

PROYECTO DE FILTRO VEGETATIVO PARA LA
REDUCCIÓN DEL APORTE DE SEDIMENTO POR
ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL EMBALSE DE “EL
PARDO” (MADRID)

Autores: Leonor Rodríguez Sinobas¹; Rafael Muñoz Carpena² y Eduardo Hernández Díaz¹.

Titulación: Ingenieros Agrónomos

Empresa: (1) Grupo de Investigación de la UPM
“Hidráulica del Riego”

(2) Agricultural and Biological Eng.Dpt.
(Univ. de Florida)

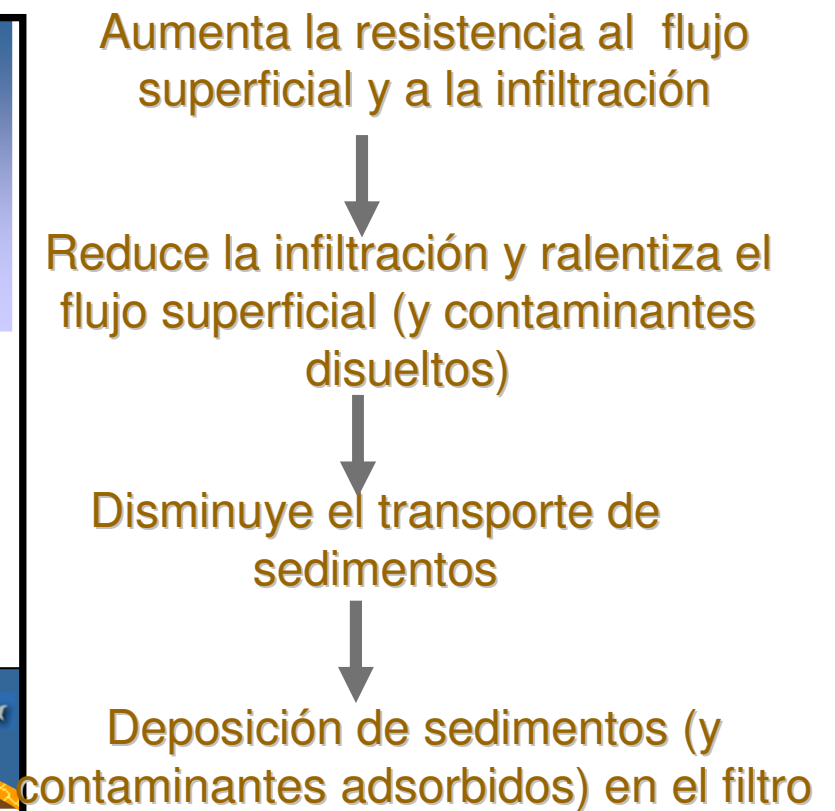
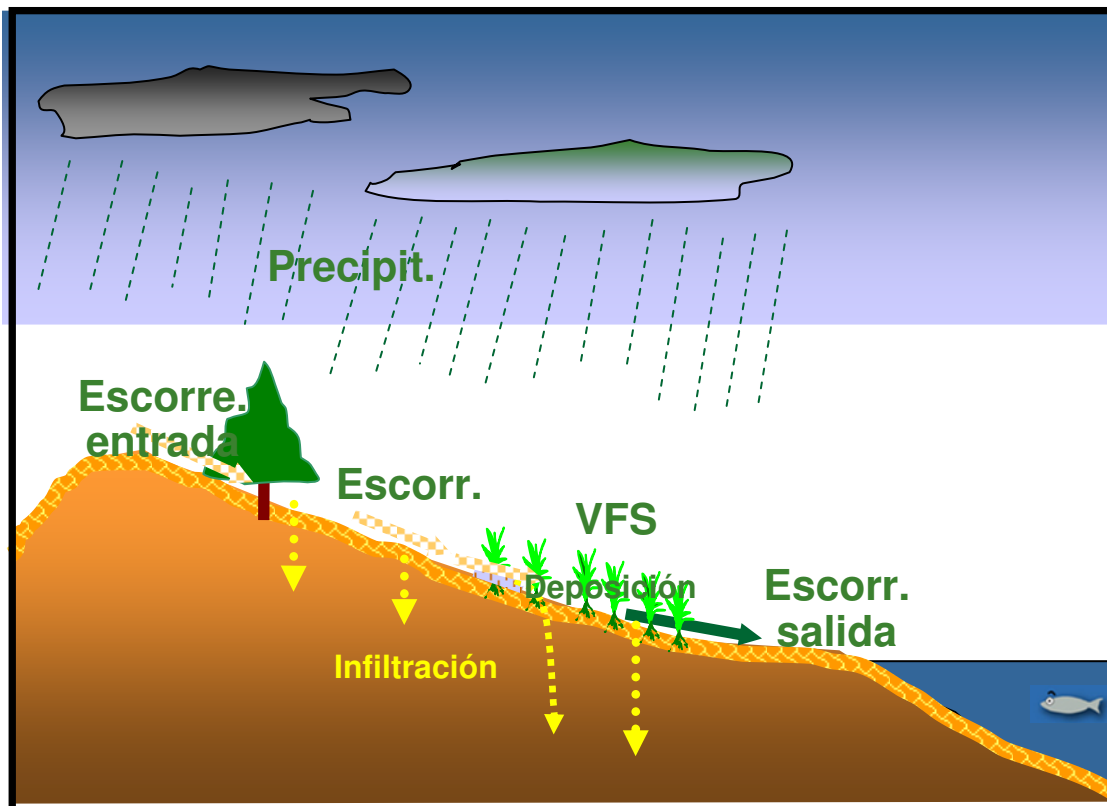
INTRODUCCIÓN

Que son los filtros vegetativos (VFS)?

