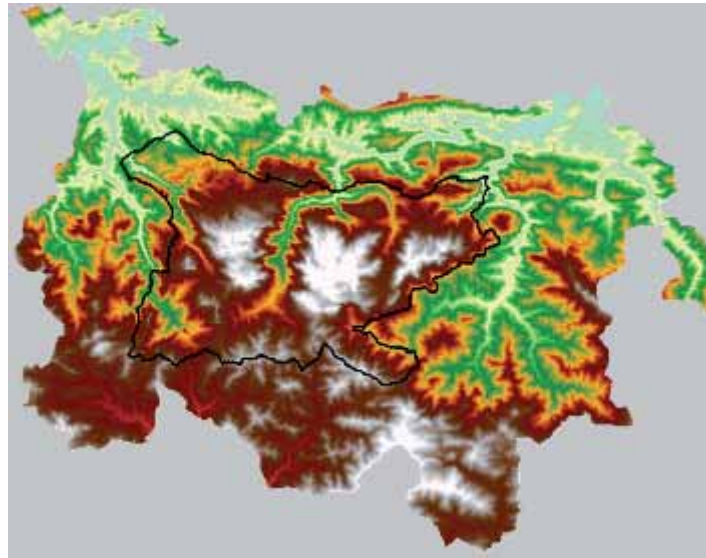


Experiencias de seguimiento de masas de agua en el Parque Nacional de los Picos de Europa



José Barquín*, Mario Álvarez-Cabria, **Francisco J. Peñas**, Alexia González, Ana Silió

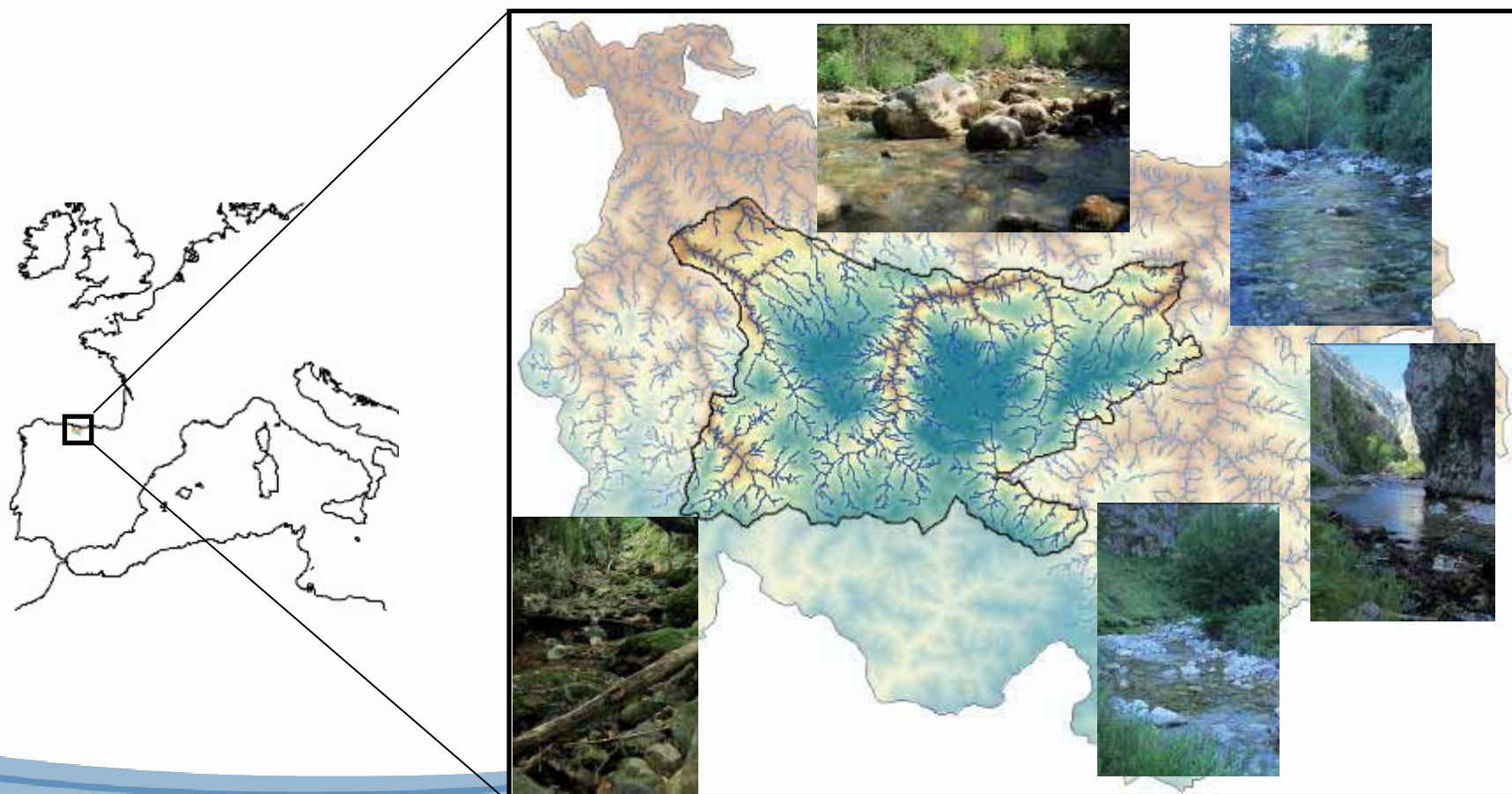
Grupo Ecosistemas Continentales, IH-Cantabria, Universidad de Cantabria, Avda. Los Castros s/n, 39005 Santander, Cantabria, Spain

(*) barquinj@unican.es

*Protocolos de seguimiento a largo plazo: Calidad de aguas superficiales continentales y costeras
Centro Nacional de Educación Ambiental - CENEAM, Segovia, 10-12 de septiembre de 2012*

Proyecto RECORAM: Optimización de las REdes de seguimiento del estado de COnservación en RÍos de Alta Montaña

El proyecto RECORAM analiza la respuesta biológica a vertidos orgánicos en ríos con características hidromorfológicas diferentes en el PPNN de Picos de Europa. Además, se analiza cual es el mejor diseño de red de muestreo y las variables para realizar el seguimiento de estos y otros impactos antrópicos en ríos de alta montaña.



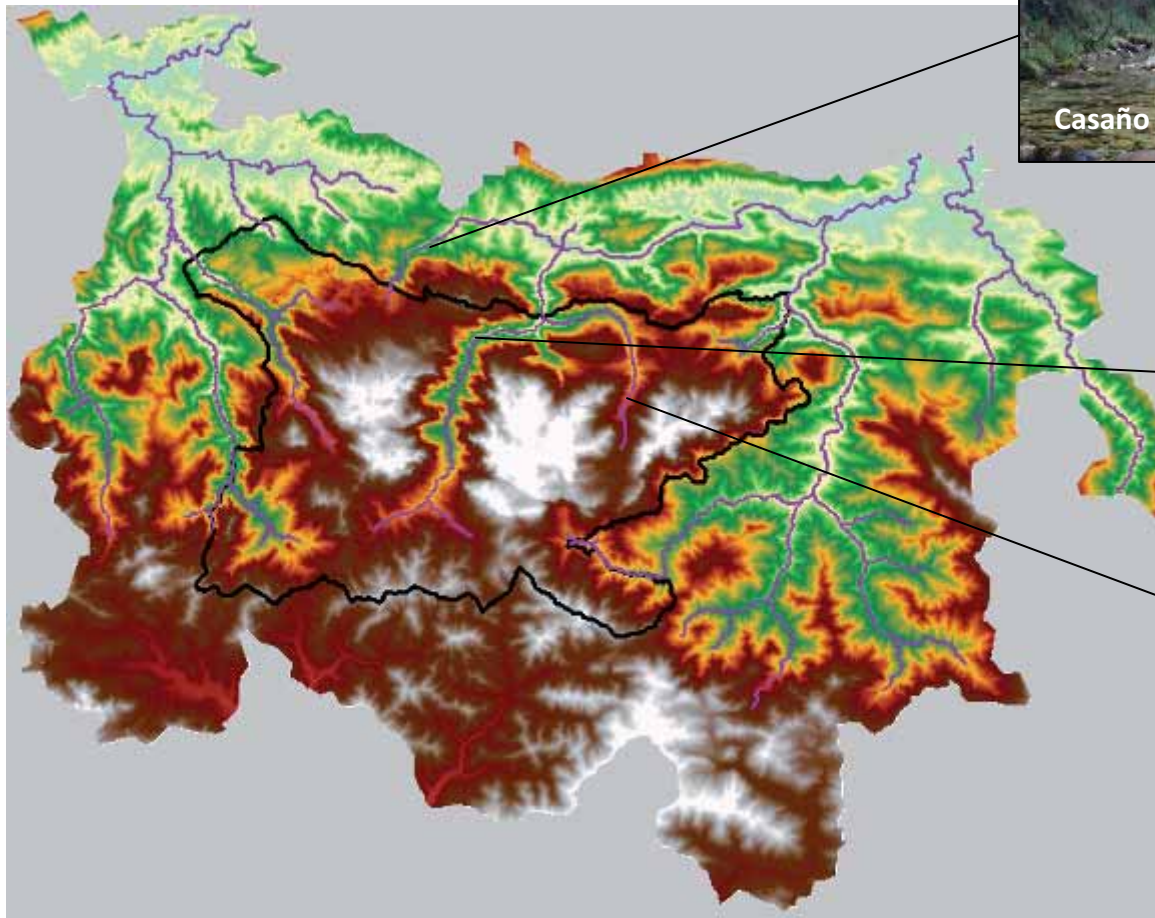
Cuál es la justificación del Proyecto RECORAM?

