



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

Influencia del Régimen Hídrico en la Zonificación de la Vegetación de Ribera



Autor: Joaquín Real Llanderal

Director: Prof. Félix Francés García

Introducción

Importancia de los Ecosistemas de Ribera:

Albergan gran biodiversidad vegetal



Hábitat de una gran cantidad de animales



Proporcionan corredores a la fauna



Recargan los acuíferos



Proporcionan recursos silvícolas



Reducen la contaminación de la agricultura



Introducción

En Europa ha desaparecido el 90% de la extensión original de estos bosques debido a causas antrópicas

Causas de la degradación:

Deforestación para usos agrícolas



Pastoreo excesivo



Modificación del recorrido del cauce



Construcción de presas y azudes



Objetivo principal del trabajo de investigación

Desarrollo y adaptación de modelos matemáticos y su correspondiente software que permite:

- facilitar la comprensión sobre el funcionamiento de los ecosistemas de ribera y los procesos que tienen lugar
- facilitar la toma de decisiones por parte de los organismos que se dedican a la gestión y a la restauración de los espacios fluviales → **caudales ecológicos**

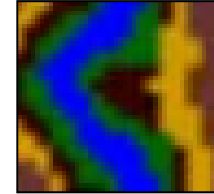
Caudal Ecológico: *“caudal que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera”.*
(Reglamento de la planificación hidrológica / Real Decreto 907/2007)

Estos modelos simulan la distribución de los distintos tipos de vegetación riparia para un determinado tramo de río

Modelos Matemáticos Utilizados- Ribav

Ribav

- Es un modelo distribuido, estático y de intervalo diario.
- Simula la humedad del suelo para obtener un índice de evapotranspiración de los tipos de vegetación.



$$ET_{index} = \frac{ET_{Real}}{ET_{Potencial}}$$

Acrónimo	Tipo Funcional de Vegetación
RH	Herbáceas de ribera y cañas
RJ	Juveniles de ribera, pequeños arbustos y enredaderas
RA	Árboles adultos de ribera y grandes arbustos
TV	Vegetación terrestre

Mi Aportación → A partir de una hoja de cálculo he diseñado un software mediante el lenguaje de programación Visual Basic.net en dos versiones:

- **Ribav-1D** para puntos de simulación individuales
- **Ribav-2D** para mapas raster

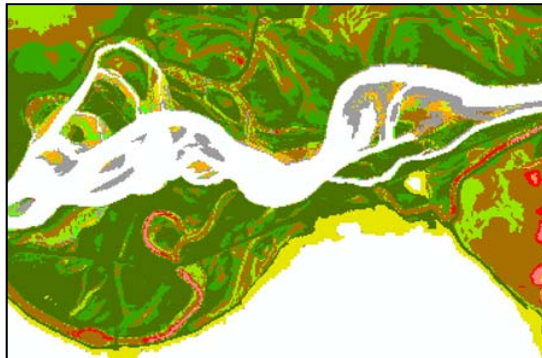
Modelos Matemáticos Utilizados - Diferencias entre Ribav1D y Ribav2D

Tipo de datos	Archivos utilizados por las distintas versiones del software de Riabav	
	Ribav-1D	Ribav-2D
Datos Espaciales	Datos relativos a los puntos de simulación	Mapa de tipos de suelo
		Mapa de modelo digital del terreno (MDT)
		Mapa de tipos de vegetación inicial
Parámetros Estimados	Parámetros de suelo	Parámetros de suelo
Parámetros Calibrados	Parámetros de vegetación	Parámetros de vegetación
Meteorología y Caudal del Río	Datos hidro-meteorológicos	Datos hidro-meteorológicos
Datos del Modelo Hidráulico	Archivo de curvas de gasto de todos los transectos	Archivos que relaciona el caudal del río con los distintos mapas de nivel freático
		Subdirectorío donde están contenidos los distintos mapas de nivel freático
Datos de Salida	Información de variables internas y de salida (índice ET) del modelo que permiten determinar la vegetación simulada por el modelo, al final del periodo de simulación	Directorío donde se almacenan los mapas con valores medios anuales del índice de ET para cada año
		Directorío donde se almacenan los mapas de tipo de vegetación al final de cada año

Modelos Matemáticos Utilizados -Ripflow

Ripflow

- Es un modelo distribuido, dinámico y de intervalo anual.
- Simula otros procesos del ecosistema ripario como: reclutamiento, sucesión vegetal o afección por esfuerzo cortante.
- Fue desarrollado con macros de Python dentro la aplicación Model Builder de la plataforma ArcGIS 9.2
 - **Mi Aportación** → Unir Ripflow con Ribav-2D utilizando librerías DLL con la tecnología COM.



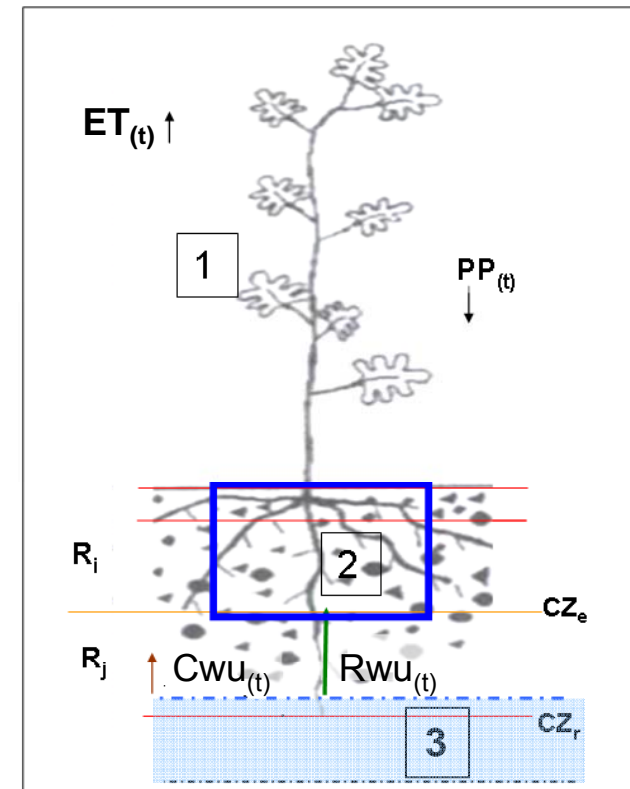
Modelo Ribav-Conceptualización

Elementos:

1. Vegetación
2. Zona NO saturada (Tanque Estático)
3. Zona saturada

Inputs (series temporales diarias):

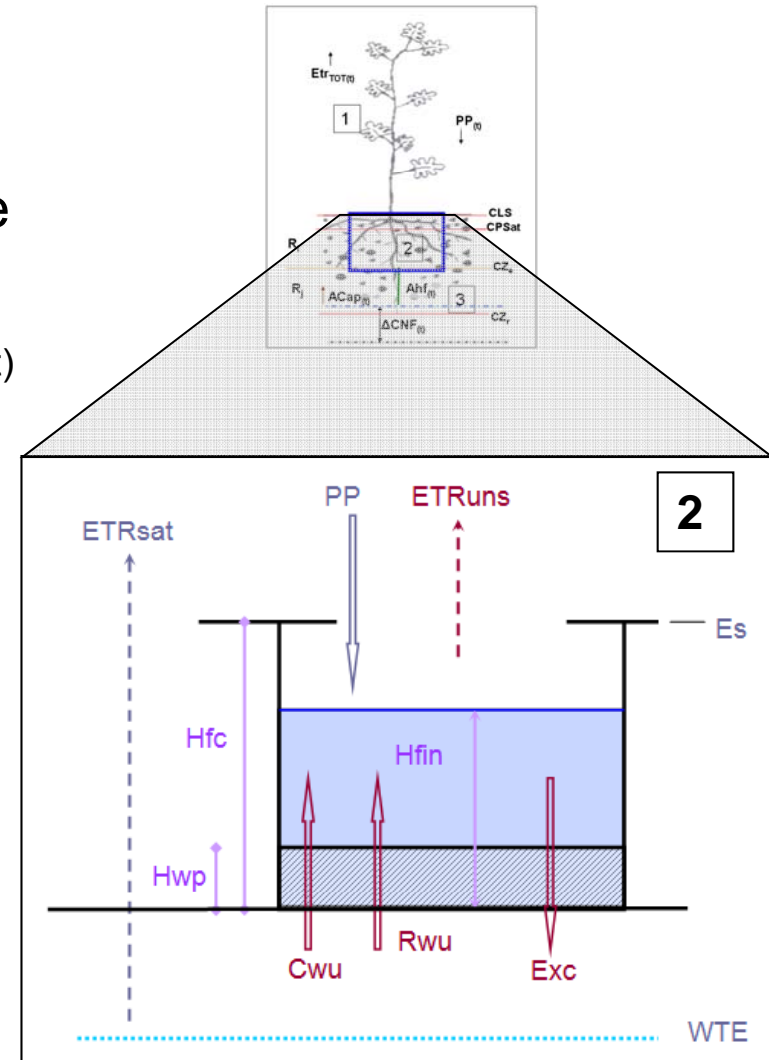
- $PP_{(t)}$: Precipitación
- $ETP_{(t)}$: ET Potencial
- $Q_{(t)}$: Caudales diarios del río



