

**OBJETIVO E:**  
**Calcular la superficie húmeda de la  
cuenca del Oria**

---

*Estibaliz Díaz (AZTI)*  
*Maria Korta (AZTI)*  
*Eider Andonegi (AZTI)*  
*Aizkorri Aranburu (AZTI)*  
*Javier Franco (AZTI)*  
*Marina Santurtún (AZTI)*  
*Iker Azpiroz (EKOLUR)*  
*Sergio Gaspar (EKOLUR)*  
*Ana Felipe (EKOLUR)*



## E. 1 INTRODUCCIÓN

El Reglamento (CE) No 1100/2007 para la recuperación de la anguila exige la determinación o cálculo del escape prístino de anguila plateada (en ausencia de impactos antropogénicos), a partir del cual se fija el objetivo de conservación del 40 % del escape respecto a dicha situación prístina. Hasta la fecha no se ha elaborado una metodología definitiva para el cálculo de este escape prístino, sin embargo algunos métodos utilizados de forma experimental parten de estimaciones basadas sobre los distintos tipos de hábitats fluviales presentes en cada cuenca y sobre la superficie disponible para cada una de ellas, por lo que resulta indispensable conocer la superficie húmeda disponible para la realización de este tipo de cálculos.

Por otra parte, esta información permite otro tipo de aplicaciones como la determinación de la capacidad de carga del medio para acoger anguilas/angulas destinadas a repoblaciones, la determinación del número necesario para reintroducción y del potencial reproductor actual a nivel de cuenca así como aplicaciones indirectas para otras especies y estudios relacionados. El conocimiento de la superficie húmeda de una cuenca puede dar también una idea sobre el estado de conservación y degradación de la calidad de los hábitats propicios para la anguila.

En el plan de gestión de la anguila en España y para la primera fase de implementación del plan, se incluyó un primer cálculo aproximativo de la superficie húmeda prístina de cada unidad de gestión, incluida la cuenca del Oria. La escala de trabajo para este cálculo varía entre regiones, así como la metodología utilizada, por lo que la precisión de las estimaciones de la superficie húmeda resultantes es también variable. En consecuencia, es conveniente unificar criterios y aplicar una metodología común para la estimación de la superficie húmeda en cada unidad de gestión.

**El principal objetivo de este estudio es el de calcular la superficie húmeda prístina de la cuenca del Oria de forma precisa, desarrollando a la vez una metodología sencilla y de cómoda aplicación en otras cuencas similares, en especial en las cuencas de la vertiente cantábrica.**

## **E.2 MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Recopilación de datos físicos existentes**

El material cartográfico utilizado para el cálculo de la superficie húmeda en los planes de gestión europeos, tanto nacionales como regionales, varía en lo que respecta a su escala de trabajo, desde de E 1:1250 hasta E 1:250000 (ICES, 2010b). Para la primera fase de implementación del plan de gestión en España, se incluyó un primer cálculo aproximativo de la superficie húmeda prístina de cada unidad de gestión, incluida la cuenca del Oria y el resto de las cuencas cantábricas.

Para el caso concreto de la cuenca del Oria, en este trabajo se pretende realizar una estimación precisa de la superficie húmeda a partir de una red hidrográfica de detalle, a escala 1:5000, y perteneciente a la Diputación Foral de Gipuzkoa (DFG), completada a su vez con la red del Gobierno de Navarra (GN), a escala 1:25000. Se ha comparado el resultado obtenido en este cálculo con el utilizado en el plan de gestión de la anguila.

En una segunda fase y con el objetivo de valorar una posible herramienta de cálculo común para todas las cuencas cantábricas, se ha realizado un cálculo de la superficie húmeda de la cuenca del Oria utilizando una base de datos europea de la red de ríos y cuencas ([www.ccm.jrc.ec.europa.eu](http://www.ccm.jrc.ec.europa.eu)), cuya escala de trabajo es E 1:250000, la cual se ha denominado “red CCM” de aquí en adelante.

Se han comparado las estimaciones realizadas mediante ambas redes hidrográficas y se han valorado las posibilidades de aplicación de esta red y de una metodología común para el resto de cuencas.

### **Revisión bibliográfica**

Inicialmente se ha realizado una revisión bibliográfica para analizar los diferentes métodos de cálculo utilizados en los planes de gestión europeos y valorar su aplicación en la cuenca del Oria para el cálculo de su superficie húmeda. Finalmente ha realizado una propuesta de metodología común para la vertiente cantábrica.