Los métodos actuales utilizados para el diagnóstico del estado ecológico puede que no sean del todo válidos para los ecosistemas fluviales del alta montaña:

1. La red fluvial que se considera en el seguimiento de la DMA “capa” muchas de las cabeceras de los ecosistemas fluviales (i.e. ríos de alta montaña) al imponer el criterio de aplicarse sólo a ríos con superficie de cuenca de más de 10 km². Del mismo modo, no se tiene en cuenta el área de drenaje de surgencias o manantiales importantes. Estos constituyen el comienzo de muchos ríos en zonas de montaña, los cuales nacen con una entidad de río importante (en numerosos casos equivalente a \geq orden 2 Strahler)
2. Los tipos fluviales oficiales (DMA) no tienen la precisión deseada cuando se trabaja a nivel regional, y no permiten diferenciar procesos relevantes (p.e. características hidrológicas o geomorfológicas). Es decir, estos tipos no recogen la realidad biológica e hidrogeomorfológica de la mayor parte de ríos de montaña, por tanto, las **condiciones de referencia de las métricas oficiales no están calibradas para estos sistemas**.
3. La comunidades biológicas (i.e. invertebrados y peces) presentan una **enorme variabilidad interanual** lo cual puede enmascarar en gran medida los efectos de diferentes actividades antrópicas.
4. Las **métricas e índices oficiales no** han sido ampliamente contrastados en zonas de alta montaña, donde la respuesta a vertidos y o cambios morfológicos puede ser muy sutil. **Otras métricas** (rasgos funcionales) o variables **indicativas del funcionamiento del ecosistema** fluvial (i.e. metabolismo, producción primaria o tasas de descomposición) pueden rendir aproximaciones complementarias. El papel de las especies “raras” en estos ríos puede ser mucho más importante que en otros ríos más estables (i.e. “reservas funcionales”).
5. El método de **la condición de referencia no permite cuantificar** precisamente el impacto diferencial de cada actividad humana (“stressor”). Por ejemplo el efecto de cambios prolongados en los usos del suelo del parque nacional (reconversión a pastos o de pastos a matorral) puede tener un efecto mayor que el de un vertido concreto!!! El **seguimiento** necesita de un **diseño Control-Impacto** y de la búsqueda de **tramos “CONTROL”**

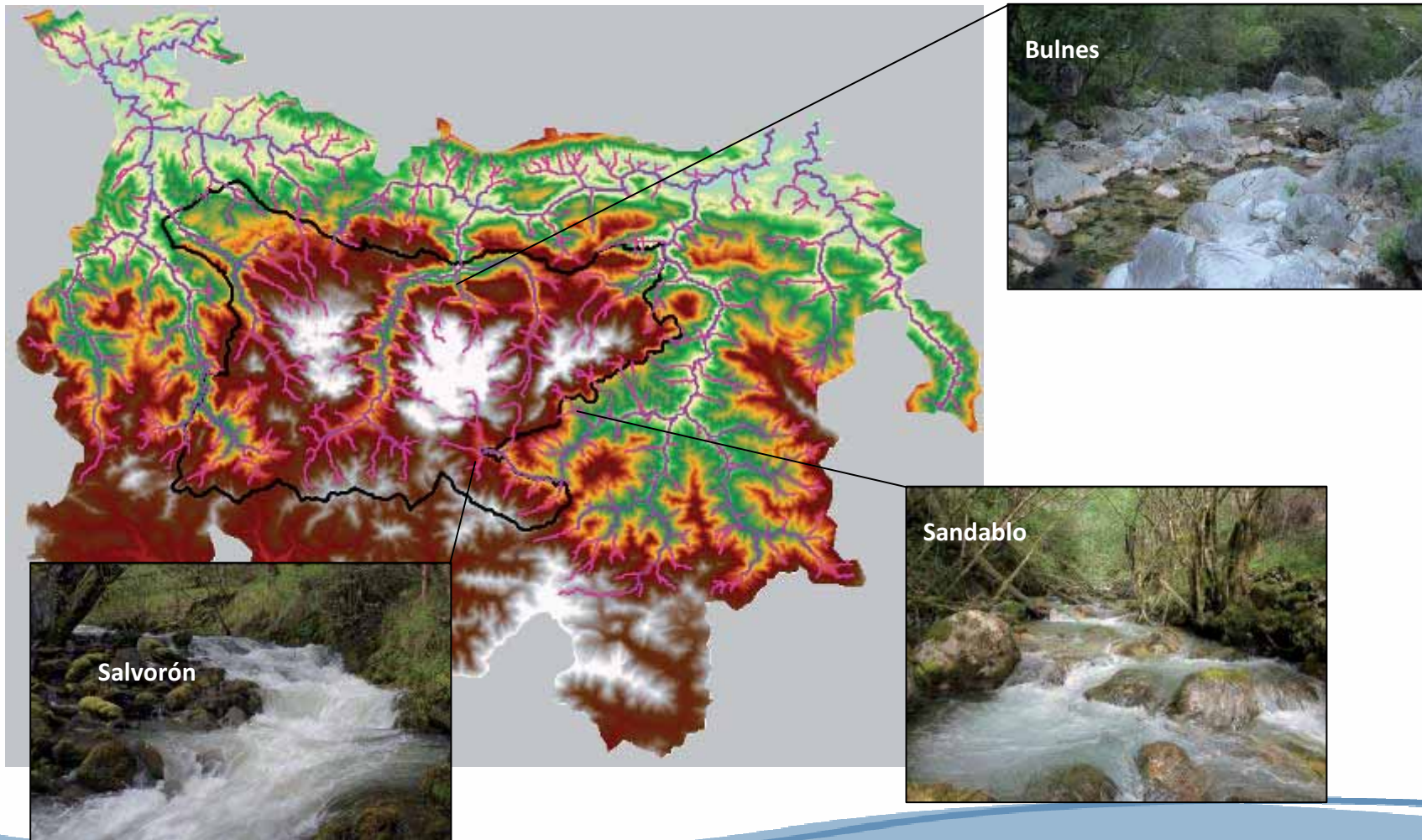
Porqué *RECORAM*?...