Modelo Ribav - Procesos

Procesos:

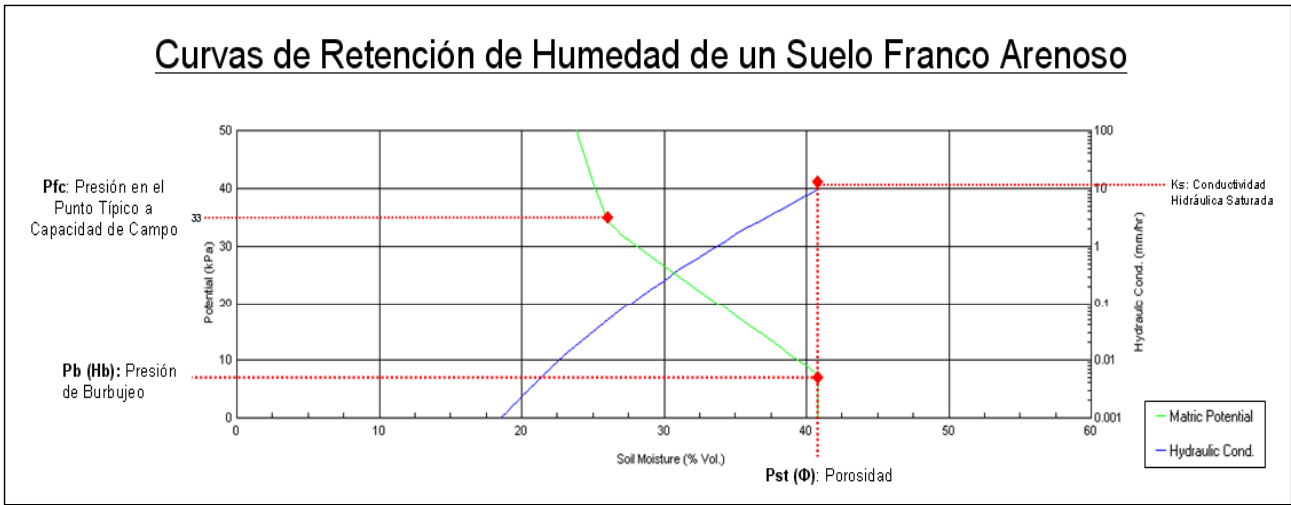
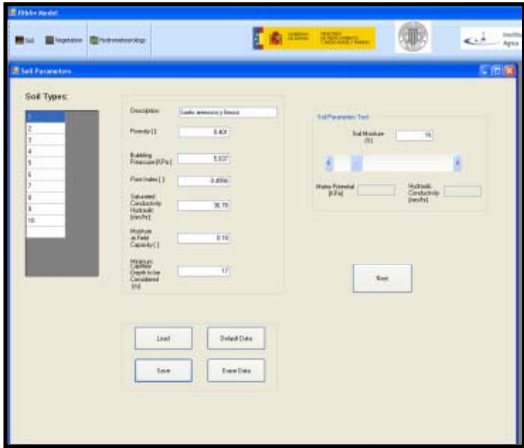
- **Exc**_(t) : Exceso de Agua en el Tanque (Escorrentía + percolación)
- **WTE**_(t): Cota de nivel freático → $f(Q)_{(t)}$
- **ETR**_(t) : Evapotranspiración Real:
 - **ETRsat**_(t) : En suelo saturado
 - **ETRuns**_(t) : En suelo NO saturado
 - **(Zsat)**: Asfixia radicular (ETR=0)
- **Cwu**_(t): Ascenso capilar
- **Rwu**_(t): Ascenso hidráulico radicular



Modelo Ribav - Inputs

1. Parámetros Básicos del Modelo

A. SOIL BASIC PARAMETERS						
SOIL Type	Φ Porosity []	λ Porosity Index	Hb Bubble Pressure [Kpa]	Saturated Hydraulic Conductivity [mm/hr]	θ_{CC} Field Capacity Moisture at 33Kpa []	Minimum Capillary Depth to be Considered [m]
	$\alpha.2$ Pst	$\alpha.5$ Ip	$\alpha.4$ Pb	$\alpha.3$ Ks	$\alpha.1$ Mfc	$\alpha.7$ ZCmin
1	0.401	0.4556	5.837	36.78	0.18	17
2	0.412	0.314	4.403	22.62	0.221	17
3	0.407	0.266	2.475	32	0.205	17
n	.....	.....	.....	.....	.....	17



Curva de retención de humedad de Campbell utilizada en Ribav

Modelo Ribav - Inputs

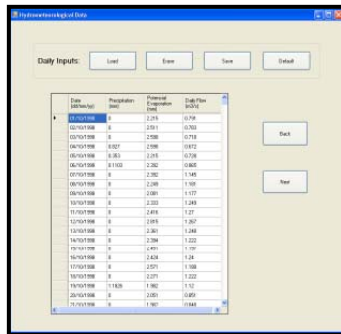
B. VEGETATION BASIC PARAMETERS										
Vegetation Type	Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Δv Plant Cover []	Maximum Soil-Root Water Conductance [$\text{mmMpa}^{-1}\text{h}^{-1}$]	Wilting Point Pressure [Kpa]	Critical Point Pressure [Kpa]	Vegetation Type Description
	b.3 Zr	b.4 Ze	b.5 Zsat	b.9 Ri	b.6 Rj	b.7 Cov	b.8 Crt	b.2 Pwp	b.1 Pcrit	
1	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500	Riparian Herbs (RH)
2	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500	Riparian Juveniles and small Shrubs (RJ)
3	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250	Riparian Adults Trees and Shrubs (RA)
4	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95	Terrestrial Vegetation (TV)

Modelo Ribav - Inputs

2. Otros inputs

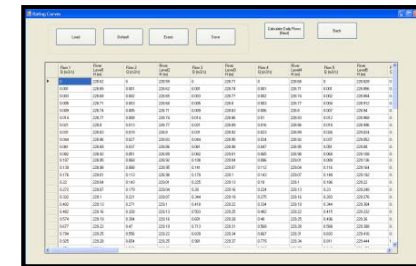
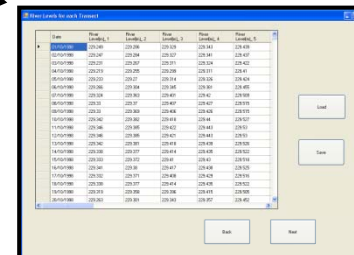
C. DAILY HYDROMETEOROLOGICAL INPUTS			
Date	Daily Precipitation [mm]	Potential Evapotranspiration [mm]	Daily Flow [m3/s]
	c.1	c.2	c.3
	PP	ETP	Q
01/01/1999	1.700	1.174	0.791
02/01/1999	0.717	1.17	0.783
03/01/1999	0	1.192	0.718
04/01/1999	0	1.172	0.672
05/01/1999	0	1.198	0.728
06/01/1999	0	1.18	0.865
07/01/1999	0	1.182	1.145
d	.....	.....	.....