## Mediciones de parámetros físicos en campo

Se ha realizado un muestreo aleatorio de datos físicos en la red de drenaje de la cuenca atendiendo a la longitud fluvial relativa estimada para cada orden, por lo que las estaciones de muestreo (66 en total) se reparten en mayor medida a lo largo de los cursos de orden 1 y 2; y en menor medida en cursos de tercer y cuarto orden.

## Cálculo de la superficie húmeda

La estimación de la superficie húmeda de la cuenca del Oria consta de las siguientes etapas:

- El trabajo se basa en la cartografía digital de la red hidrográfica de la cuenca del Oria (DFG y GN - escala 1:5000 y 1:25000, respectivamente). Esta red se mejora y acondiciona para realizar una jerarquización de la red drenaje de la cuenca del Oria (Schumm-Strahler, 1956). La jerarquización de la red hidrológica puede determinarse a través de dos extensiones de ArcView GIS (extensión *Create Strahler or Shreve stream order for braided vector river network*; Duncan Hornby, 2006; <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=14708>;) mediante dos pasos consecutivos. Primero, generar la información de cada nodo (campos Fnode y Tnode) de la capa de la red hidrográfica utilizando la extensión NodeProject.avx. Una vez creada esta información, recurrir a la extensión Strahler.avx para generar el orden de Strahler. Para comprobar que los resultados obtenidos son correctos, es decir, que la asignación de los órdenes de Strahler ha sido la adecuada, se carga la capa de la red hidrológica en el sistema de información geográfica ArcGIS. Los errores detectados se solventan mediante tareas de edición.
- Para el cálculo de la superficie húmeda se tiene en cuenta que en el plan de gestión se fijó el límite altitudinal habitable para la especie en 600 m para la vertiente cantábrica. Por tanto, la red de drenaje utilizada en este estudio se sitúa aguas arriba del límite mareal hasta los 600 msnm.
- Con el objetivo de obtener datos de anchura de cauce húmedo en la cuenca del Oria se cuenta con la base de datos del “*Estudio de la calidad de los ríos de Gipuzkoa*”, creada tras años de seguimiento de la calidad de los ríos de Gipuzkoa y propiedad del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación

del Territorio de la DFG. En la citada base de datos se cuenta con las anchuras de los tramos de muestreo de toda la red, tanto de los puntos muestreados periódicamente como de los lugares muestreados de forma puntual y específica. Se hace una selección de los puntos de muestreo obtenidos a partir de la base de datos, eliminando las estaciones muy cercanas entre sí, las medidas dudosas o aquellas que no corresponden a los valores anotados en estiaje. Desde un comienzo, se realiza una valoración de los datos disponibles y se observa que el mayor déficit de información corresponde a los cursos fluviales de menor orden (ordenes 1 y 2 principalmente).

- Se realiza una valoración del número de estaciones y datos de anchura de cauce húmedo disponibles a partir de la base de datos. Se concluye que existe un déficit de información o datos de anchura en los cursos fluviales de menor orden. Atendiendo a la proporcionalidad de tramos para cada orden y a la relación de kilómetros por estación y orden, se propone un número determinado de estaciones a muestrear en campo para cada orden fluvial con el objetivo de recopilar datos de anchura de cauce húmedo y cubrir las carencias observadas.
- Se realiza un muestreo aleatorio de los datos físicos en la red de drenaje de la cuenca atendiendo a la longitud fluvial relativa estimada para cada orden, por lo que las estaciones de muestreo (66 en total) se reparten en mayor medida a lo largo de cursos de orden 1 y 2; y en menor medida en cursos de tercer y cuarto orden.
- A estas estaciones se suman los datos recopilados en la base de datos de la DFG (50 estaciones), que abarcan principalmente cursos fluviales de orden 2, 3 y 4.
- Para los cauces de orden 5 y 6 (anchura >15-20 m) se recopilan datos físicos (anchura de cauce húmedo) mediante ortofoto-GIS. En Irlanda utilizan modelos predictivos que subestiman los datos de anchura a partir de una anchura de 20-25 m (McGinnity *et al.*, 2011). Por esta razón, en los tramos de orden 5 y 6 (76 estaciones), que suponen en torno al 50% de la superficie total, se ha optado por tomar anchuras a cada kilómetro de río a partir de la ortofoto del Gobierno Vasco del 2009 (excepto en la regata Albiztur, eje de orden 5 también, donde el dosel arbóreo y el estrecho cauce

no permiten la realización de esta técnica, por lo que se ha optado por conservar el dato de la estación de la DFG). Con el objetivo de valorar la exactitud de las estas mediciones se cotejan con los datos tomados in situ en estaciones de muestreo de la base de datos de la DFG coincidentes. Asimismo, se han comparado las estimaciones de superficie húmeda realizadas a partir de polígonos dibujados en detalle sobre ortofoto (ArcGIS) y estimaciones realizadas a partir de la medición de distinto número de anchuras para el mismo tramo de prueba. Se ha concluido que en aquellas zonas donde la ortofoto permite ver bien la orilla del cauce, la estimación basada en la medición de anchuras a cada kilómetro aporta un dato de suficiente precisión y similar a la obtenida mediante polígonos de detalle. Por otra parte, en tramos con una cubierta vegetal significativa resulta difícil dibujar polígonos con precisión.