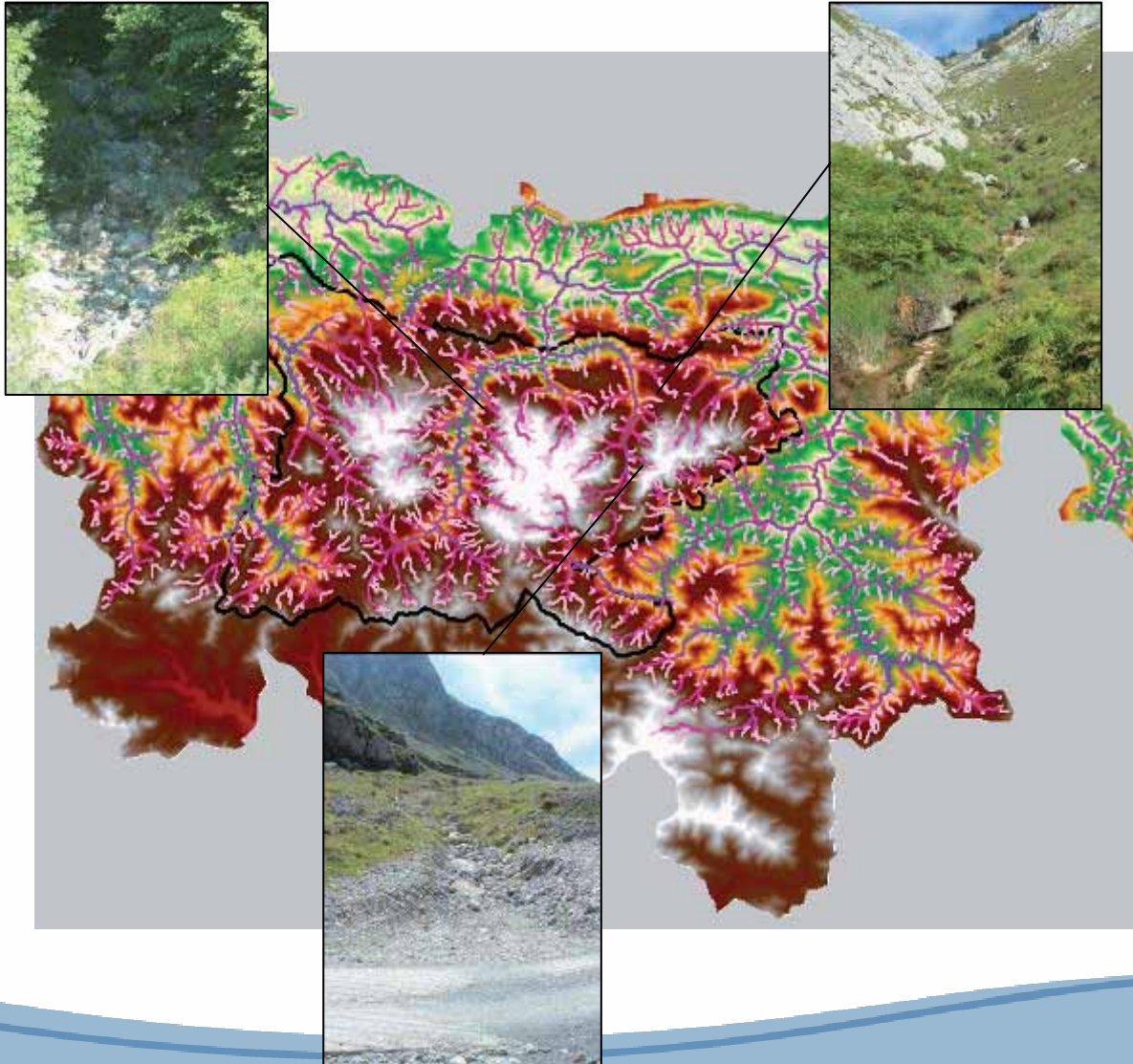
Red fluvial oficial (Confederación Hidrográfica del Cantábrico) en el PPNN de Picos y sistemas fluviales colindantes. 423 km de cursos fluviales...



Porqué RECORAM?...

Red fluvial con tramos permanentes y temporales (Proyecto RECORAM) extraídos a partir del MDT. 1371 km de cursos fluviales. Es decir, 948 km de tramos de río no contemplados en las masas de agua oficiales.





Red fluvial con tramos fluviales muy pequeños y coluviales, es decir, incluye las vaguadas que aportan gran cantidad de sedimentos a los ejes fluviales, algunos sólo llevan agua en ocasiones muy extraordinarias. Los ríos de orden 1 y los cauces coluviales suponen 1544 km extra !

Estos sistemas suponen la entrada de la mayor parte de recursos energéticos y materiales que permiten el óptimo funcionamiento de los ecosistemas fluviales

El desarrollo teórico en ecología y gestión fluvial más reciente apunta a la importancia de las características hidromorfológicas de los ecosistemas fluviales.

RIVER RESEARCH AND APPLICATIONS
River Res. Applic. 22: 123-147 (2006)
Published online in Wiley InterScience
(www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/rra.901

THE RIVERINE ECOSYSTEM SYNTHESIS: BIOCOMPLEXITY IN RIVER NETWORKS ACROSS SPACE AND TIME

JAMES H. THORP^{a*}, MARTIN C. THOMS^b and MICHAEL D. DELONG^c

^a Kansas Biological Survey and Department of Ecology and Evolutionary Biology, Higuchi Hall, University of Kansas, 2101 Conant Ave., Lawrence, KS 66047-3750, USA

^b Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology, University of Canberra, Canberra, ACT 2601, Australia

^c Large River Studies Center and Department of Biology, Winona State University, Winona, MN 55987, USA

Freshwater Biology

Freshwater Biology (2010) 55, 147-170

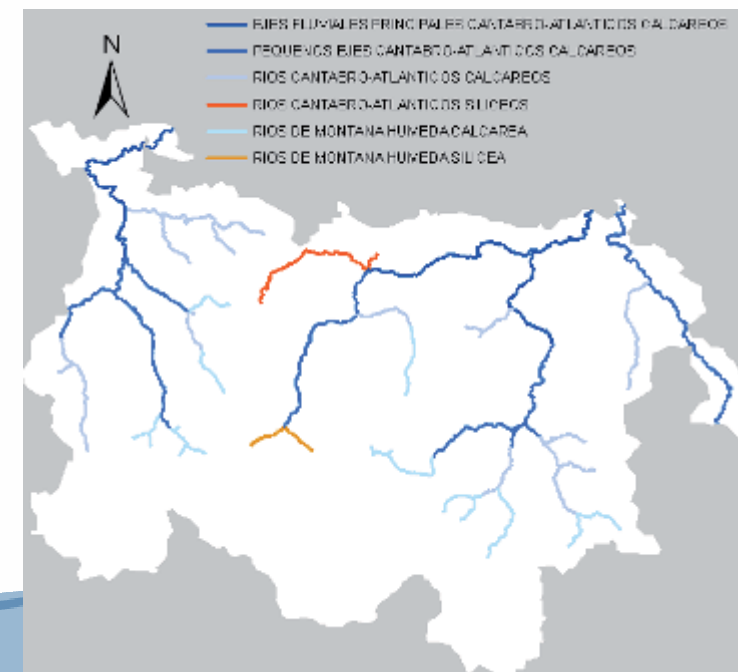
doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02204.x

The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards

N. LEROY POFF^a, BRIAN D. RICHTER[†], ANGELA H. ARTHINGTON[†], STUART E. BUNN[†], ROBERT J. NAIMAN^b, ELOISE KENDY[†], MIKE ACREMAN^{**}, COLIN APSE^{††}, BRIAN P. BLEDSOE^{‡‡}, MARY C. FREEMAN^{§§}, JAMES HENRIKSEN^{§§}, ROBERT B. JACOBSON^{***}, JONATHAN G. KENNEN^{†††}, DAVID M. MERRITT^{†††}, JAY H. O'KEEFE^{¶¶}, JULIAN D. OLDEN^{¶¶¶}, KEVIN ROGERS^{****}, REBECCA E. THARME^{††††} AND ANDREW WARNER^{††††}

Una de los grandes retos hoy en día en ecología y gestión fluvial es la identificación de tramos fluviales en los que las características hidrológicas y geomorfológicas sean equivalentes y están mantenidas por los mismos procesos fluviales

Sabemos que las tipologías fluviales actuales no se ajustan a estas premisas, ya que se han establecido con otros principios y métodos...



Resultados de la **Tesis de Master de Miriam Barquilla** (2009) en la que se analizó el efecto de las presiones hidromorfológicas y de calidad del agua en las comunidades de macroinvertebrados en 20 tramos del PPNN de Picos de Europa durante el año 2008 (existen datos en 2006 y 2007, por analizar...):

Condiciones de Referencia

Campaña	→	Global R=0,153; $p < 0,01$
Tipología	→	Global R=-0,045; $p > 0,05$

Los tipos oficiales no representan la variabilidad de las comunidades de invertebrados