- **Áreas de vegetación que reducen el transporte de sedimentos por escorrentía al aumentar la resistencia superficial, la deposición de sedimento y la infiltración del agua.**
- **Compuestos por césped formado por variedades vegetales con determinadas propiedades. Puede estar también formados por vegetación natural pero no son tan efectivos.**
- **Organismos como EPA (US agencia de protección ambiental), USDA (US departamento de agricultura) y NRCS (servicio de conservación de recursos naturales americano) los recomiendan.**

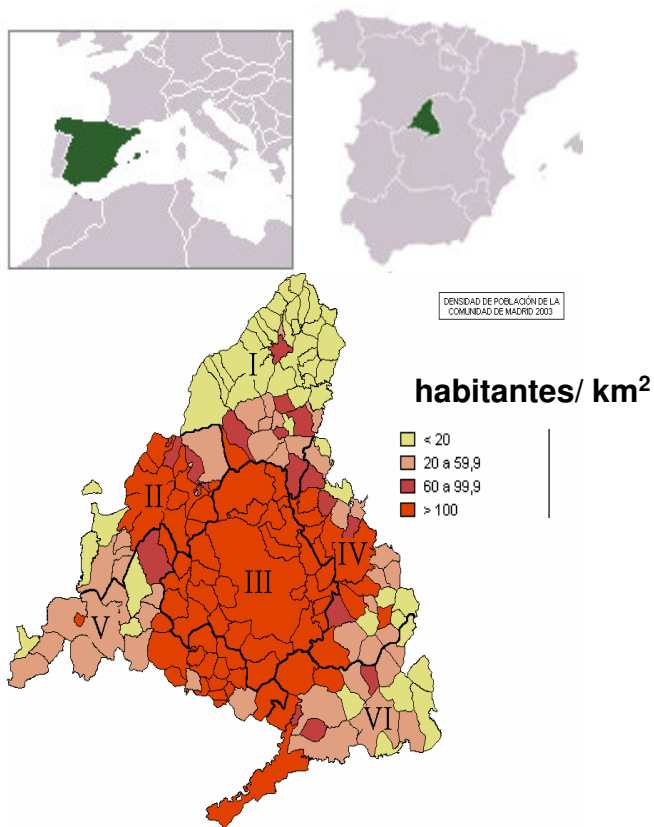
INTRODUCCIÓN

VFS: Como funcionan?



INTRODUCCIÓN

Por qué utilizar VFS en los embalses?



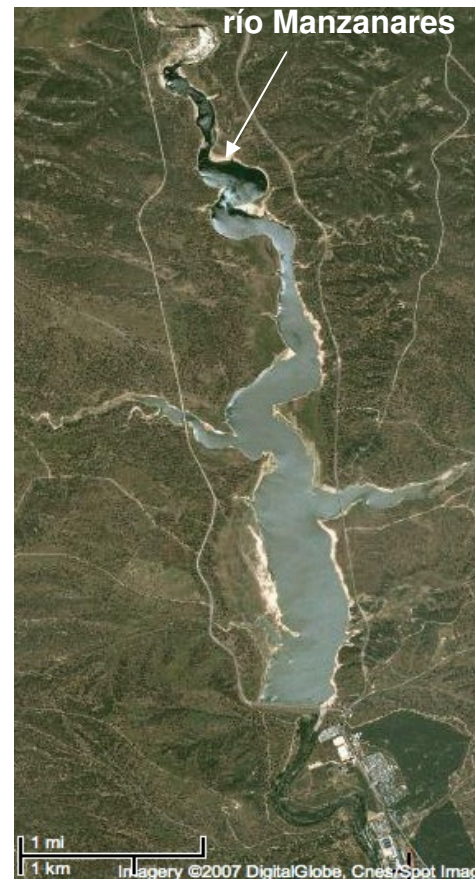
- **Aterramiento** (podría ser un problema si no se realizan las prácticas de vaciado, dragado etc. con periodicidad). Pérdida media anual más frecuente 0.17 % y la máxima 4.43 %.
- **Problema medioambiental** (eutrofización de las aguas)

Población de Madrid y alrededores: 5 millones de personas.

Area: 8028 km².

14 embalses (algunos para generación de energía eléctrica).

TEMA B: HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DEL AGUA



EL PARDO: 45 hm³
Longitud: 6 km
Anchura: 400-1000 m

PROYECTO DE FILTRO VEGETATIVO PARA LA REDUCCIÓN DEL APOORTE DE SEDIMENTO POR ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL EMBALSE DE "EL PARDO" (MADRID)

I JORNADAS DE INGENIERÍA DEL AGUA

OBJETIVOS

- ❖ Estudiar el potencial de los filtros vegetativos para controlar la acumulación de sedimentos en el embalse “El Pardo” (Madrid).
- ❖ Proponer un proyecto óptimo de filtro vegetativo.
- ❖ Estimar la escorrentía y la cantidad de sedimento entrante en el embalse en el proyecto de filtro óptimo.

