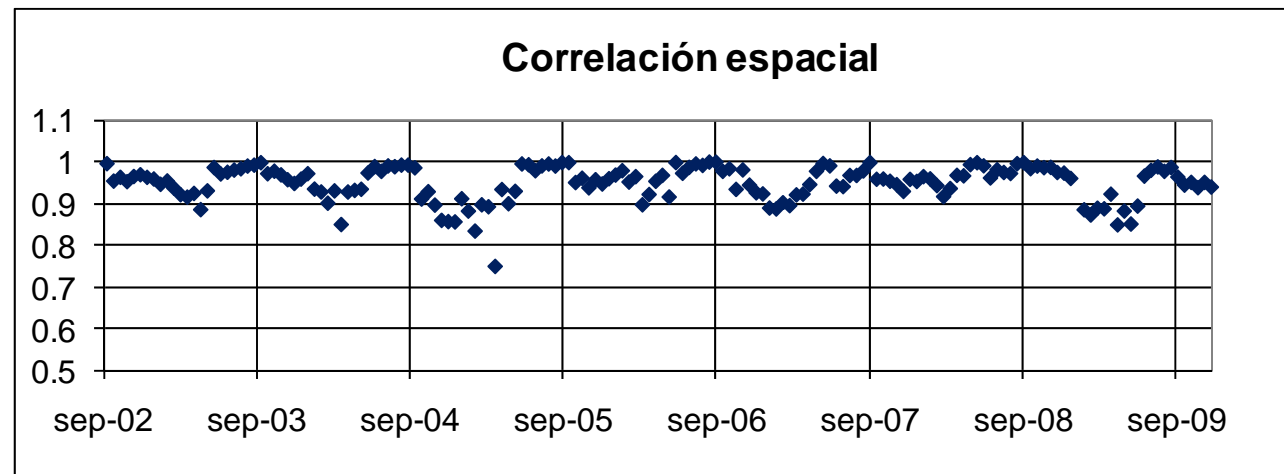
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Considerando las 4 clases como si fueran 4 celdas y analizando la **correlación espacial** entre R y NDVI:
 - Correlación media 0.95
 - La separación entre las 4 curvas de la evolución en el tiempo es similar para R y NDVI





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

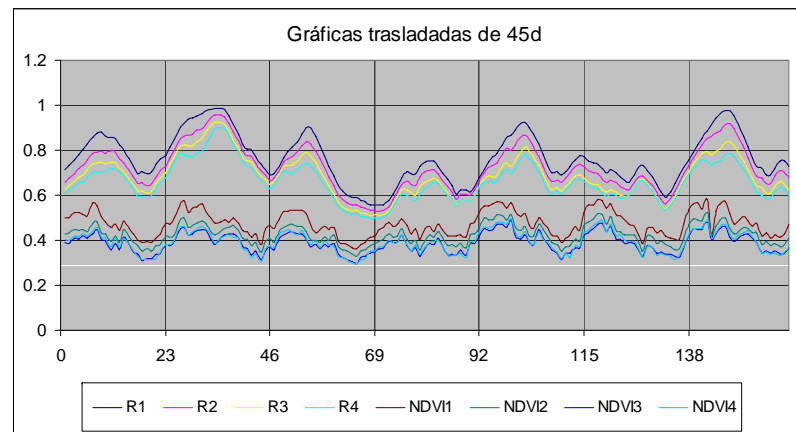
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- R y el NDVI no son la misma variable:
 - R mide la transpiración con respecto a la potencial
 - El NDVI mide “cuanto es verde” la superficie
- Se puede admitir que haya desfase entre las dos
- Maximizando la correlación entre R y NDVI introduciendo un desfase se encuentra que la correlación máxima se da por un desfase de 45 días





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Se ha decidido considerar también una ecuación de **tipo logístico**

$$\frac{dR}{dt} = \alpha \left(\frac{T}{T_{mx}} \right)^c (1 - R)^a - k_{nat} R - k_{ws} \zeta R$$

R	Biomasa foliar relativa
T	Transpiración
α	<i>Ratio entre la asimilación neta máxima y la biomasa foliar potencial</i>
T_{mx}	<i>Transpiración máxima</i>
c	<i>Factor de forma</i>
k_{nat}	<i>Coef. de caída estacional de hojas</i>
k_{ws}	<i>Coef. de caída de hojas por estrés hídrico</i>
ζ	<i>Estrés hídrico</i>
a	<i>Exponente de la parte logística</i>