D. RATING CURVES							
Flow Transect 1	Rivel Level Transect 1	Flow Transect 2	Rivel Level Transect 2	Flow Transect 3	Rivel Level Transect 3	Flow Transect t	Rivel Level Transect t
m3/s	m	m3/s	m	m3/s	m	m3/s	m
0	228.62	0	228.59	0	228.71	.....	.....
0.001	228.65	0.001	228.62	0.001	228.74	.....	.....
0.003	228.68	0.002	228.65	0.003	228.77	.....	.....
0.005	228.71	0.003	228.68	0.005	228.8	.....	.....
0.009	228.74	0.005	228.71	0.009	228.83	.....	.....
0.014	228.77	0.008	228.74	0.014	228.86	.....	.....
0.021	228.8	0.013	228.77	0.021	228.89	.....	.....
0.031	228.83	0.019	228.8	0.031	228.92	.....	.....
0.044	228.86	0.027	228.83	0.044	228.95	.....	.....
0.061	228.89	0.037	228.86	0.061	228.98	.....	.....
0.082	228.92	0.051	228.89	0.082	229.01	.....	.....
0.107	228.95	0.068	228.92	0.108	229.04	.....	.....
0.139	228.98	0.088	228.95	0.141	229.07	.....	.....
0.176	229.01	0.113	228.98	0.179	229.1	.....	.....
0.22	229.04	0.143	229.01	0.225	229.13	.....	.....
.....
Q1	H1	Q2	H2	Q3	H3	Qt	Ht



Interpolación Lineal

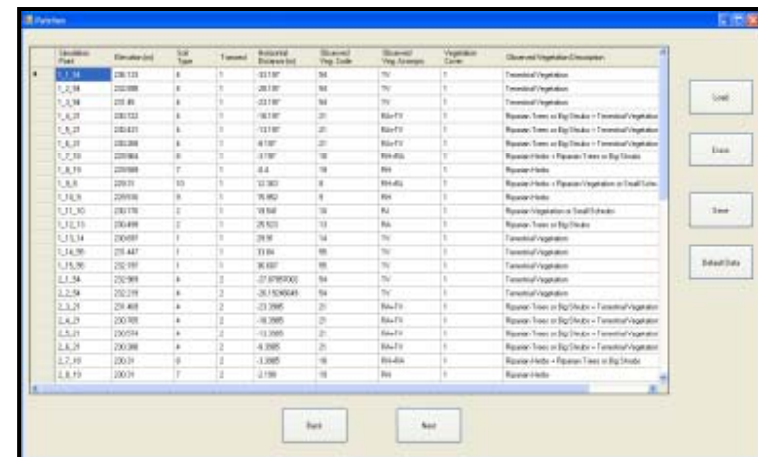
Water Table Elevation [m]
WTE
229.193
229.191
229.19
229.188
229.187
229.19
229.185
.....



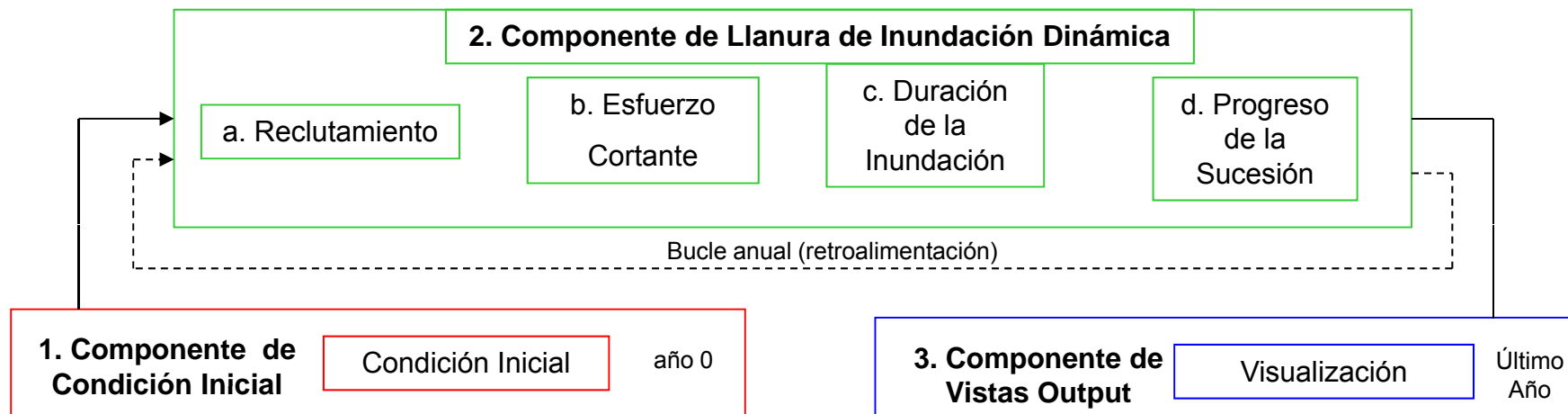
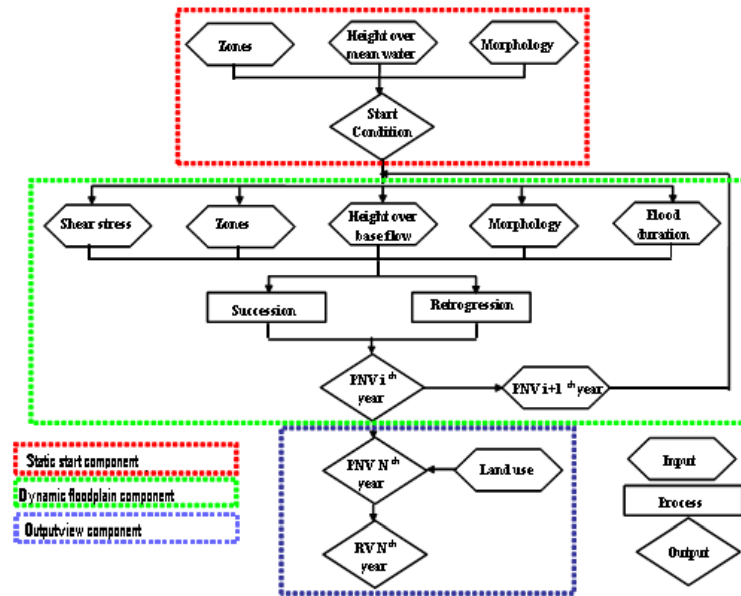
Modelo Ribav - Inputs

3. Información de los puntos de simulación

E. SIMULATION POINT DATA			
Point	Soil Surface Elevation (m)	Soil Type	Pertaining Transect
1	236.133	4	1
2	232.898	4	1
3	230.499	2	1
4	230.697	1	1
5	231.447	1	1
6	232.197	1	1
7	232.969	4	2
8	232.219	4	2
9	231.469	4	2
10	230.765	4	2
11	230.809	1	2
12	231.611	1	2
13	232.361	1	2
14	233.135	4	3
15	232.922	4	3
16	232.172	4	3
17	230.31	4	3
p	.....	.....	.....