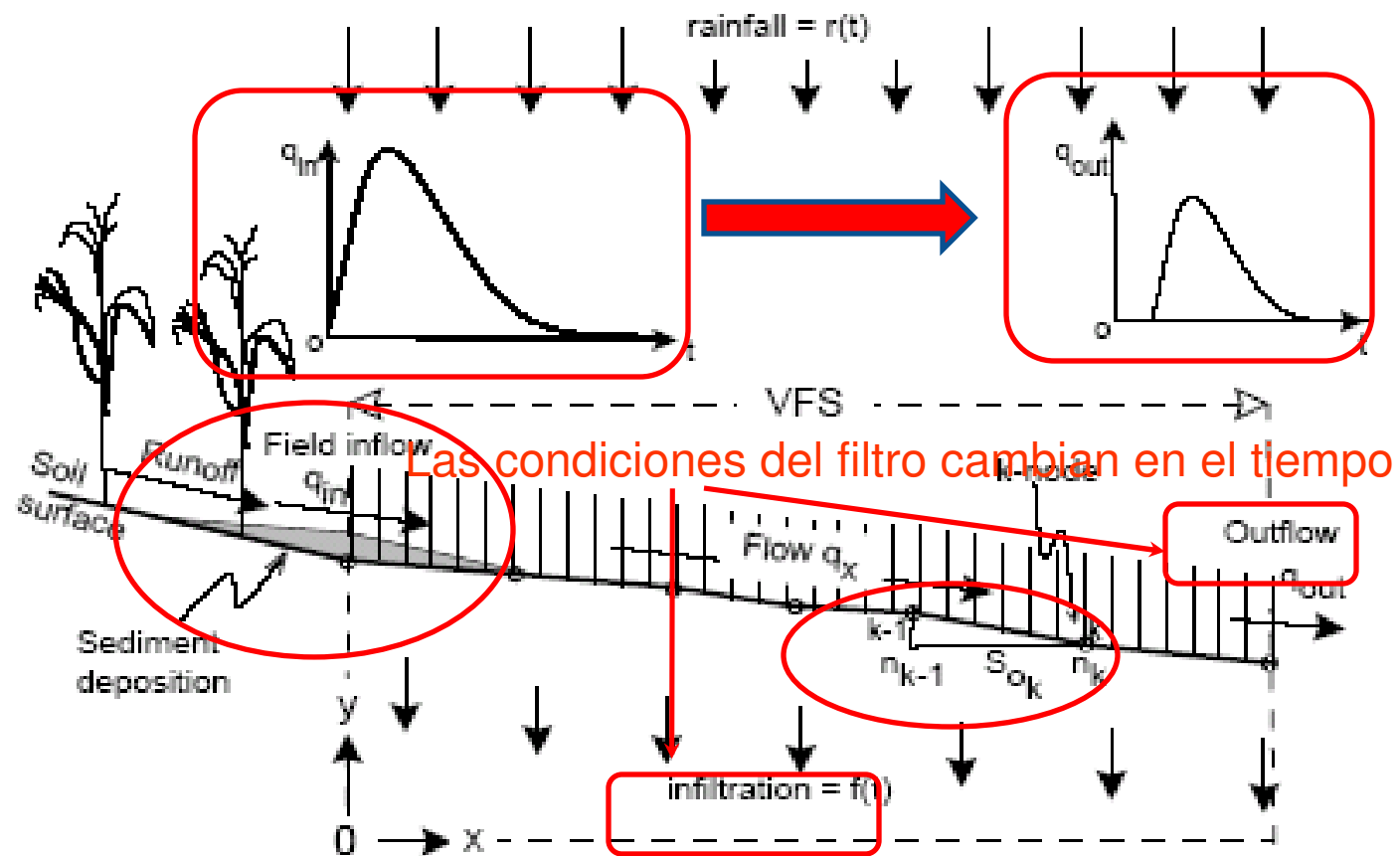
METODOLOGÍA

Modelo de fajas de filtros vegetativos VFSMOD

(<http://carpena.ifas.ufl.edu/vfsmod/>)

- Modelo numérico que resuelve numéricamente las ecs.de flujo superficial (onda cinemática) acopladas a la de infiltración (Green-Ampt), y a la de transporte y retención de sedimento (ecuación de Einstein para rodadura del sedimento grueso y para partículas en suspensión una función estocástica específica para filtros vegetativos).
- Hidrograma de escorrentía de entrada con la ecuación universal de erosión del suelo modificada (MUSLE) e hidrograma unitario del NCRS calculado a partir de precipitaciones máximas diarias.

TEMA B: HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DEL AGUA



PROYECTO DE FILTRO VEGETATIVO PARA LA REDUCCIÓN DEL APORTE DE SEDIMENTO POR ESCORRENTÍA SUPERFICIAL EN EL EMBALSE DE "EL PARDO" (MADRID)

I JORNADAS DE INGENIERÍA DEL AGUA

METODOLOGÍA

Cual sería el proyecto óptimo de filtro vegetativo (VFS) para utilizarse como prácticas de buen manejo (BMP) en un área determinada para cumplir con unos límites marcados por la normativa (por ejemplo. La carga total de sedimento admisible TMDL)?

Criterios proyecto: sediment delivery ratio (SDR) y runoff delivery ratio (RDR)

- **SDR = Carga de sedimentos a la salida del filtro / Carga de sedimentos a la entrada del filtro**
- **RDR = Escorrentía a la salida del filtro/ Escorrentía a la entrada del filtro**