- A partir de la jerarquización de la red de drenaje llevada a cabo, se ha calculado la longitud total de la red y la fracción correspondiente a cada orden, así como el número total de tramos y los correspondientes a cada orden.
- A partir de los datos de anchura con origen en las distintas fuentes mencionadas (base de datos, muestreos *in situ*, ortofoto-GIS) se ha obtenido una anchura media de cauce para cada orden fluvial.
- A partir de las anchuras medias y de la longitud fluvial estimada para cada orden, se calcula la superficie húmeda para cada orden y para el total de la red de drenaje.

Posteriormente, para el cálculo de la superficie húmeda mediante la red CMM, se ha utilizado la misma metodología. Finalmente, se ha realizado una valoración de la posible aplicación de esta metodología para un cálculo común de las cuencas incluidas en el plan de gestión.

## E.3 RESULTADOS

### Revisión bibliográfica

Este apartado se ha realizado a partir de la información recogida en el informe ICES WGEEL (2010b). Según se cita en este informe, los métodos

utilizados actualmente por los Países Miembros para la cuantificación de la superficie húmeda varían mucho entre sí.

Existe una gran variación en la metodología utilizada por los Países Miembros. De un total de 18 países, 12 incluyen cuerpos de agua de transición, 12 incluyen también aguas costeras (en diferentes grados) y casi todos incluyen lagos y grandes ríos. Once países también incluyen pequeños arroyos. En Irlanda, se incluyen pequeños lagos en línea, pero no en Dinamarca. La variación en las estimaciones de superficie húmeda es consecuencia de varios factores:

- La disponibilidad de recursos cartográficos o técnicos como mapas, programas GIS, fotografías aéreas, etc.
- El grado de conocimiento en torno a la distribución de la especie y las áreas de mayor producción: por ejemplo, algunos países no incluyen el hábitat fluvial, ya que no se considera importante para la producción de anguila. Del mismo modo, muchos países no incluyen cuerpos de agua costeros en la estimación de la producción, ya sea porque se considera que las anguilas no se producen allí, o porque no hay suficientes datos para cuantificar la producción de la población de anguila que vive en la costa.

En los planes de recuperación de la anguila, se han utilizado mapas nacionales o regionales, en lugar de datos a escala europea. Los rangos de escala utilizados en el cálculo de superficie húmeda son muy dispares, ya que en el caso de Escocia se trabaja a escala de gran detalle (E 1:1250), mientras que en Italia se trabaja a escala 1:250000. Esta diferencia de escalas utilizadas en el cálculo del hábitat de la anguila puede tener un gran impacto en el resultado obtenido para la medida del área de producción de la especie.

La escala de trabajo utilizada, es muy importante para obtener datos más precisos a cerca de la superficie húmeda real de una cuenca. Cuando se dispone de cartografía de alta resolución, la longitud y la anchura de los ríos se usan para estimar la superficie húmeda y el hábitat de la anguila. A menor resolución, a veces los ríos se representan como líneas o vectores, en cuyo caso la anchura del cauce se determina mediante ortofoto, modelos predictivos o trabajo de campo.

En el caso de Irlanda, se usa un modelo basado en el índice de Shreve (Shreve, 1974) y la superficie de cuenca aguas arriba del punto seleccionado para



estimar la anchura del cauce y poder obtener la superficie de todos los segmentos del río. Para el cálculo de la superficie húmeda utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Log}_{10} (\text{Wet width}+1) = 0.22734+0.20045 (\text{log}_{10} \text{ catchment area}) + 0.25939 (\text{log}_{10} \text{ Shreve index}),$$

donde “*Wet width+1*” indica XXXX y “*catchment area*” es el área de cuenca y “*Shreve index*” es el índice de Shreve.

Aunque este modelo subestima la anchura media del cauce en las zonas más anchas del río, se usa para la mayoría de los tramos de río de Irlanda (McGinnity *et al.*, 2011).