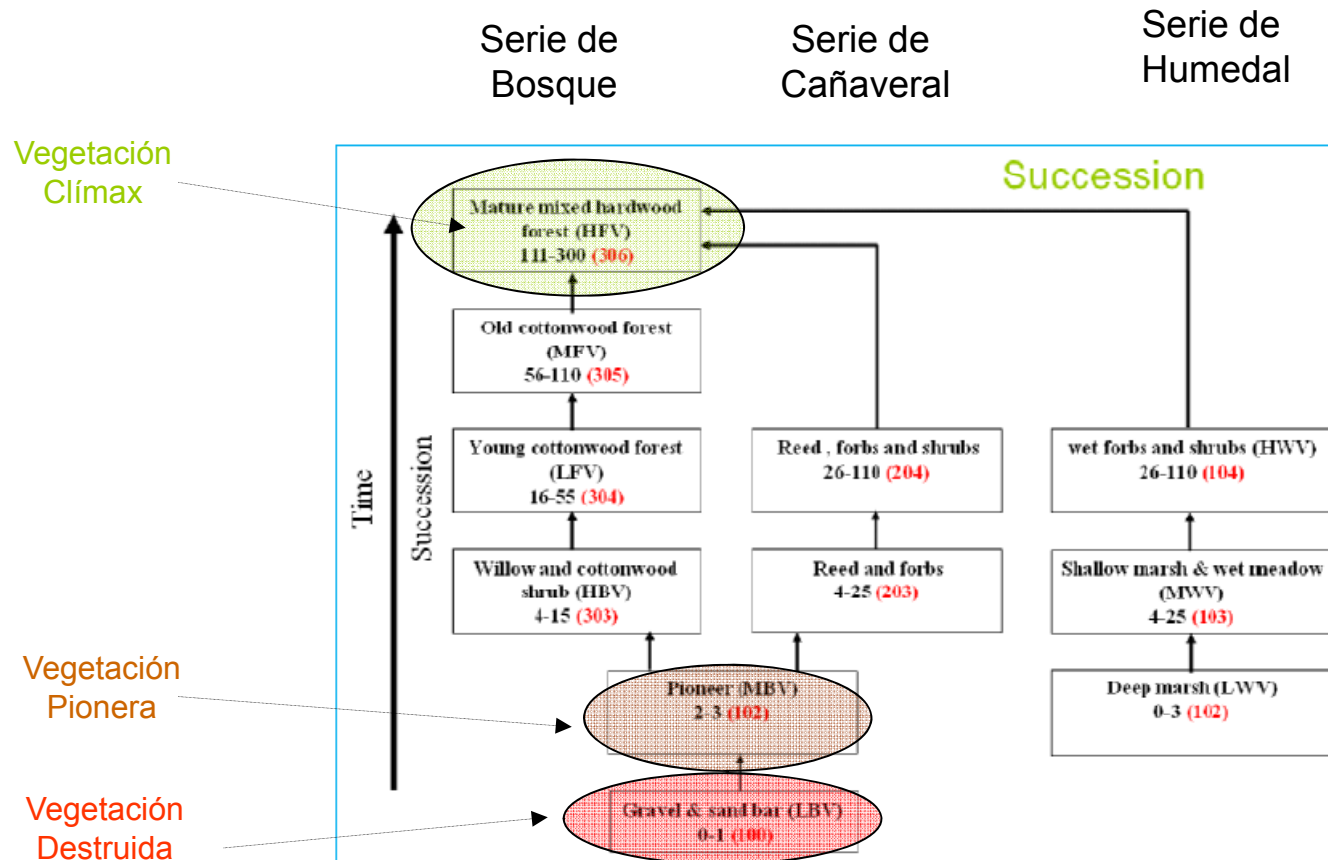


Modelo Ripflow - Conceptualización



Modelo Ripflow- Series de Sucesión Vegetal

Ejemplo de series de vegetación del río Kootenai (EE.UU.):



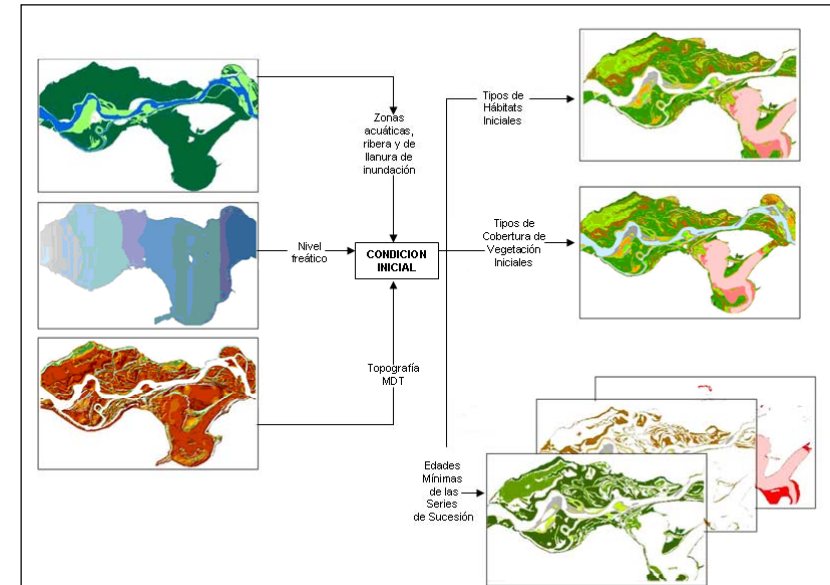
Fuente: R. Benhankar

Modelo Ripflow- Mapas de Input/Output (año 0)

Inputs

Outputs

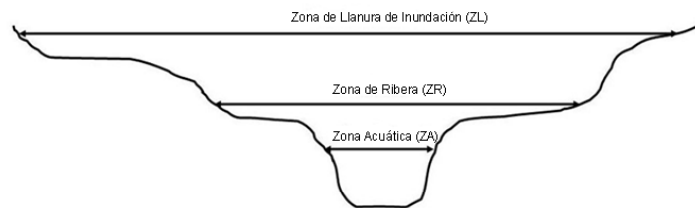
Zona según Frecuencia de Inundación	Alturas sobre el Nivel Freático	Sub-Zonas	Tipo de Cobertura (Español)	Tipo de Cobertura (Inglés)	Rango de Años
Zona Acuática	-15/-1	Zona Acuática Profunda	Río Profundo	Deep River	-
	-1/0	Zona Acuática Somera	Río Somero	Shallow River	-
Zona de Ribera	0-0.2	Zona de Ribera Baja	Banco de Grava y Arena	Gravel and Sand Bar	0-1
	0.2-1	Zona de Ribera Media	Vegetación Pionera	Pioneer Vegetation	2-3
	1-1.6	Zona de Ribera Alta	Cañaveral y Herbáceas	Reed and Forbs	4-25
Zona de Llanura de Inundación	1.6-20		Sauces y Chopos Arbustivos	Willow and Cottonwood Shrub	4-15
	-5/1	Humedal Bajo	Marisma Profunda	Deep Marsh	0-3
	-1/0	Humedal Medio	Marisma Somera y Prado Húmedo	Shallow Marsh and Wet Meadow	4-25
	0-0.5	Humedal Alto	Herbáceas y Arbustivos de Humedal	Wet Forbs and Shrubs	26-110
	0.5-0.9	Cañaveral Bajo en Llanura de Inundación	Cañaveral y Herbáceas de Humedal	Reed Forbs and Shrubs	26-110
	0.9-2	Bosque Ripario Bajo de Llanura de Inundación	Bosque de Chopos Jóvenes	Young Cottonwood Forest	16-55
2-4	Bosque Ripario Medio de Llanura de Inundación	Bosque de Chopos Adultos	Old Cottonwood Forest	56-110	
4-20	Bosque Ripario Alto de Llanura de Inundación	Bosque Mixto Maduro	Mature Mixed Hardwood Forest	110-300	



(Fuente: E. Politti)

$$= [MDT] - [Nfreático]$$

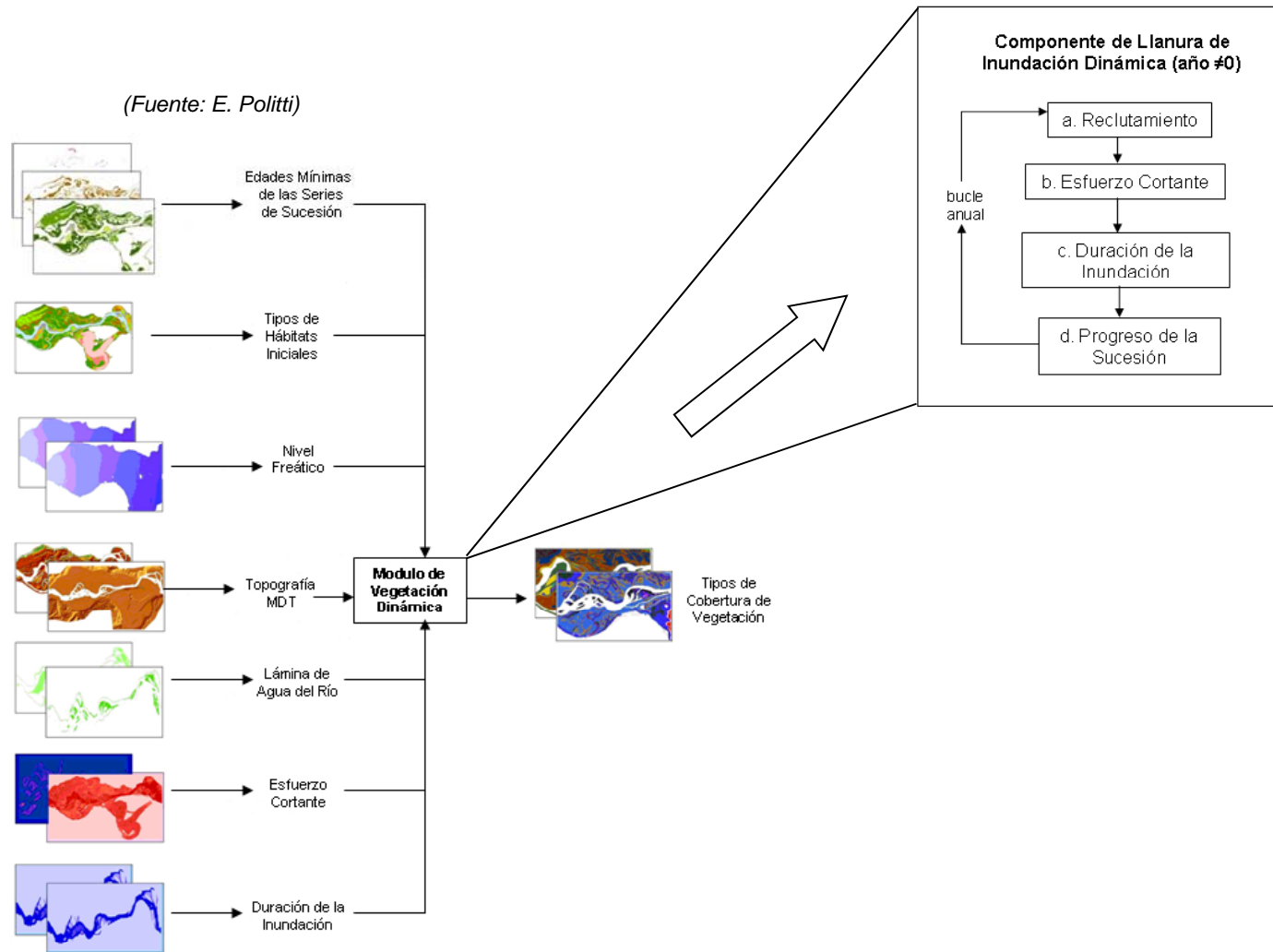
Zonas del Río:



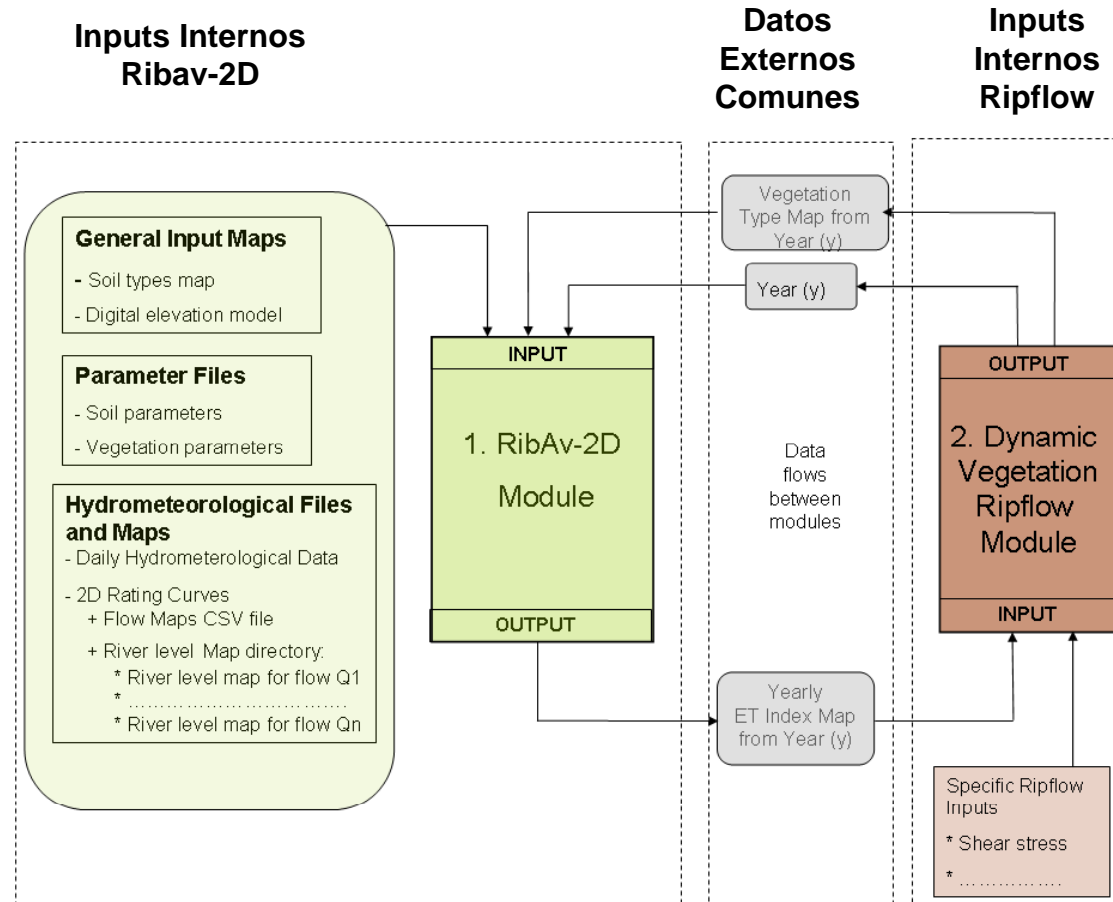
Borde	Caudales	Valores
ZA/ZR	Cota de la lamina de Agua Media de Río	Qmedio
ZR/ZL	Ribera Totalmente Inundada	*HQ1-HQ1,5
ZL	Históricos	*HQ100

*Siendo HQx la cota de la lamina de agua para un caudal con un periodo de retorno de x años.

Modelo Ripflow- Mapas de Input/Output (años≠0)



Integración Ribav2D-Ripflow – Flujo de datos



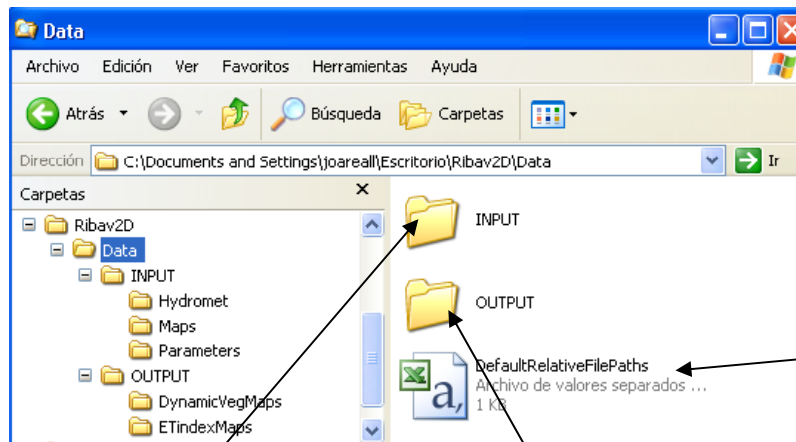
Integración Ribav2D-Ripflow → Estructura de los Archivos

Tipos de Archivos:

- Archivos Raster → **Mapas Input /Output**
- Archivos CSV → **Parámetros (suelo, vegetación)**
 - Series Hidrometeorológicas
 - Rutas de Archivos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ncols	250							
2	nrows	172							
3	xllcorner	733225.79							
4	yllcorner	4304029.01							
5	cellsize	0.5							
6	NODATA_value	-9.9							
7		857.13	857.13	857.13	857.13	857.13	857.13	857.13	857.13
8		856.37	856.37	856.37	856.37	856.37	856.37	856.37	856.37
9		855.99	855.99	855.99	855.99	855.99	855.99	855.99	855.99
10		855.4	855.4	855.4	855.4	855.4	855.4	855.4	855.4
11		855.16	855.16	855.16	855.16	855.16	855.16	855.16	855.16
12		855.04	855.04	855.04	855.04	855.04	855.04	855.04	855.04
13		854.75	854.75	854.75	854.75	854.75	854.75	854.75	854.75
14		854.54	854.54	854.54	854.54	854.54	854.54	854.54	854.54

Mapa Raster-ASCII del MDT de un tramo de estudio.