Criterio de proyecto



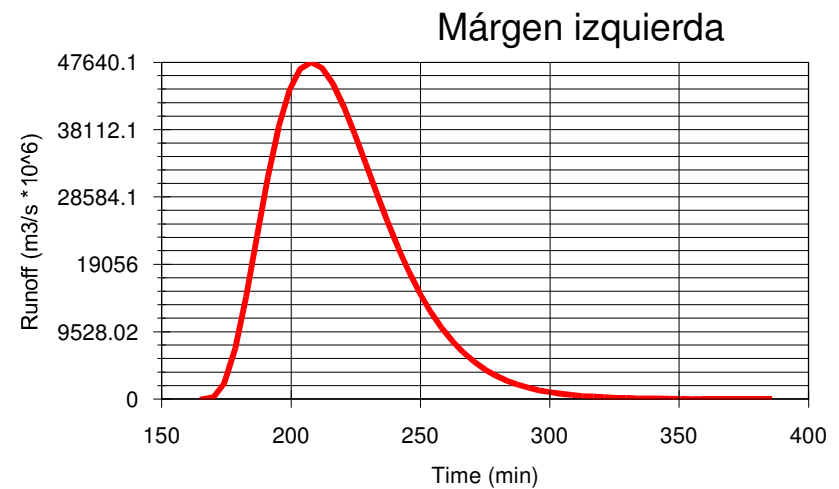
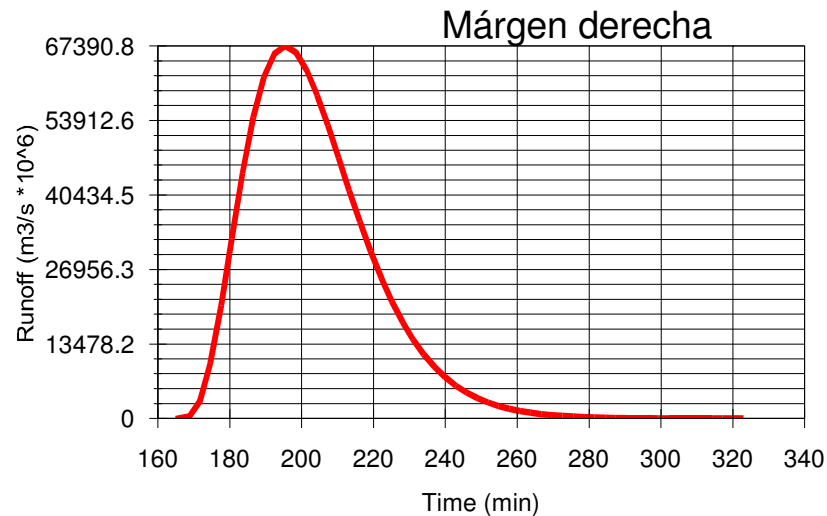
$TMDL \leq 1 - SDR$

METODOLOGÍA

Factores que afectan la eficacia del filtro vegetativo

- Características del sedimento.
- Escorrentía de entrada e intensidad de la tormenta
 - Mayor escorrentía e intensidad de la tormenta mayor transporte de sedimentos.
- Características de la vegetación
 - Densidad, altura; coeficiente de aspereza de Manning.
- Textura del suelo y tipo de VFS
 - Efecto en la infiltración y en la escorrentía.
- Dimensión del filtro
 - Longitud y anchura.
- Pendiente del VFS y de la zona fuente
 - A mayor pendiente mayor velocidad de transporte de partículas pero menor infiltración.

Caracterización del área fuente

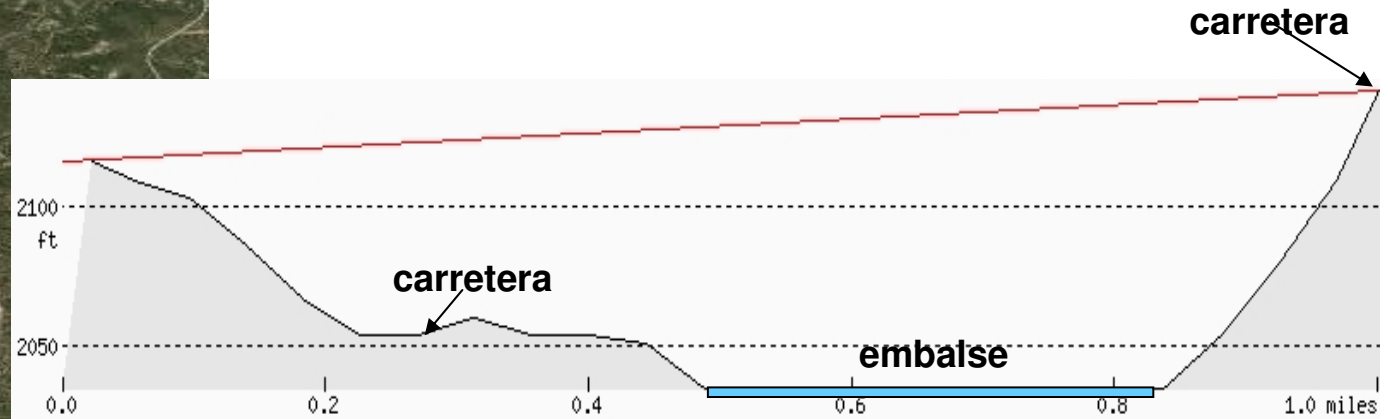
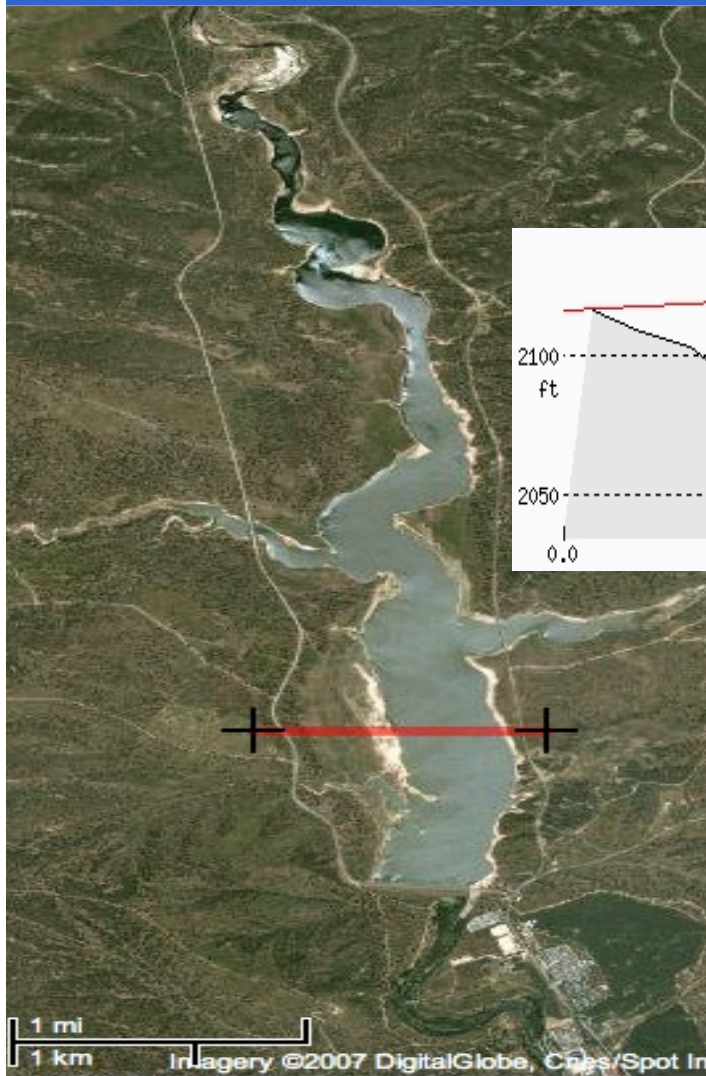