Gradiente Hidromorfológico

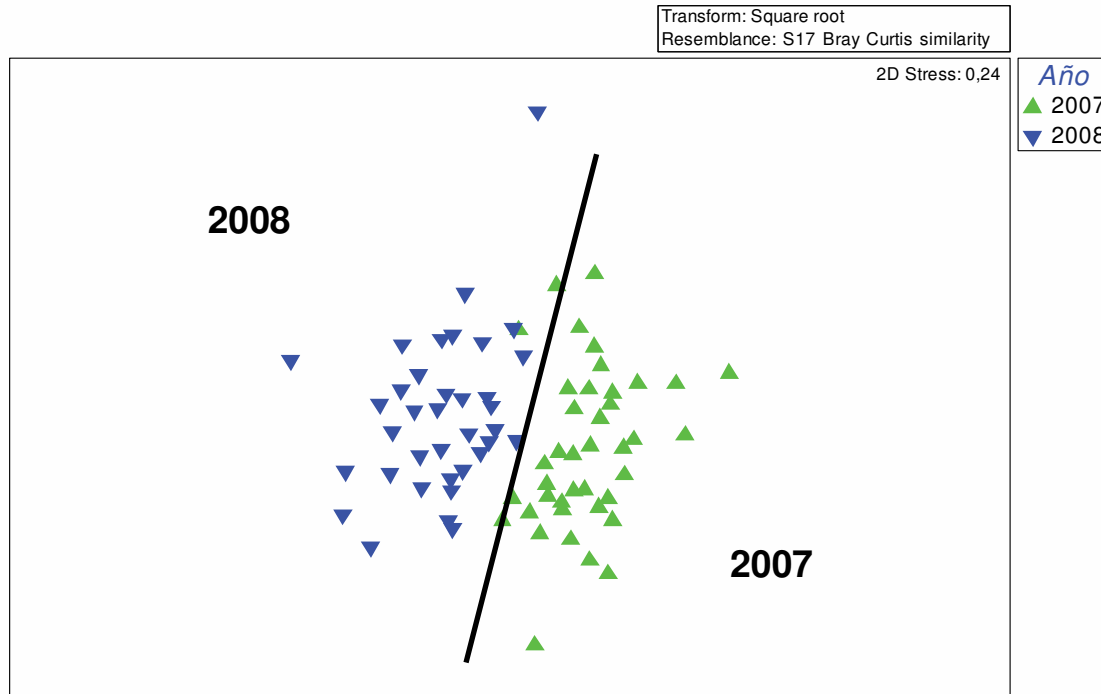
Presión	→	Global R=0,12; $p > 0,05$
Tipología	→	Global R=-0,01; $p > 0,05$

Los cambios en la estructura y composición de las comunidades de invertebrados no se correlacionan con los gradientes de presión

Gradiente calidad del agua

Campaña	→	Global R=0,21; $p < 0,01$
Tipología	→	Global R=-0,07; $p > 0,05$
Presión	→	Global R=0,06; $p > 0,05$

La variabilidad entre primavera y verano es muy grande



La variabilidad interanual en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados es muy grande, probablemente debido a variaciones hidrológicas.

Esto puede enmascarar los efectos de diferentes presiones.

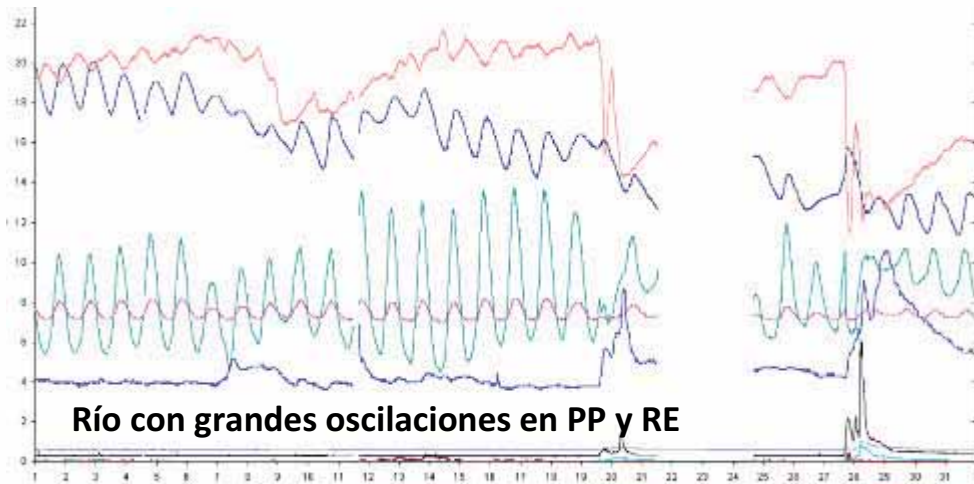
IBMWP

	2007		2008	
	era	Verano	era	Verano
1	155	151	85	92
2	114	122	108	72
3	91	83	74	-
7	148	151	155	91
8	154	159	97	153
8	160	48	153	74

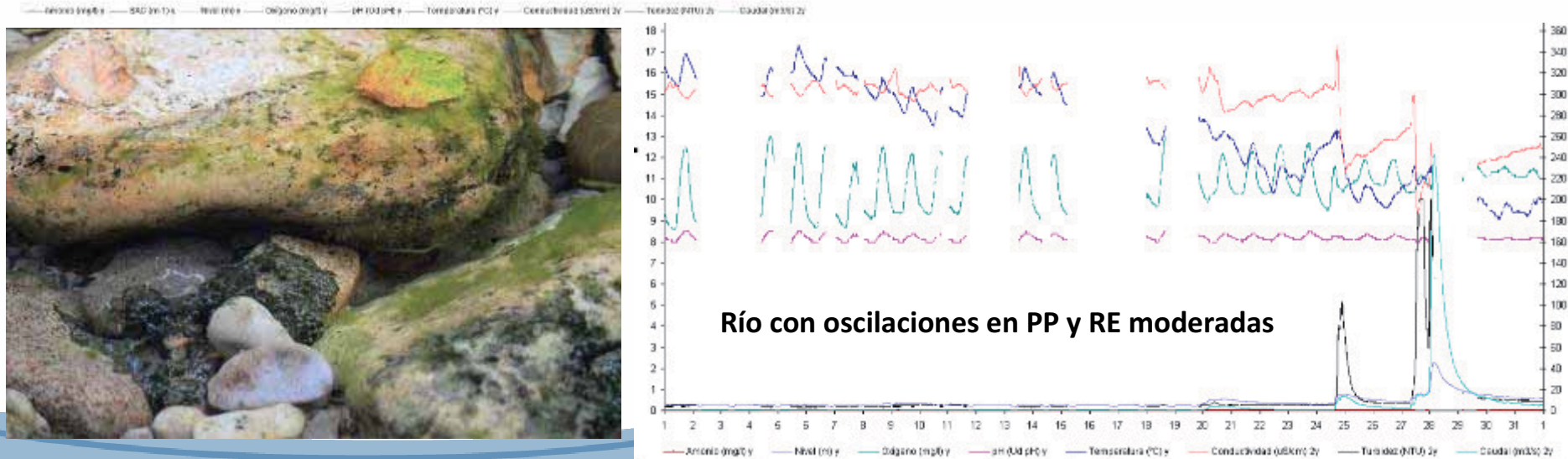
Al comparar los valores de IBMWP en sitios afectados por vertidos en diferentes épocas y años, vemos que estos son altamente dependientes de la época y del año en que se realicen las evaluaciones.

Estos resultados dan importancia a la construcción de series de datos a largo plazo!! (i.e. Con un año en una época no vale!!)

El uso de variables indicadoras del funcionamiento ecosistémico, como respiración, producción primaria o metabolismo pueden indicarnos si las tasas de transferencia de energía y materia en el ecosistema se ven alteradas o no por la acción de diferentes actividades antrópicas. Ya que cambios en la composición y estructura de las comunidades bióticas no tienen porque afectar estas tasas...

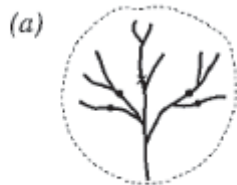


Octubre 2011, en 2 ríos
Cantábricos

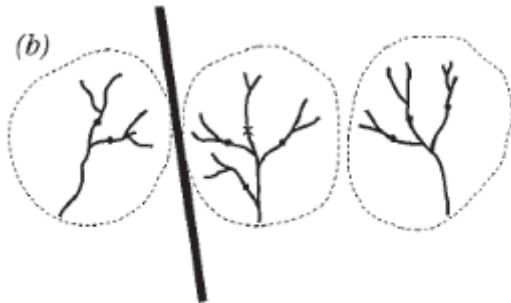


Sólo mediante un diseño de muestro apropiado en el que se tenga en cuenta el funcionamiento hidro-geomorfológico de los tramos fluviales se pueden realizar los tests estadísticos necesarios para poder evaluar el grado de afección de diferentes actividades antrópicas.

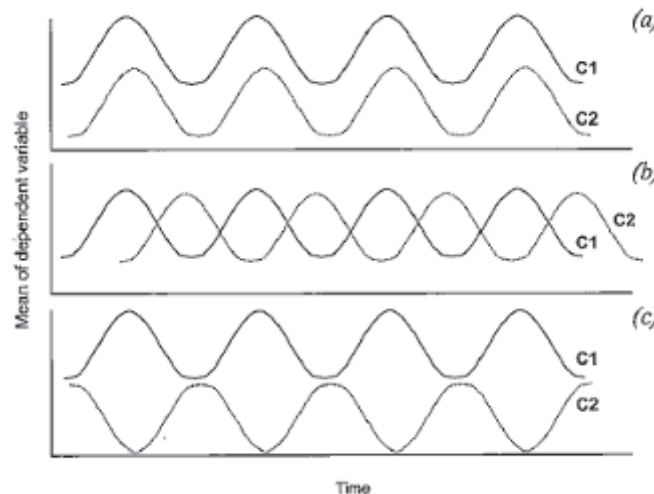
Para ello los diseños BACI y todas sus extensiones son las herramientas más potentes. El método de la condición de referencia sólo permite saber cuanto se desvía nuestro tramo fluvial de la condición idílica, pero no permite identificar las relaciones causa-efecto



MBACI ideal!