Archivos **Input** requeridos en la simulación

Archivos **Output** creados en la simulación

Archivo que indica los nombres y **rutas relativas** de los archivos que se cargan **por defecto**

```

DefaultRelativeFilePaths - Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
\\Data\INPUT\Maps\SoilMap.asc
\\Data\INPUT\Maps\InitialVegetationMap.asc
\\Data\INPUT\Maps\DemMap.asc
\\Data\INPUT\Parameters\SoilParameters.csv
\\Data\INPUT\Parameters\VegetationParameters.csv
\\Data\INPUT\Hydromet\Hydromet.csv
\\Data\INPUT\Hydromet\WtEMaps.csv
\\Data\OUTPUT\ETindexMaps\
\\Data\OUTPUT\dynamicvegMaps\
    
```

Integración Ribav2D-Ripflow → Utilización de la tecnología COM

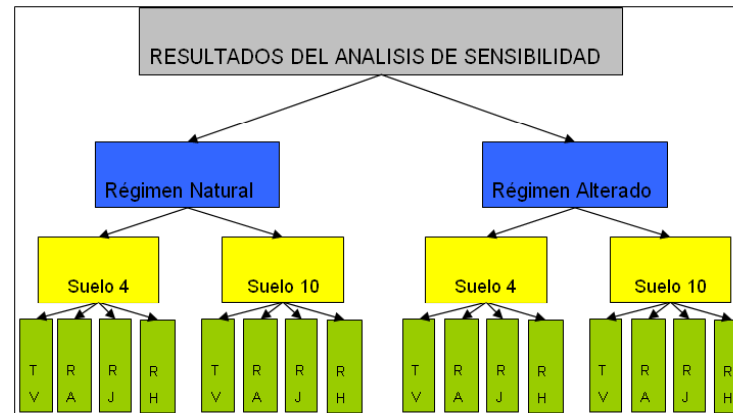
Se ha utilizado una interfaz COM dentro de una librería DLL para permitir el flujo de datos entre Ripflow y Ribav-2D escritos en los lenguajes de programación Python y Visual Basic respectivamente.

```
1. Imports System.Runtime.InteropServices
2.
3.
4. <Guid("63E4EE68-637A-431f-AB69-D263C8A2A522"), InterfaceType(ComInterfaceType.InterfaceIsDispatch)> _
5. Public Interface _Logic
6. <DispId(1)> Sub CallingSimulate(ByVal VegMap As String, ByVal Year As Integer?, ByVal ConfigFileDirectory As String)
7. <DispId(2)> ReadOnly Property ETIndexPath() As String
8. End Interface
9.
10.
11.
12. <Guid("1971C5EE-DADE-46cb-BCBF-2D49792A3FCE"), _
13. ClassInterface(ClassInterfaceType.None), _
14. ProgId("Ribav2DModule")> Public Class Logic
15. Implements _Logic
16.
17.
18. Public ReadOnly Property ETIndexPath() As String Implements _Logic.ETIndexPath
19. Get
20.     Return (Output.ETIndexPath)
21. End Get
22. End Property
23.
24.
25. Public Sub CallingSimulate(ByVal VegMap As String, ByVal Year As Integer?, ByVal ConfigFileDirectory As String) _
26. Implements _Logic.CallingSimulate
27.     Call LoadDEFAULTFilePaths(ConfigFileDirectory)
28.     Call MainHydromet(ConfigFileDirectory)
29.     Call Simulate(VegMap, Year)
30.     'Mas Instrucciones y Llamadas a Subrutinas
31. End Sub
32.
33. End Class
```

Análisis de Sensibilidad con el Modelo Ribav

Se realizó un **análisis de sensibilidad local** para:

- 4 tipos funcionales de vegetación.
- 7 diferentes elevaciones.
- 2 tipos de suelos.
- Regimenes de caudales tanto naturales como alterados.



Los resultados indicaron que los parámetros de vegetación más sensibles son los relativos a :

- la profundidades de raíces (Zr y Ze).
- factores de transpiración (Ri y Rj).

Vegetation:		TV (Terrestrial Vegetation)							
Soil:		10 (Sand with Gravel)							
Flow Regime:		Regulated							
Elevation (m.a.s.l.)	Elevation over the river level (m)	Standard Values for the Evapotranspiration Index	Evapotranspiration Index Variation according to the Modified Parameter						Most Sensible Parameter
			Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	CRT	
230.606	0.314	0.481	1.28E+00	5.92E-01	3.88E-02	8.86E-02	2.00E-01	0.00E+00	Zr
231.631	1.339	0.984	1.81E-01	5.33E-01	3.51E-03	2.51E-01	3.78E-02	8.47E-06	Ze
232.098	1.806	0.482	6.09E-02	5.76E-01	4.40E-05	3.51E-02	2.08E-02	1.37E-03	Ze
232.953	2.661	0.444	1.54E-03	7.42E-02	2.72E-06	9.69E-02	2.22E-05	9.99E-08	Rj
233.532	3.24	0.443	7.01E-06	7.38E-02	0.00E+00	9.74E-02	5.72E-07	0.00E+00	Rj
233.788	3.496	0.443	0.00E+00	7.38E-02	0.00E+00	9.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	Rj
234.693	4.401	0.443	0.00E+00	7.37E-02	0.00E+00	9.75E-02	0.00E+00	0.00E+00	Rj

Aplicación para calcular el número de aciertos de las calibraciones

- Para facilitar el proceso de calibración/validación de *Ribav* se ha diseñado un programa que determina el número de aciertos mediante el coeficiente Kappa de Cohen.
- El coeficiente Kappa de Cohen calcula el número de aciertos pero sin tener en cuenta el efecto causado por el azar.

		Observed			
		m ₁	m ₂	m ₃	
Simulated	n ₁	V ₁₁	V ₂₁	V ₃₁	ΣV _{m,1}
	n ₂	V ₁₂	V ₂₂	V ₃₂	ΣV _{m,2}
	n ₃	V ₁₃	V ₂₃	V ₃₃	ΣV _{m,3}
		ΣV _{1,n}	ΣV _{2,n}	ΣV _{3,n}	ΣV _{m,n}

Matriz de Confusión

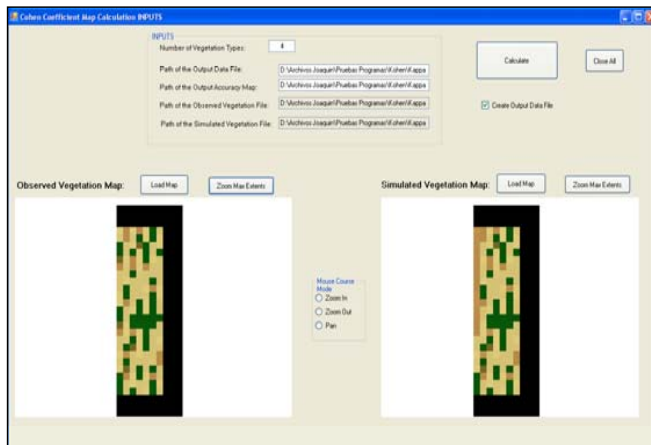
$$fe_{(1)} = \frac{\sum V_{m,1} \cdot \sum V_{1,n}}{N}$$

Frecuencia esperada para "vegetación 1"

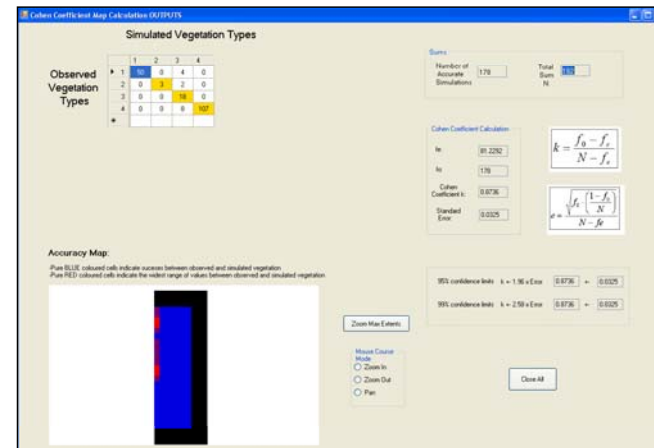
$$k = \frac{fo - fe}{N - fe}$$

Ecuación del coeficiente Kappa de Cohen

Ventana de Inputs



Ventana de Outputs



Tramos de Estudio



Tramos de Estudio

▲ Serpis

▲ Terde



Tramo	Río	Régimen	Nº transectos	Longitud	X	Y
<i>Lorcha</i>	Serpis	Regulado	15	239	733362.20	4304164.78
<i>Terde</i>	Mijares	Natural	20	539	689463.54	4448872.32

Tramos de Estudio



Foto aérea del tramo de estudio "Lorcha" del río Sèrpiis.

(Fuente: V. Garófano)



Foto aérea de la parte sur del tramo de estudio "Terde" en el río Mijares.