Precipitación (mm)

T= 2	42.5
T= 5	51.6
T= 10	56.6

Estación climática: Hoyo del Manzanares.
25 años (1962-1986). Duración tormenta de 6 h.
Periodos de retorno, T= 2, 5 y 10 años.

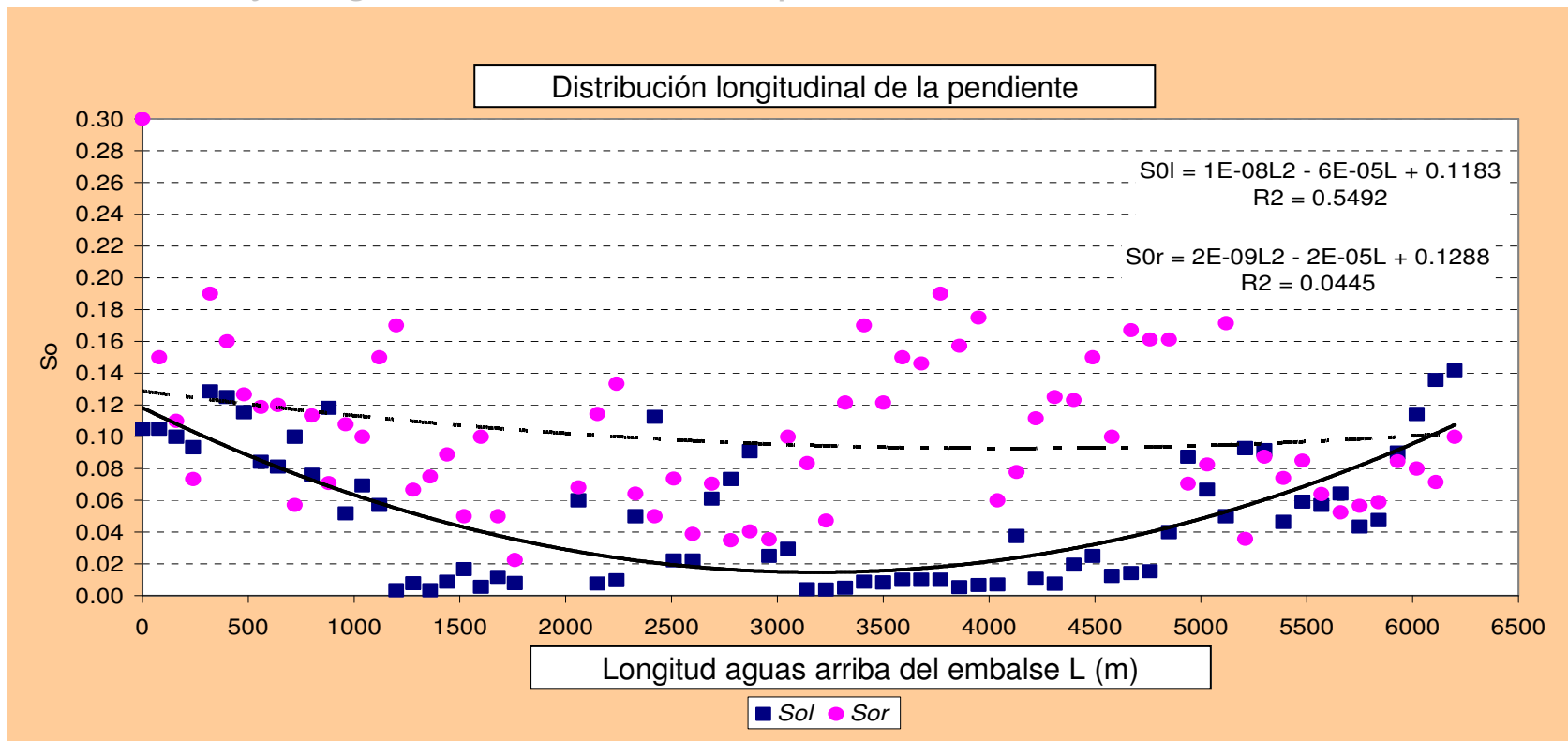
Caracterización del área fuente

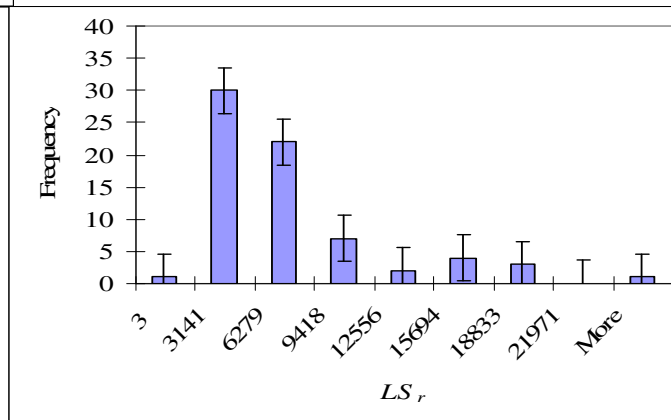
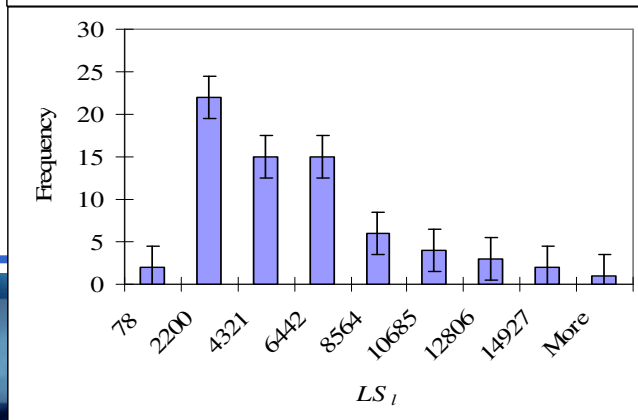