MBACI;
problemas con controles en
diferentes zonas?



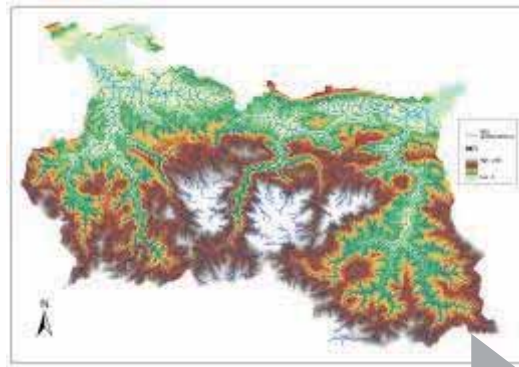
El Proyecto RECORAM

El primer paso que se ha dado en el proyecto RECORAM es la aplicación de un modelo SWAT (Soil and Water Analysis Tool) a las cuencas del PPNN de Picos de Europa, con la intención de:

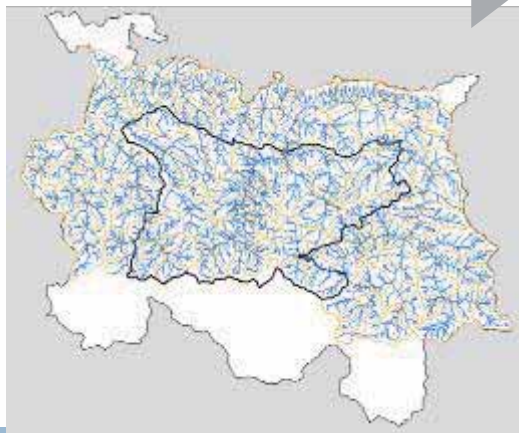
1. Poder reconstruir el régimen hidrológico a partir de datos de lluvia en todos los tramos fluviales del PPNN
2. Poder identificar problemas asociados a los usos del suelo en el PPNN de los Picos de Europa

INPUTS

- MDT
- RED FLUVIAL
- SUBCUENCAS
- USOS DEL SUELO
- SUELO
- PENDIENTES
- LITOLOGÍA
- CLIMA



SWAT



OUTPUTS

1. CICLO DEL AGUA EN LA CUENCA
2. SIMULACIÓN CAUDALES SUBDIARIO/DIARIO/MENSUAL
3. TTE SEDIMENTOS
4. CICLO DEL N
5. CICLO DEL F
6. ENRUTAMIENTO DE PESTICIDAS
7. MATERIA ORGÁNICA

RESULTADOS SWAT...

Correlación entre los datos de aforos y los resultados del modelo SWAT

Correlación mensual

Aforo	E men	Qobservado men(m3/s)	Qsimulado men(m3/s)	Calidad del ajuste
PANES (X1268)	0.7	14.99	15.51	Buena
BUYÓN (X1264)	0.6	1.72	2.03	Buena
DEVA (X1265)	0.8	4.19	4.15	Excelente
SOBREFOZ (X1296)	0.6	1.257	1.291	Buena

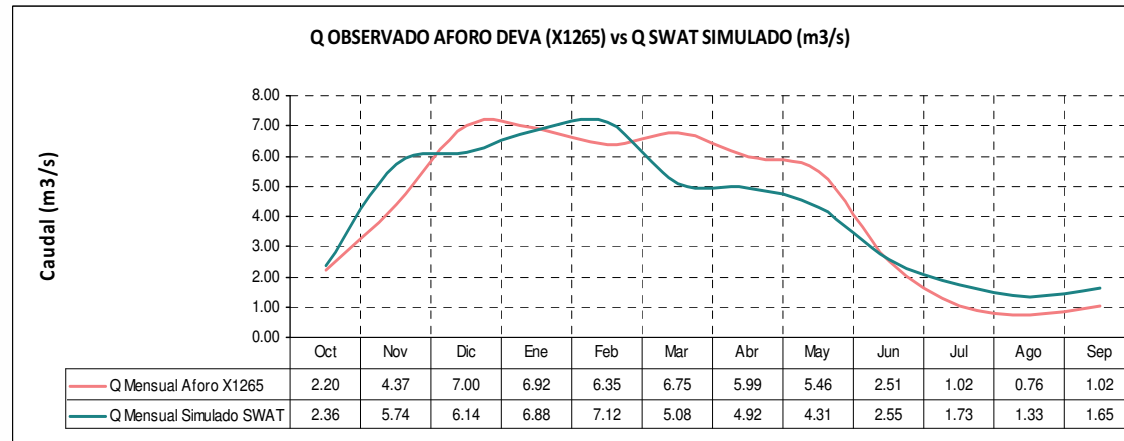
Coefficiente de correlación Nash Sutcliffe

$E < 0.5$	No aceptable
$0.5 \leq E < 0.6$	Aceptable
$0.6 \leq E < 0.8$	Buena
$0.8 \leq E$	Excelente

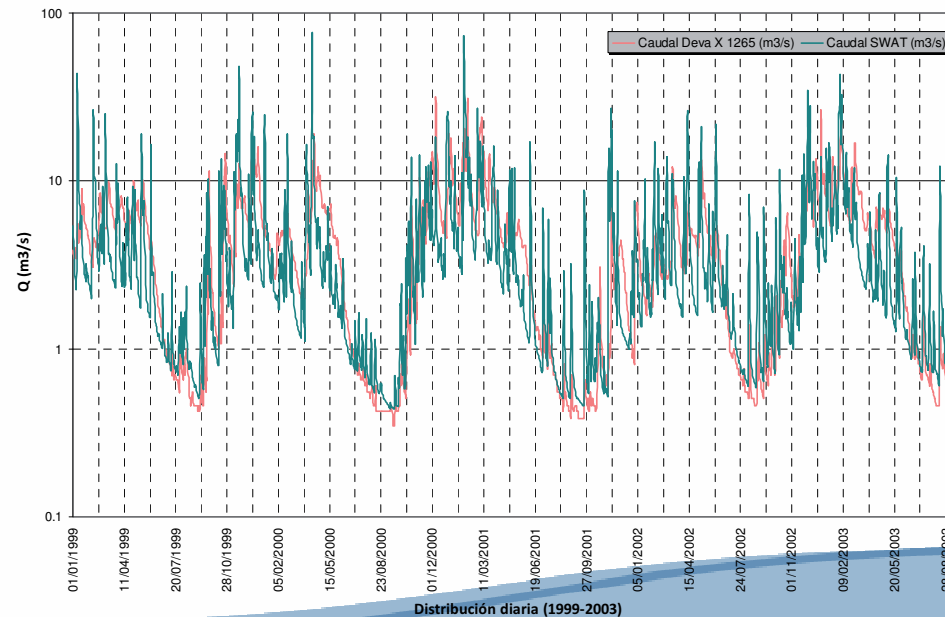
Correlación diaria

La calidad de las series de lluvias y aforos no ha permitido establecer correlaciones aceptables a nivel diario

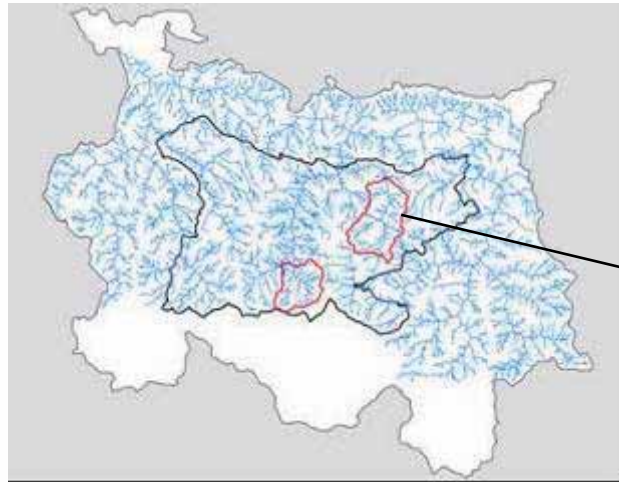
Caudal observado aforo Deva vs caudal SWAT simulado



Caudal diario aforo Deva vs caudal SWAT simulado



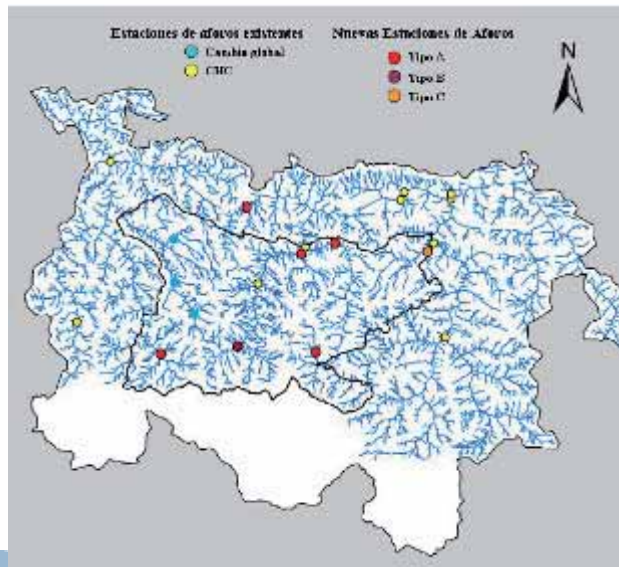
RESULTADOS SWAT..