(Fuente: V. Garófano)

Calibración del Modelo Ribav

La calibración ha sido realizado modificando los parámetros de vegetación más sensibles, para todos los tipos funcionales de vegetación, dando los siguientes resultados:

$$ET_{index} = \frac{ET_{Real}}{ET_{Potencial}}$$

Parameter	Zr	Ze	Zsat	Ri	Rj	Cov	CRT	Pwp	Perit
	Maximum Root Depth [m]	Effective Root Depth [m]	Extinction at Saturation [m]	Transpiration Factor from Unsaturated Zone []	Transpiration Factor from Saturated Zone []	Vegetation density []	Maximum Soil-Root Water Conductance [m/Mpa/h]	Wilting Point Matrix Potencial [Kpa]	Critical matrix potential [Kpa]
Riparian Herbs RH	0.8	0.7	-0.75	0.8	0.6	1	0.97	1500	500
Riparian Juveniles and small Shrubs RJ	1.25	0.9	-0.1	0.9	0.35	0.8	0.97	1500	500
Riparian adults Trees and Shrubs RA	3.5	0.9	-0.3	0.9	0.35	1	0.97	1500	250
Terrestrial Vegetation TV	2	1.9	0.3	1	0	1	0.97	1500	95

Parámetros de vegetación calibrados para tramo con régimen alterado de caudales

	SIMULADOS									
	RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	Total	
OBSERVADOS	RH	25	3	39	3	-	-	-	70	
	RJ	0	2	1	2	-	-	-	5	
	RA	0	0	17	1	-	-	-	18	
	TV	0	0	15	110	-	-	-	125	
	RH+RJ	3	5	5	7	8	-	-	20	
	RH+RA	0	1	12	4	-	12	-	17	
	RJ+RA	2	2	29	51	-	-	31	84	
	RA+TV	0	0	51	41	-	-	92	92	
	Total únicas	25	5	72	116	8	12	31	92	431
	Total todas	30	13	169	219					431

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RH	25	70	35.71%
RJ	2	5	40.00%
RA	17	18	94.44%
TV	110	125	88.00%
RH+RJ	8	20	40.00%
RH+RA	12	17	70.59%
RJ+RA	31	84	36.90%
RA+TV	92	92	100.00%

Resultados de calibración del modelo en el tramo “Lorcha” del río Sèrpis.

Validación del Modelo Ribav

Después de calibrar el modelo se validó en el otro tramo de estudio.

		SIMULADOS								Total
		RH	RJ	RA	TV	RH+RJ	RH+RA	RJ+RA	RA+TV	
OBSERVADOS	RH	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RJ	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	RA	10	7	15	5	-	-	-	-	37
	TV	0	0	12	26	-	-	-	-	38
	RH+RJ	0	0	0	0	0	-	-	-	0
	RH+RA	0	0	0	0	-	0	-	-	0
	RJ+RA	0	0	0	0	-	-	0	-	0
	RA+TV	0	0	1	4	-	-	-	5	5
	Total únicas	10	7	27	31	0	0	0	5	80
										Tot obs
Total todas	10	7	28	35					80	Tot sim

BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RA	15	37	40.54%
TV	26	38	68.42%
RA+TV	5	5	100.00%
TOTAL	46	80	57.50%

Resultados de validación del modelo en el tramo "Terde" del río Mijares

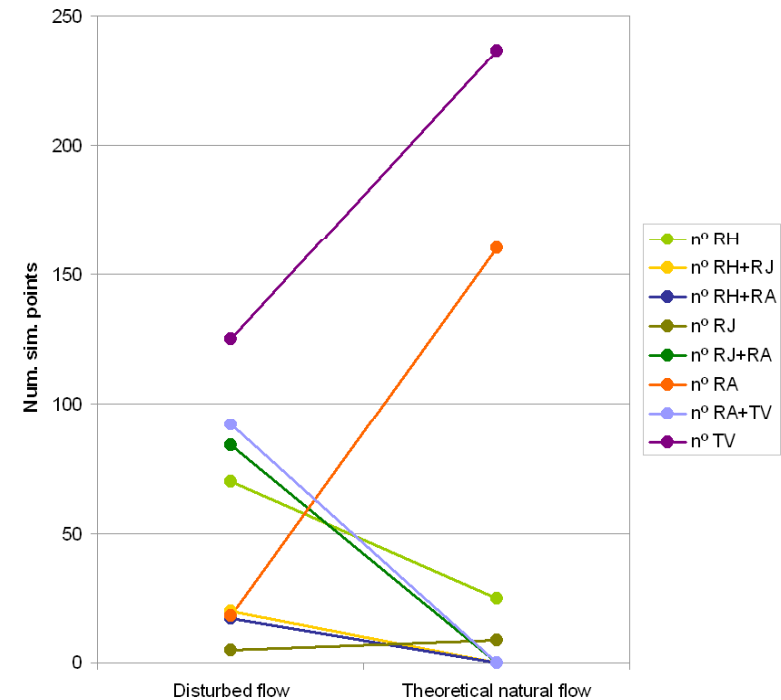
BALANCE	Simulados	Observados	% Aciertos
RIBERA	32	37	86.49%
TERRESTRE	26	38	68.42%
MIXTA	5	5	100.00%
TOTAL	63	80	78.75%

Ejemplos de Explotación del Modelo Ribav

a) Simulación de la vegetación para distintos escenarios de cambio climático

Escenarios de Cambio Climático	Tipos Funcionales de Vegetación				
	RH	RJ	RA	TV	Total
Periodo de referencia 1960-1990	16	12	26	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2010-2040	16	10	28	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2040-2070	16	10	28	31	85
HadCM2-INM (IS92) 2070-2100	15	10	29	31	85
HadCM3-PROMES (SRES B2) 2070-2100	14	8	30	33	85
HadCM3-PROMES (SRES A2) 2070-2100	14	8	30	33	85

b) Efecto de la regulación de caudales por embalses



Conclusiones

- Los inputs más sensibles del modelo son además de la eficiencia (R_i , R_j) y profundidad de las raíces (Z_e , Z_r) la cota profundidad del nivel freático (W_{te}).
- Tras realizar el proceso de calibración del modelo Ribav 1D, se ha observado que existe un gran número de aciertos para distinguir entre el tipo funcional de vegetación terrestre (TV) y los demás tipos de vegetación riparia (tanto arbórea-RA, juveniles-RJ y herbácea-RH).
- Aun así, desafortunadamente el modelo Ribav no distingue demasiado bien entre los distintos tipos de vegetación riparia, especialmente entre la arbórea (RA) y la herbácea (RH).
- Esto puede ser debido a que Ribav no simula ciertos procesos del río como el esfuerzo cortante, por lo que se ha optado por unir Ribav con Ripflow.

Posibles líneas de actuación futuras → Mejoras del Modelo

- Convendría realizar otro análisis de sensibilidad donde se evaluase también la sensibilidad de las variables de entrada hidro-meteorológicas y de los parámetros de suelo.
- Como aumenta bastante el número de parámetros a analizar, sería conveniente utilizar también un análisis de sensibilidad global (Ej. método *Glue*) por comodidad y por si hubiera correlaciones entre parámetros.
- Modificar la hipótesis de nivel freático horizontal.
- Introducir la profundidad de roca madre en la conceptualización de Ribav → limita la profundidad de las raíces.
- Considerar en el modelo Ribav varias capas de suelo con características diferentes mediante una sucesión de tanques estáticos.
- Profundizar en la integración Ripflow-Ribav2D considerando la variación estacional o incluso diaria de los procesos internos de Ripflow (*duración de la inundación, esfuerzo cortante, condiciones de reclutamiento según estaciones, etc.*).

Posibles líneas de actuación futuras → Mejoras del Software

- Reducir el coste computacional del modelo Ripflow y mejorar interactividad entre los lenguajes de programación del software de Ribav y Ripflow.
- Aprovechar la tecnología COM para facilitar:
 - análisis de sensibilidad globales
 - calibraciones automáticas
 - simulaciones con gran cantidad de escenarios
- Reorganizar la interfaz gráfica de usuario (GUI).
- Utilizar el paradigma de programación orientada a objetos (clases, encapsulación, herencia, polimorfismo ...)

```
Public Class StaticTankClass
    Public TankSoilMoisture As Single
    Dim FieldCapacity As Single
    Dim WiltingPoint As Single

    Private Sub MatrixPressure(ByVal Pb As Single, ByVal Psoil As Single, ByVal Pst As Single, ByVal Ip As Single)
        Dim Pmat As Single 'Matrix Pressure output variable
        Pmat = Pb / (Psoil / Pst) ^ (1 / Ip)
    End Sub

    Public Sub RootWaterUptake(ByVal Crt As Single, ByVal Pfc As Single, ByVal Pmat As Single, ByVal Pm50 As Single,
        ByVal Rj As Single)
        Dim rwu As Single 'Root Water Uptake output variable
        rwu = Math.Max(0, (-Crt * 10 / 1000) * (Pfc - Pmat) * (1 / (1 + ((Pmat / Pm50) ^ 3.22))) * Rj)
    End Sub
End Class
```