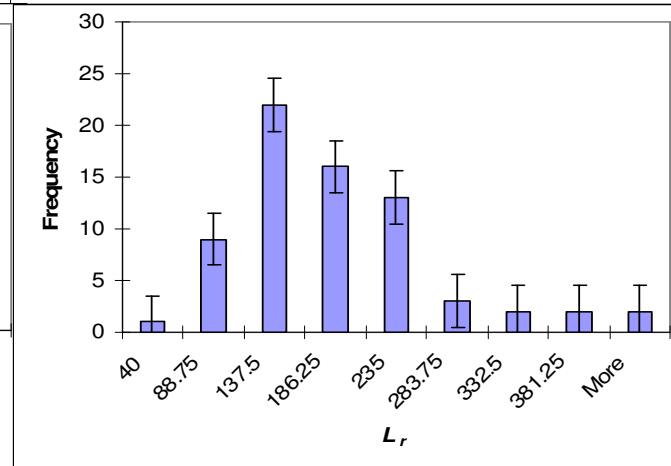
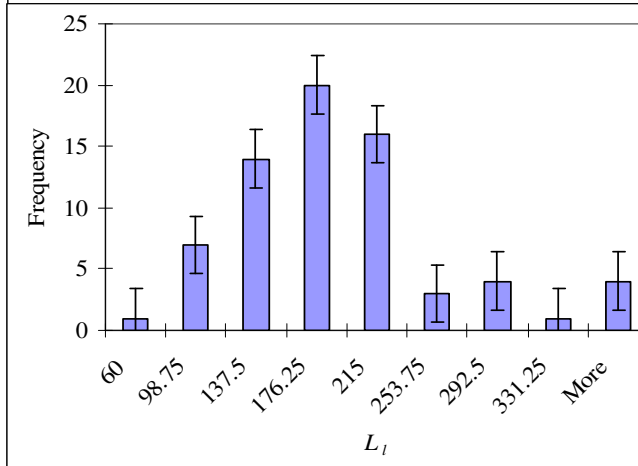
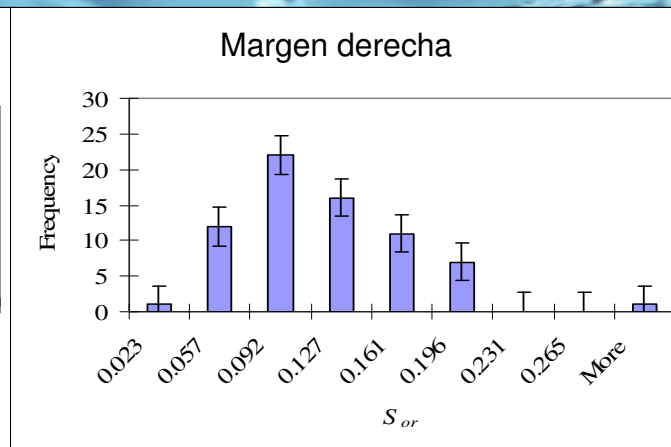
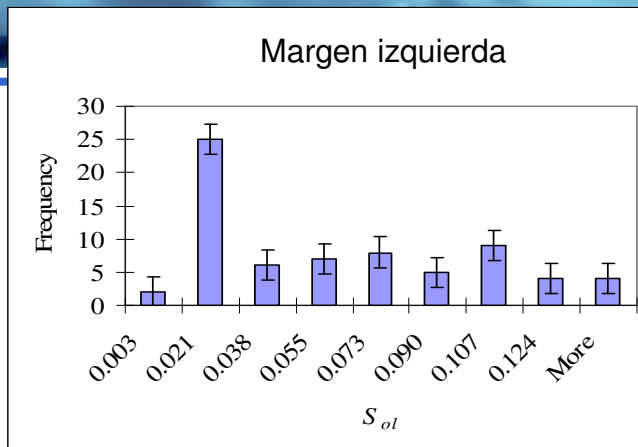


Pendientes y longitudes alrededor del perímetro del embalse

Caracterización del área fuente

Pendientes y longitudes alrededor del perímetro del embalse





Margen izquier.