Identificación de cuencas en el PPNN de Picos de Europa con problemas de escorrentía (finos..)



NECESIDADES SWAT..



Sólo existen 4 puntos para calibrar el modelo con caudales naturales y ninguno está en el PPNN.

Instalación de 6 puntos de aforo para calibrar los modelos: 2 cámaras y 4 sensores de presión a tiempo real

RECORAM: Seguimiento de caudales a tiempo real..

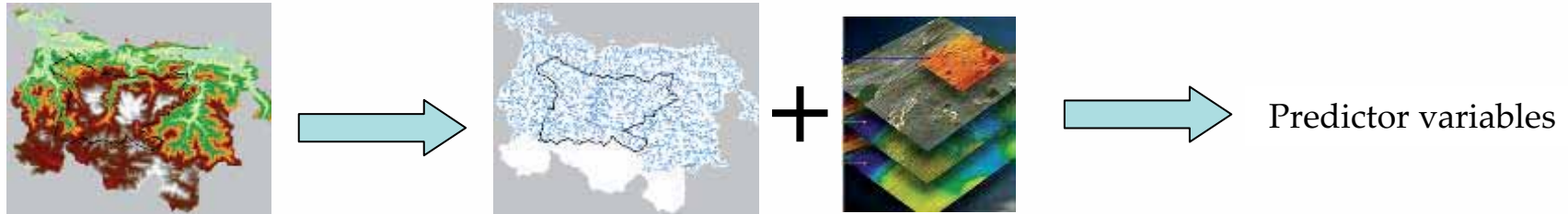


Figura 2. Ilustración de la arqueta de hormigón (50x50x50 cm; A), transmisor de datos via SMS o GPRS (B) y sensor de presión en el cauce (C)

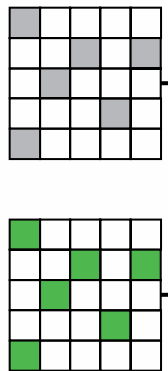


En estas semanas se está procediendo a la instalación de las 6 nuevas estaciones de aforo. 4 de ellas funcionan con sensores de presión y temperatura y 2 de ellas son cámaras de video que utilizan “movimiento de partículas en superficie” para calcular velocidades.

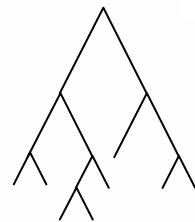
Las 6 estaciones tendrán conexión a tiempo quasi-real con el laboratorio del IH-Cantabria



std(PCA) scores based on hydrology or geomorphology (training data)

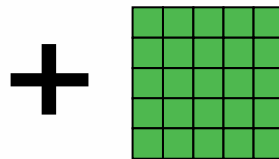


Predictor variables (training domain)

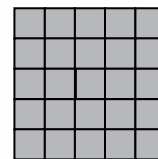


Fitted Model (Random Forest)

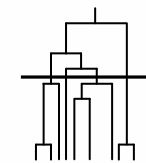
Predictor Variables (Entire river network)



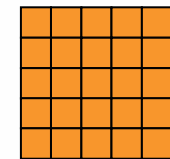
Predicted std(PCA) scores (Entire river network)



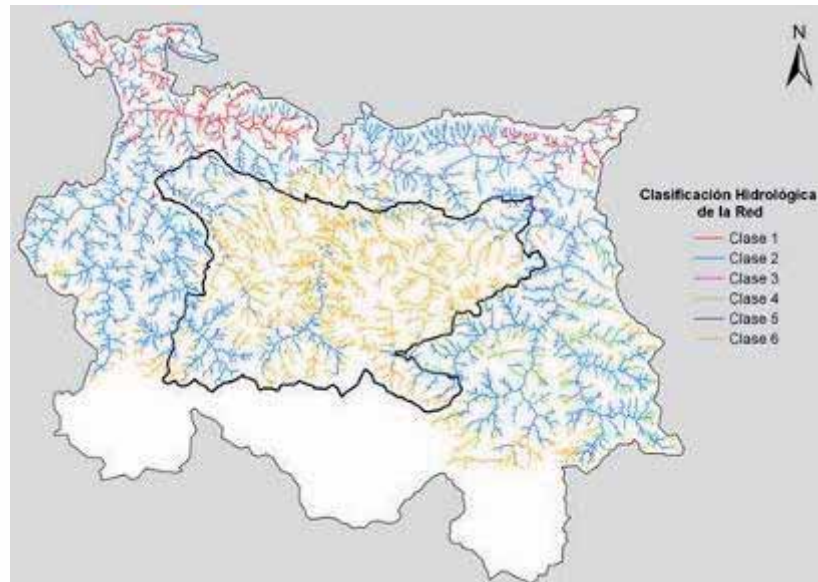
River reach types (Entire river network)