Financiación del trabajo de investigación

Esta tesina de investigación ha formado parte de los siguientes proyectos:

- **RIBERA: Modelación matemática de ecosistemas de ribera para la determinación de regímenes ecológicos en el río.**
 - **Financiado por el ministerio de Medio Ambiente**
 - **Duración: 1/12/08 – 1/12/09**



- **RIPFLOW: Riparian vegetation modelling for the assessment of environmental flow regimes and climate change impacts**
 - **Financiado por la red europea ERA-Net**
 - **Duración: 1/11/08 – 1/11/10**



Resultados Presentados

Esta tesina de investigación ha dado como resultado las siguientes presentaciones en formato póster en el congreso de la EGU (European Geoscience Union) que tuvo lugar en Viena en Mayo de 2010



Mathematical modeling riparian vegetation zonation in semiarid conditions based on a transpiration index
 Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
 Joaquín Real (joareal@upvnet.upv.es), Marco Morales, Aitola García, Virginia Oarófano, Francisco Martínez-Capel, Félix Francés (frances@ma.upv.es)
 Institute of Water and Environmental Engineering, Technical University of Valencia, Camino de Vera s/n, 46102 Valencia, Spain

1. Introduction
 River banks are an essential part of riparian ecosystems. They represent the transition between the aquatic and terrestrial environments, receiving influence from both of them. In semiarid climates the vegetation classification is normally done by functional types (Bardot and Mallock, 2005; Mouchet et al., 2005), with the aim of analyzing the interaction between biotic and abiotic factors.
 Plant survival not only depends on water availability but also on the cover of the bank, which is influenced by the soil water availability (Coudane and Tardieu, 2001; Rodriguez-Iturbe and Porceddu, 2004). In the bank bank the soil moisture and the water table elevation is determined by the river hydrologic regime (Richards et al., 1998). Additionally the flood and drought frequency and magnitude is crucial in the plant development (Rabouat et al., 1998).
 The actual condition of most floodplain sites in Spain is very deteriorated (Duro, 1996). There are a lot of banks that have ceased the natural agriculture, conservation, and maintenance. The modification of river flow and the flood intensity and frequency are the main factors that can enable or disable the natural vegetation of the riparian zones.

2. Case of Study
 For this work seven study sites of the Júcar River Basin District have been selected. The sites are mainly regulated in the upper and middle river stretches, where the rivers suffer less alterations. Four of the sites have a natural flow regime and three of them are regulated flow regimes.

3. Ribav Model Conceptualization
 In this model the studied soil section is represented as a water tank filled with porous material (Morales and Francés, 2006). The vertical water of the tank will have a daily variation depending on the soil moisture fluxes.
 The vertical water fluxes of the tank are determined by the following equivalent water quantities:
 - (M) Daily Precipitation [mm/day]
 - (E) Evaporation [mm/day]
 - (T) Transpiration [mm/day]
 - (C) Capillary Water Rise [mm/day]
 - (S) Soil Surface Evaporation [mm/day]
 The tank has the following input fluxes:
 - (M) Daily Precipitation [mm/day]
 - (C) Capillary Water Rise [mm/day]
 The tank has also the following output fluxes:
 - (E) Evaporation [mm/day]
 - (T) Transpiration [mm/day]
 The transpiration index is:
 - (TI) Potential Evapotranspiration [mm/day]
 - (C) Plant Cover

4. Ribav-1D Software
 A software package called Ribav-1D has been designed to work with the model. The software has been designed in Visual Basic .net and its data inputs are classified in 120 files which are: hydroclimatological Rating Curves, Soil Parameters, Vegetation Parameters and Simulation Points.

5. Sensitivity Analysis
 The sensitivity analysis was made for 4 vegetation functional types, 7 different structures, relative and regulated flow regimes, and several soil types. The results have shown that the most sensitive parameters are the ones that deal with root depth (Za and Zr) and root fractions (Rr and Rl).

6. Calibration and Validation
 The calibration was made for the most sensitive vegetation parameters from all the vegetation functional types, giving the following results:
 - After calibrating, the model was validated for six other river study sites of the Júcar Basin. For the validation purposes a coefficient matrix was used, which also takes into account natural vegetation functional types.

7. Conclusions
 As the confusion matrix shows, the model simulates very well the transition between natural (TV) and Ribav Active (RA) vegetation. Unfortunately, it doesn't simulate very satisfactorily the presence/absence of riparian Active (RH), possibly because the current Ribav model does not contemplate other natural processes as water stress. For this reason the model is going to merge with a dynamic model which includes additional processes, which greatly affect the vegetation type.

8. Acknowledgments
 This study was funded by the Ministerio de Ciencia e Innovación of Spain within the project Hydrolog (contract number CGL2006-02762) by the Spanish National Funding Initiative. The authors thank the Agencia Española de Meteorología for providing meteorological data.

9. References
 Bardot, J., Mallock, J., 2005. Simulating riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 308, 1-15.
 Coudane, J., Tardieu, P., 2001. Riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 248, 1-15.
 Duro, G., 1996. *El río Júcar: un río en crisis*. Editorial Síntesis, Madrid.
 Francés, F., Morales, M., 2006. A conceptual model for riparian vegetation dynamics in semiarid conditions. *Journal of Hydrology* 320, 1-15.
 Mouchet, A., et al., 2005. Riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 308, 1-15.
 Rabouat, M., et al., 1998. Riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 205, 1-15.

Evaluation of direct anthropic effects over riparian vegetation zonation in several stretches of Mediterranean rivers in Spain
 Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
 Aitola García (algarcia2@posgrado.upv.es), Joaquín Real (joareal@posgrado.upv.es), Félix Francés (frances@ma.upv.es)
 Institute of Water and Environmental Engineering, Technical University of Valencia, Camino de Vera s/n, 46102 Valencia, Spain

INTRODUCTION
 The Júcar River Basin District is one of the most relevant watersheds in the Mediterranean region of Spain both for its size and for the high regulation which is subjected to. The district system includes Mijares, Segura, and Cabriel rivers, as three of the most relevant ones. The objective of this work is to evaluate how hydrological changes are affecting riparian vegetation in some representative stretches.

DATA AND SCENARIOS
 The hydrological regimes were modified in order to obtain several flow regulation scenarios.
 The stretches with no regulation were affected with:
 - dam regulation by a reservoir (20%, 40%, 60%, 80% and 100% of the annual flow)
 - agriculture, urban and hydroelectric demand without water consumption
 The stretches with hydrological regulation were analyzed by comparing the historical data simulations to the theoretical natural flow regime ones.

RESULTS
 Dam regulation can improve the presence of riparian functional types in natural stretches provided that the flow is not very restricted. Several flow scenarios allow better riparian quality, favouring RA and RH presence instead of RH or TV.
 The GBR index of riparian quality is based on four components of riparian habitat: total riparian vegetation cover, cover structure, cover quality and channel alterations (Munne et al., 2003).
 It is possible with RBAV results to analyze variations of this index over the different scenarios concerning:
 - Total riparian vegetation cover: number of riparian simulated points (RA, RU and RH) over terrestrial ones (TV).
 - Cover structure: number of RA simulated points respect the total riparian ones (modified by the number of RA and RH simulated in the points adjacent to the channel).
 - Cover quality and channel alterations: constant.

CONCLUSIONS
 Changes in Mediterranean semi-arid hydrologic systems cause changes in river-associated vegetation. RBAV model is an useful tool for evaluating several anthropic impacts considering changes in hydrological regimes, but some predictions should be qualified. The GBR index is useful to determine riparian quality variations in different scenarios, but stretch GBR seems to be relatively insensitive. Hydrologic regulation by dams (with water consumption) is not always unfavorable for riparian plants. Even so an appropriate flow regime is needed in terms of quantity and seasonality.

ACKNOWLEDGEMENTS
 This work has been supported by the hydroclimatological project Hydrolog (contract number CGL2006-02762) by the Spanish National Funding Initiative. The authors thank the Agencia Española de Meteorología for providing meteorological data.

REFERENCES
 Munne, A., et al., 2003. Riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 275, 1-15.
 Rabouat, M., et al., 1998. Riparian vegetation dynamics: a hydrological approach to process-based modeling. *Journal of Hydrology* 205, 1-15.
 Francés, F., Morales, M., 2006. A conceptual model for riparian vegetation dynamics in semiarid conditions. *Journal of Hydrology* 320, 1-15.

1er Autor

Co-Autor

Gracias por su
atención.