$$S_{ol} = 0.03$$

$$L_l = 195 \text{ m}$$

Margen derecha

$$S_{or} = 0.12$$

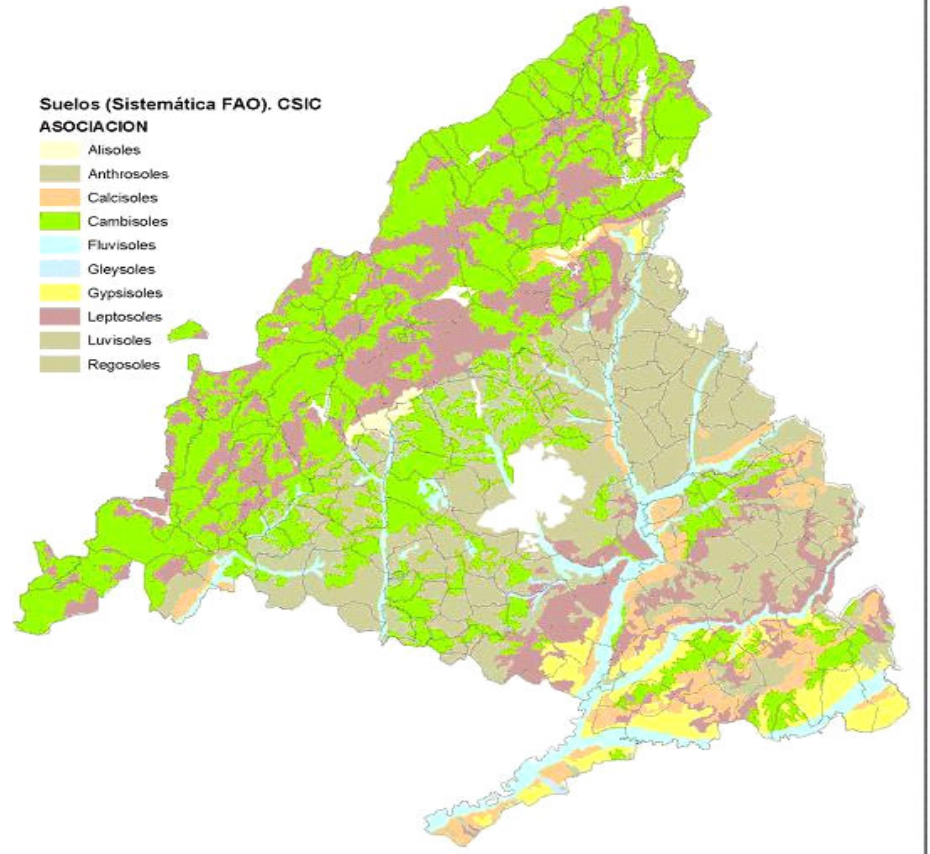
$$L_r = 161 \text{ m}$$

METODOLOGÍA

Características del suelo y vegetación de la zona fuente

Suelos (Sistemática FAO). CSIC
ASOCIACION

- Alisoles
- Anthrosoles
- Calcisoles
- Cambisoles
- Fluvisoles
- Gleysoles
- Gypsisoles
- Leptosoles
- Luviosoles
- Regosoles



Textura: Arenoso franco arcillosa

$K_s = 8 \cdot 10^{-6} - 8 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$; Materia orgánica = 0.5 %.

Contenido de humedad a saturación = $0.40 \text{ m}^3/\text{m}^3$

Coef. aspereza de Manning (suelo desnudo): $0.01 \text{ s/m}^{1/3}$

Cubierta vegetal escasa. Suelo desnudo con áreas de pastos herbáceos con mezcla de festucas y gramíneas, malas hierbas y escasa vegetación arbustiva.

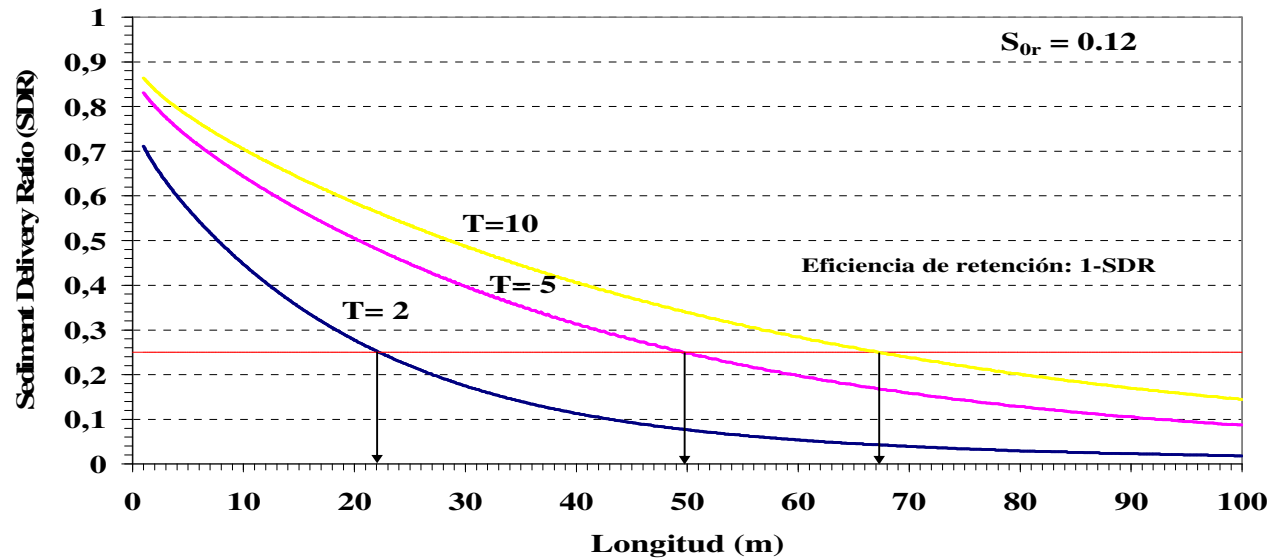


Caracterización del filtro vegetativo

- **Vegetación:** mezcla de festuca y gramma azul
- **Longitud (m):** 51.28 en la margen izquierda) y 62.11 en la margen derecha
- **Separación de la vegetación (cm):** 2.2
- **Altura máxima de la vegetación (cm):** 20
- **Coef. de Manning modificado:** $0.012 \text{ s/cm}^{1/3}$