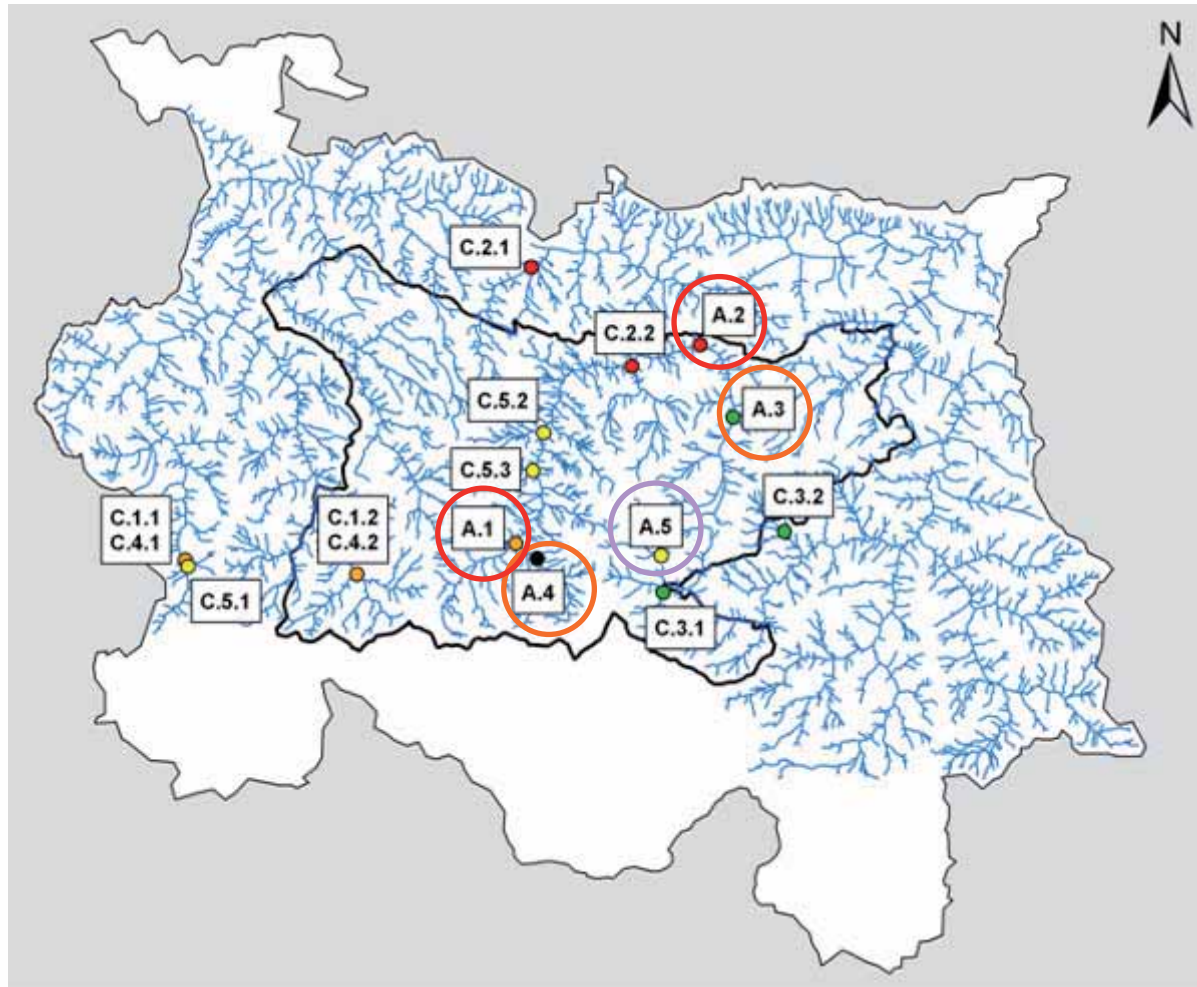


PAM-Clustering



Las clasificaciones realizadas permiten diferenciar los tramos fluviales de acuerdo a su régimen hidrológico y a partir de la estructura hidráulica de los hábitats de los tramos fluviales.





En RECORAM se han seleccionado 2 tramos afectados por escorrentía (A.3 y A.4), 2 tramos afectados por presencia de vertidos orgánicos (A.1 y A.2) y una surgencia (Fuente Dé) afectada por presencia de vertido orgánico (A.5). Cada tramo afectado tiene 2 tramos control, aunque A.1 y A.4 tienen los mismos controles por ser todos similares.

Dependiendo de los objetivos del seguimiento los criterios utilizados para la selección de tramos fluviales control pueden ser diferentes. Es importante que los factores naturales que afectan a las variables de seguimiento sean similares en tramos afectados / control.

Los factores considerados para la selección de tramos control se han seleccionado de acuerdo a su posible influencia en las siguientes variables utilizadas para el seguimiento:

- Producción primaria y respiración del biofilm en cámaras de respiración
- Descomposición de Materia orgánica
- Clorofila *a* y C-epilítico en sustratos artificiales incubados
- Clorofila *a* y C-epilítico en cantos
- Composición y estructura de la comunidad de invertebrados y peces

Tabla 1. Características de los tramos fluviales impactados por vertido puntual y de los tramos control en los que se va a realizar el seguimiento de variables clave para evaluar el grado de afección.

	A. cuenca (km ²)	Orden	Bosque Ribera	Bosque cuenca	Insolación (wat*Agosto./m ²)	Cl Hidrol.	Cl Hábitats	pH	Pendiente
Valdeón	35,3	4	1%	59%	157.818	2	5	8,10	0,26
1.1. Ponga	16,4	4	17%	53%	149.935	2	5	8,08	0,15
1.2 Sella	22,5	4	96%	67%	139.109	2	3	8,05	0,25
Tielve	57,8	4	44%	8%	111.792	6	5	8,10	0,26
1. Casaño	32,0	3	61%	5%	100.465	6	5	8,23	0,27
2 Bulnes	32,5	4	6%	5%	77.094	6	6	8,19	0,46

Tabla 2. Características de los tramos fluviales impactados por escorrentía y de los tramos control en los que se va a realizar el seguimiento de variables clave para evaluar el grado de afección.

	A. cuenca (km ²)	Orden	Bosque Ribera	Bosque cuenca	Insolación (wat*Agosto./m ²)	Cl Hidrol.	Cl Hábitats	Sedimento
rentía Duje	34	4	1%	0%	124.876	6	3	2.646
3.1. Salvorón	10	3	81%	43%	155.597	6	4	261
3.2 Seco	8	3	33%	75%	129.003	6	4	2
rentía Arenal	25,7	4	52%	35%	139.772	2	5	1.908
4.1. Ponga	16,4	4	17%	53%	149.935	2	5	18
4.2 Sella	22,5	4	96%	67%	139.109	2	3	20

VARIABLES UTILIZADAS EN EL SEGUIMIENTO:

- **Producción primaria y respiración del biofilm en cámaras de respiración**



- **Se utilizan 3 cámaras opacas y 3 cámaras transparentes.**
- **Se mide consumo y producción de oxígeno, respectivamente, durante 2 horas.**
- **Se introduce una superficie conocida de bloques del bentos recogidos en 3 runs diferentes.**
- **Cada par es una replica de la producción y respiración del tramo**

Estamos trabajando en la construcción de un prototipo de cámara con el fondo abierto...

Variables utilizadas en el seguimiento:

- Descomposición de Materia orgánica en sustratos artificiales incubados
- Cobertura de algas, Clorofila a y C-epilítico en sustratos artificiales incubados



- Se utilizan sensores HOB0 para medir la intensidad de luz en el bentos y la temperatura del agua cada hora
- Se utilizan fotos con gran angular para estimar coberturas arbóreas en zonas de incubación
- Se incuban en 3 pozas y 3 runs, 4 baldosas de barro y un collar con 5 depresores linguales
- En las baldosas se mide la cobertura de algas mediante imágenes y la concentración de Clorofila a y C-epilítico.
- En los depresores linguales se estima pérdida de materia orgánica (AFDM)

Variables utilizadas en el seguimiento:

- Clorofila *a* y C-epilítico en cantos del bentos
- Concentración de materia orgánica (M.O.) en el bentos
- Composición y estructura de la comunidad de invertebrados y peces



- Se cogen cantos de 3 runs y 3 pozas para su análisis en laboratorio
- Se recoge una muestra de macroinvertebrados bentónicos en 3 runs y 3 pozas. Cada muestra es una muestra compuesta de 3 Surbers (0,09 m²) en cada hábitat. Se estima en ellas la cantidad de M.O. (AFDM)
- Se recogen macroinvertebrados bentónicos en una muestra de 10 kicks en el tramo en hábitats marginales
- Se realiza un muestreo de pesca eléctrica con varias pasadas para medir y pesar peces
- Se instalan redes de 250 µm de malla para estimar la M.O. e invertebrados en deriva durante 1,5 h.

Realización del seguimiento

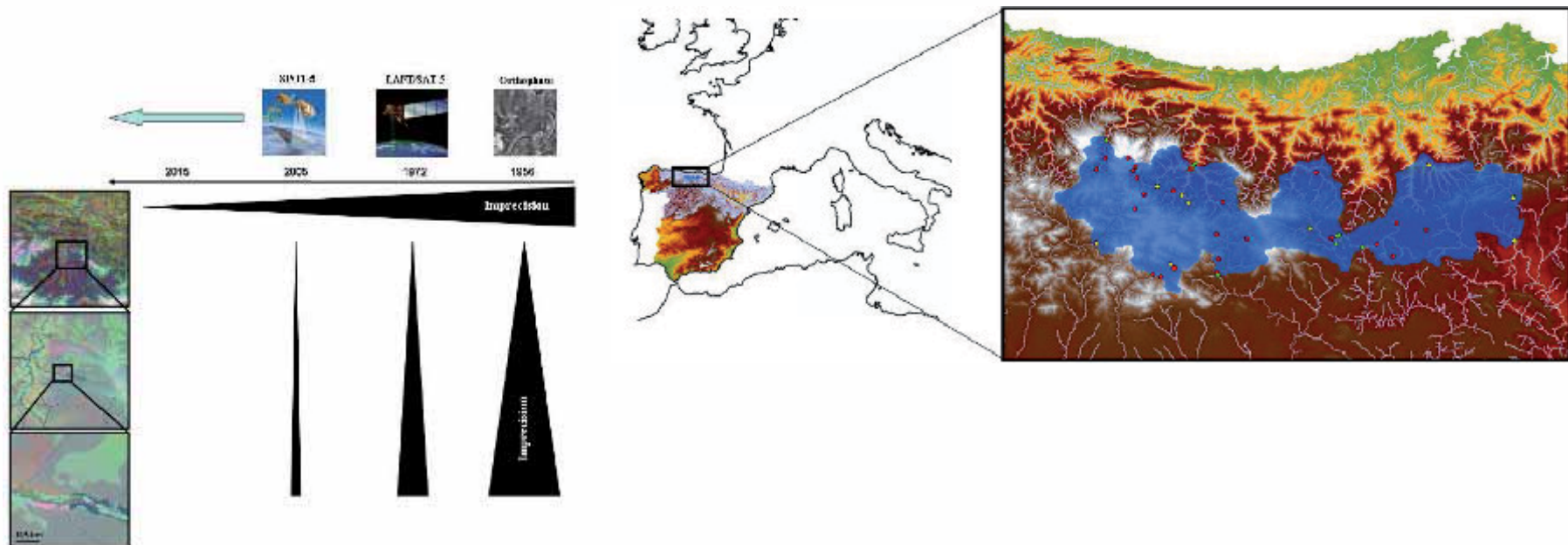
Variables utilizadas en el seguimiento:

- Cambios en la morfología del tramo
- Concentración de LWD en el tramo



Se obtendrá un modelo digital del terreno mediante el uso de un LIDAR terrestre que permitirá derivar las variables arriba mencionadas.