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

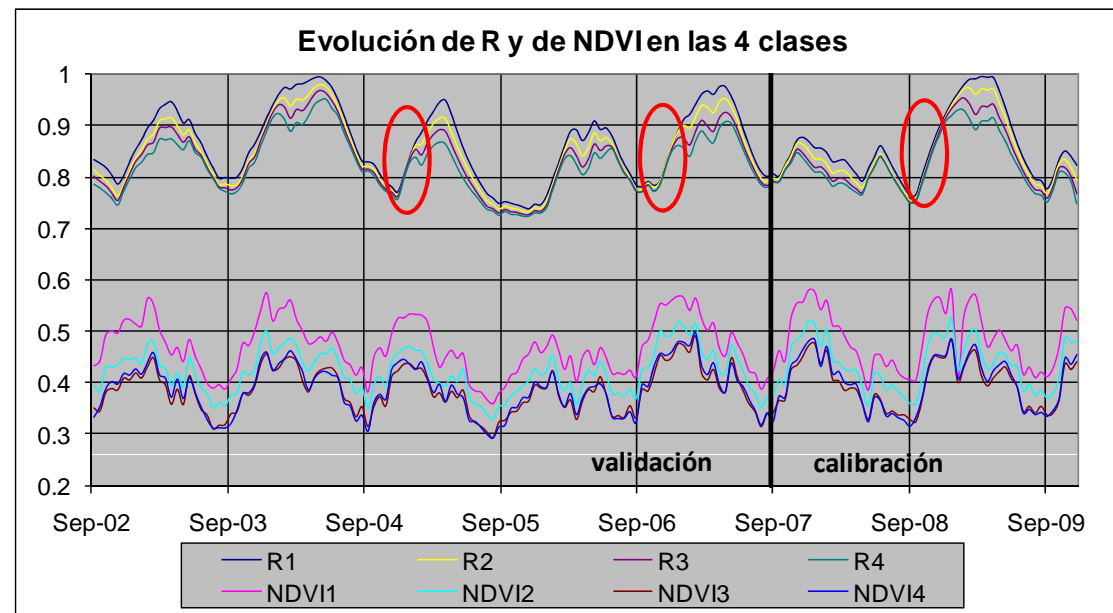
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Correlación de Pearson **en el tiempo** entre R y NDVI de las 4 clases:
 - Calibración: 0.51; 0.56; 0.59; 0.56
 - Validación: 0.40; 0.49; 0.52; 0.48
- **Retraso** menos acentuado de la evolución de R con respecto a la del NDVI (correlación máxima con 30 días de desfase)





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo- vegetación

4. Caso de estudio

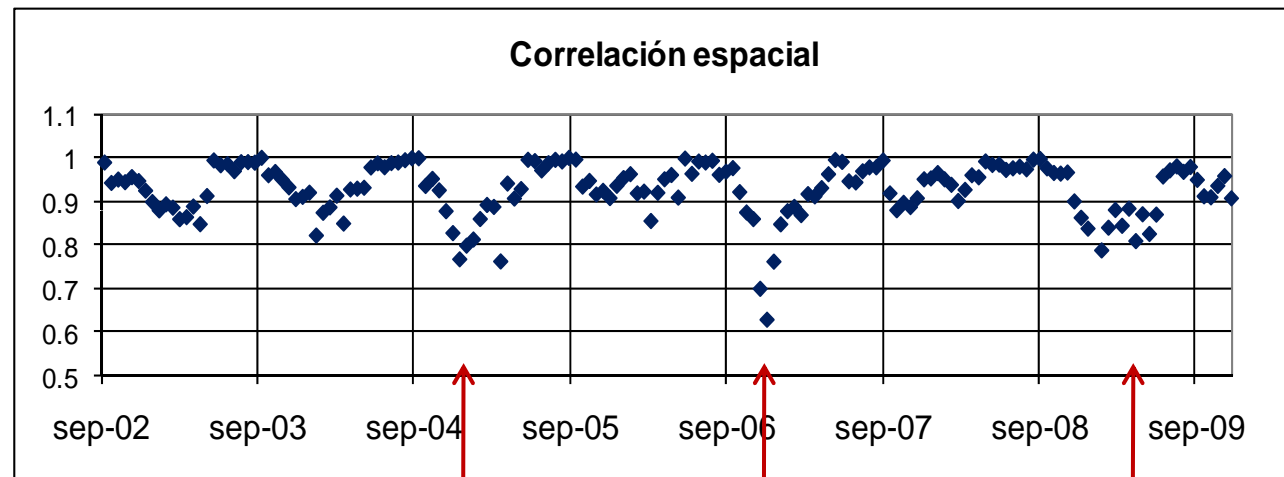
5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS- VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Considerando las 4 clases como si fueran 4 celdas y analizando la **correlación espacial** entre R y NDVI:
 - Correlación media 0.93
 - La separación entre las 4 curvas de la evolución en el tiempo tiende a desaparecer en los tramos ascendentes





Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología vegetal

3. Modelación conceptual suelo-vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del modelo TETIS

6. Aplicación del modelo TETIS-VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de investigación futuras

- Las dos ecuaciones presentadas para el submodelo de vegetación llevan a una reproducción satisfactoria de la dinámica del NDVI
- La ecuación **no-logística**:
 - Buena representación de la dinámica espacial de la vegetación
 - Presenta un retraso de la evolución de R con respecto al NDVI; se podría explicar si se encontrara la misma dinámica en la transpiración real
- La ecuación **logística**:
 - Menor desfase → mejor representación de la dinámica en el tiempo
 - Peor representación de la variabilidad espacial
 - Se introduce un parámetro más respecto a la ecuación no-logística



Índice

1. Introducción

2. Ecofisiología
vegetal

3. Modelación
conceptual suelo-
vegetación

4. Caso de estudio

5. Aplicación del
modelo TETIS

6. Aplicación del
modelo TETIS-
VEG

7. Conclusiones

8. Líneas de
investigación
futuras

- Se analizarán datos de transpiración real medida por satélite para ver si hay desfase con respecto al NDVI
- Para la zona de matorral se intentará entender y reproducir las dinámicas espaciales evidenciadas con respecto a la insolación
- Se considerarán escenarios de cambio climático y se analizarán los cambios en la vegetación previstos por el modelo



Proyectos de
Investigación

Publicaciones

Este trabajo ha formado parte de los siguientes Proyectos de investigación:

Proyecto “FLOOD-MED: Riesgo de inundaciones en ríos Mediterráneos en respuesta a la variabilidad climática y cambios ambientales”

Financiado por: DGI-MEC. Ciencias de la Tierra (CGL-BTE) y Recursos Hídricos (CGL-HID)

Duración: 2009-2011

Participantes: UPV (IIAMA), UCM, CSIC

Proyecto “Modelización de las interacciones entre la vegetación y ciclo hidrológico en climas semiáridos. Aplicación en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Segura”

Financiado por: Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua

Duración: 2009 – 2010

Participantes: UPV (IIAMA)



Proyectos de
Investigación

Publicaciones

Este trabajo se ha dado a conocer mediante ponencias presentadas en congresos:

AUTORES: F. Francés, C. Medici, G. Bussi, A. García, M. Barrios and M. Pasquato
TITULO: **Distributed hydrological modelling within SCARCE Project: integrating water, sediment, quality and vegetation**
TIPO DE PARTICIPACIÓN: Artículo y ponencia
CONGRESO: Understanding effects of global change on water quantity and quality in river basins, SCARCE 1st Annual Conference, Girona, Diciembre 2010
PUBLICACIÓN: Understanding effects of global change on water quantity and quality in river basins, SCARCE 1st Annual Conference, Girona, Diciembre 2010, 5 pp.
LUGAR DE CELEBRACIÓN: Girona

AUTORES: M. Pasquato, C. Medici, F. Francés
TITULO: **Application of a conceptual distributed dynamic vegetation model to a semi-arid basin, SE of Spain**
TIPO DE PARTICIPACIÓN: Ponencia
CONGRESO: European Geosciences Union General Assembly, Viena, Abril 2011
LUGAR DE CELEBRACIÓN: Viena (Austria)



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

MÁSTER EN INGENIERÍA
HIDRÁULICA Y MEDIO
AMBIENTE

Modelación dinámica y distribuida de la vegetación en climas semiáridos. Aplicación a la cuenca de Valdeinfierno.



Marta Pasquato (marpas@posgrado.upv.es)