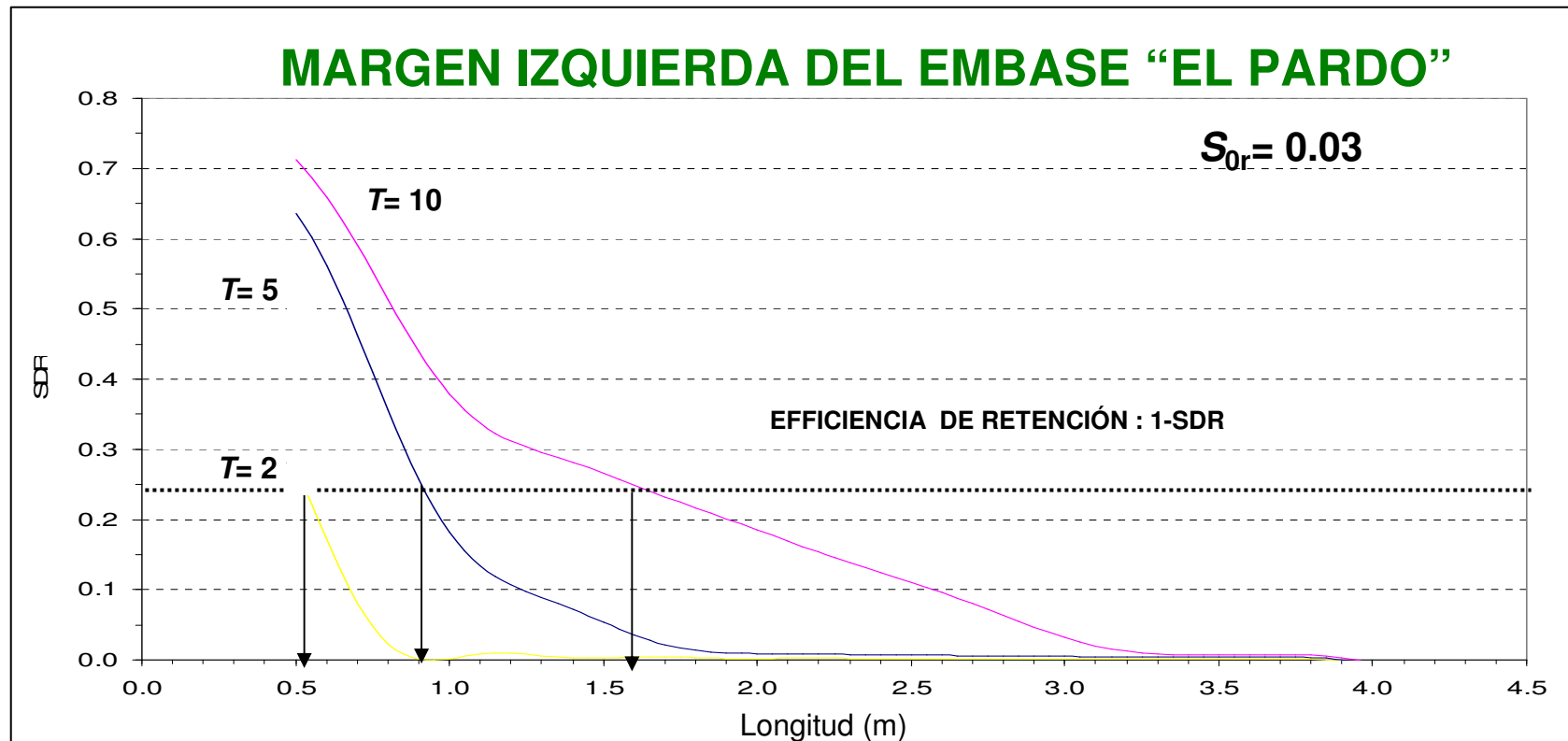
RESULTADOS

Margen derecha del embalse



T (años)	2	5	10
L_f (m)	22	50	69
Sedimento entrante (t/ha)	38.36	69.75	79.31
Sedimento saliente (t/ha)	12.72	13.61	24.58

RESULTADOS



T (años)	2	5	10
L_f (m)	0.5	0.9	1.6
Sedimento entrante (t/ha)	5.00	8.99	11.57
Sedimento saliente (t/ha)	1.42	2.83	3.41

CONCLUSIONES

- Las fajas de filtros vegetativos pueden ser eficaces en el control de sedimentos en los embalses por lo que su uso podría ser alternativo o complementario a otras prácticas de actuación para recuperar la capacidad del embalse. Asimismo, se enriquece la estética natural del entorno.
- La longitud de filtro óptimo estimado para el embalse “El Pardo”, para reducir la carga de sedimentos al 75%, estaría entre 22 y 69 m en la margen derecha y sería menor de 2 m para la izquierda. Estos valores dependerán del periodo de retorno elegido para la tormenta evaluada.

CONCLUSIONES

- No se recomienda una reducción del 75% en la carga de sedimentos en el proyecto de filtro de la margen derecha, con $S_0 = 0.12$, dada la gran cantidad de sedimentos depositada lo que dificultaría el mantenimiento del filtro. En este caso, convendría seleccionar un valor más pequeño.
- Los filtros vegetativos requieren de un adecuado mantenimiento para preservar su eficacia. Se debe de mantener una cubierta vegetativa densa y erguida, especialmente durante la estación de lluvias. Necesitan labores de corte frecuentes .

CONTACTO

Leonor Rodríguez Sinobas

Profesor Ingeniería Hidráulica

Grupo de Investigación de la UPM “Hidráulica del Riego”

E-mail: leonor.rodriguez.sinobas@upm.es

hider@upm.es

Tel: 913365675

www.upm.es/investigadores/observatoriol+D+i/gruposdeinvestigación