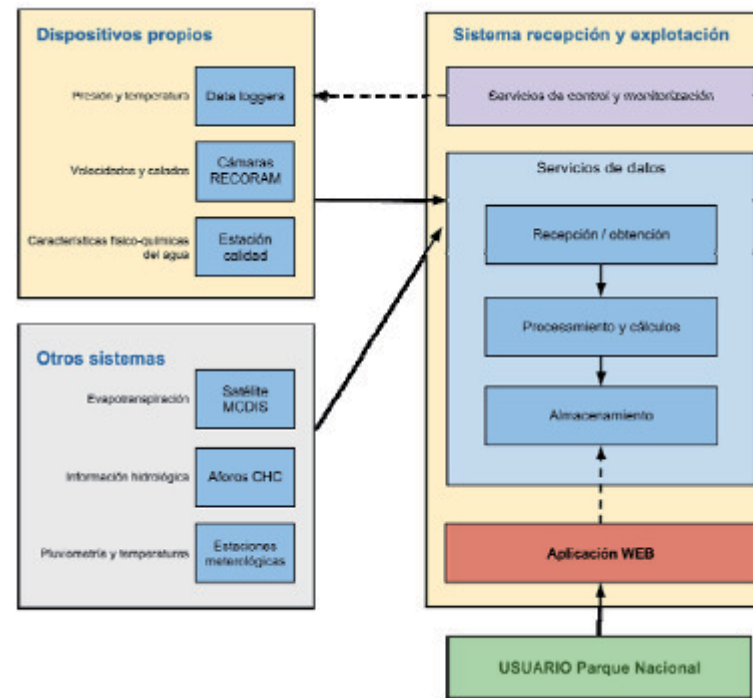
El proyecto RIVERLANDS (Land use legacy effects on river processes: implications for integrated catchment management), analiza el efecto del legado de los usos del suelo en la cordillera cantábrica (incluido el PPNN de Picos de Europa). Este proyecto tiene la intención de crear una ciber-infraestructura de datos que permita realizar el seguimiento de variables hidrológicas, geomorfológicas y de calidad del agua y de las comunidades bióticas fluviales de cara a explicar el efecto de los cambios en los usos del suelo en los ecosistemas fluviales.



La intención del proyecto RIVERLANDS es crear sistemas de monitoreo a largo plazo, ya que los efectos del cambio en los usos del suelo pueden ocurrir a escalas temporales muy grandes.

Propuesta SISECAM (Fundación Biodiversidad..en proceso de revisión)

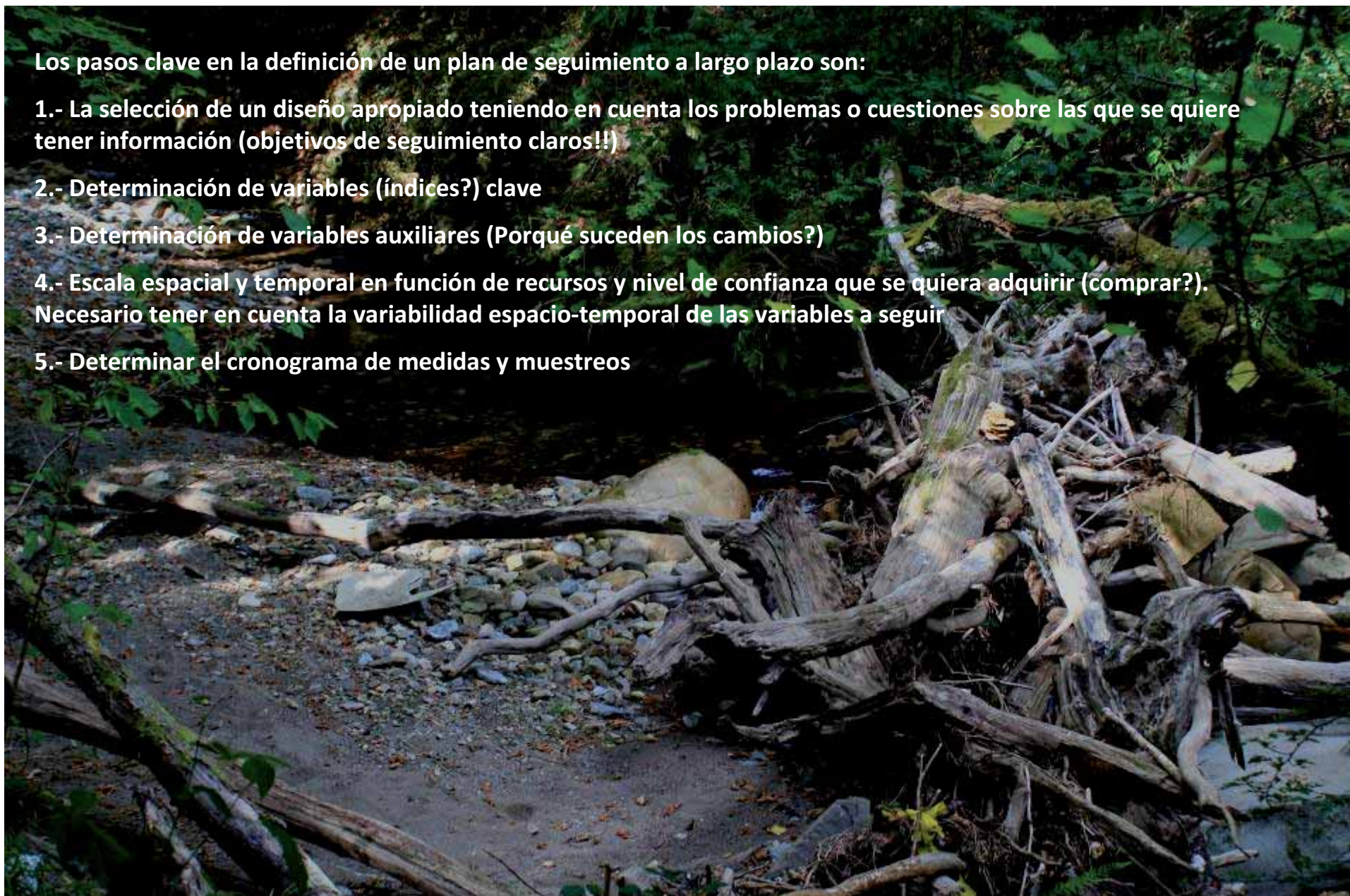
El objetivo principal de proyecto SISECAM (Diseño e implementación de un Sistema de Seguimiento de la Cantidad y Calidad del agua en parques nacionales de Alta Montaña) es la implementación de un sistema de seguimiento semi-automático de la cantidad y calidad del agua en puntos críticos de un parque nacional de alta montaña para la monitorización y evaluación de los efectos del cambio climático y otras actividades antrópicas.



Es básico poder diseñar una aplicación web para realizar la visualización y consulta de todos los datos de evapotranspiración, calidad, cantidad de agua y metabolismo fluvial

Los pasos clave en la definición de un plan de seguimiento a largo plazo son:

- 1.- La selección de un diseño apropiado teniendo en cuenta los problemas o cuestiones sobre las que se quiere tener información (objetivos de seguimiento claros!!)
- 2.- Determinación de variables (índices?) clave
- 3.- Determinación de variables auxiliares (Porqué suceden los cambios?)
- 4.- Escala espacial y temporal en función de recursos y nivel de confianza que se quiera adquirir (comprar?). Necesario tener en cuenta la variabilidad espacio-temporal de las variables a seguir
- 5.- Determinar el cronograma de medidas y muestreos





Además, es necesario ser conscientes de otras cuestiones como:

- La necesidad de que la adquisición de datos biológicos sea paralela y comparable en escala a la adquisición de datos hidrológicos y morfológicos
- La necesidad de un diseño estadístico potente para poder inferir cambios y relaciones causa-efecto
- La necesidad de identificar los procesos más relevantes y la estructura física del ecosistema (i.e. considerar la red fluvial y no “tramos aislados”: Dynamic Network Hypothesis)
- Importancia de LTER para el avance del conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas y para la mejora de su manejo.