En Escocia, por debajo de una anchura media del cauce<sup>1</sup>, la red hidrográfica se representa como líneas unidimensionales sin proporcionar datos sobre la anchura de los cauces. A escala 1:10000 ocurre en cauces menores de 5 m de ancho, mientras que a E 1:1250 sucede en cauces menores de 1 m de ancho. Para proporcionar una medida razonable de la verdadera extensión de superficie de agua representada por este tipo de líneas, asignaron un metro de ancho a todos los cauces de anchura desconocida.

Del mismo modo, en Italia, se estima una anchura media de cauce de 5 m para obtener la superficie húmeda de la cuenca en relación a la longitud total de río. Varios países como Dinamarca y Noruega utilizan los datos obtenidos durante el trabajo de campo para estimar la anchura del río.

La evaluación del área húmeda por encima de las estructuras transversales al río (azudes y presas) presentes en el cauce es crucial a la hora de cuantificar el hábitat de la anguila. Se han considerado dos clases de obstáculos, los naturales infranqueables por encima de los cuales la superficie húmeda nunca estuvo disponible para la producción original de la anguila, y los obstáculos construidos por el hombre, estructuras que han reducido la superficie de hábitat en comparación con la situación original, pero que deben tenerse en cuenta en el cálculo de la producción actual. Hay países donde los obstáculos no son considerados un problema para la migración de la anguila (Reino Unido y Dinamarca), mientras que otros consideran que reduce de manera significativa la superficie disponible para la producción actual (Suecia, Noruega, España, y

---

<sup>1</sup> Definido como el ancho normal del flujo en invierno.

Portugal). Si las estimaciones de la superficie húmeda se basan en datos de los mapas recogidos después de la construcción de las presas, la estimación del hábitat original puede estar sobrestimada, ya que muchos ríos, una vez represados, forman lagos con áreas de superficie relativamente grandes.

Aunque esta superficie extra puede ser insignificante en la mayoría de los casos, algunos países han restado la superficie de los embalses de las estimaciones del hábitat de la especie. Mientras que las presas y otros obstáculos han reducido considerablemente el hábitat de la anguila, existen casos donde este tipo de estructuras ha supuesto un incremento del hábitat disponible para la especie. Por ejemplo, el cese de la minería del carbón en la cuenca del Elba ha hecho que los lagos que se forman a cielo abierto, se hayan convertido en lugar idóneo para la anguila (K. Wysujack, com. pers. a WGEEL). Aunque los embalses pueden ser también un hábitat idóneo para la producción de anguila, cabe señalar que a menos que estas nuevas áreas dispongan de dispositivos de franqueo, tanto ascendentes como descendentes, representan una barrera infranqueable en la migración y colonización de la especie. Por ello, puede que no sea apropiado incluir estas áreas en el hábitat de la anguila.

Algunos países como Escocia, Portugal y España consideran que las zonas por encima de grandes presas u obstáculos infranqueables no son parte del hábitat disponible para la especie, por lo que no se consideran en el cálculo de la producción de anguila, pero sí se incluyen en el cálculo de hábitat prístino. Algunos países como Polonia, Suecia, Francia, Irlanda, Norte de Irlanda y Alemania lo incluyen en el cálculo de la superficie húmeda, aplicando un factor relacionado con la mortalidad por turbinas sobre la producción de anguila correspondiente a la superficie húmeda por encima del obstáculo.

Se aprecian bastantes diferencias en los métodos utilizados por cada país a la hora de calcular la distribución del hábitat de la anguila, aunque la mayoría de los países han optado por utilizar los mapas para estimar la superficie húmeda. Sin embargo, la variación en la escala de los mapas y los métodos utilizados para medir la anchura, crea inconsistencias en estas estimas. Resulta complicado establecer una metodología estándar para toda Europa, por las diferencias de disponibilidad de la cartografía, así como por las diferencias de condiciones hidromorfológicas y climáticas entre las regiones.

En el presente estudio se ha optado por la utilización de cartografía regional detallada (DFG y GN - E 1:5000 y E 1:25000, respectivamente) con el objetivo de realizar una estimación precisa de la superficie húmeda y compararla a posteriori con la estimación realizada mediante la red CCM2 europea (E 1:250000), que puede ser útil para realizar una estimación común de un grupo de cuencas o unidades de gestión dentro de un mismo ámbito.

### **Área que se debe considerar**

Para calcular el hábitat prístino se debe tener en cuenta la distribución natural de la especie. Esta viene delimitada por dos factores: altura y pendiente. La anguila puede llegar a colonizar los ríos hasta los 1000 m de altura; sin embargo, en la mayoría de los casos esto no sucedería (aun cuando no existieran obstáculos artificiales) debido a los factores siguientes:

- **Presencia de obstáculos naturales:** la anguila coloniza la cuenca hasta encontrarse con el primer obstáculo natural infranqueable.
- **Pendiente:** la pendiente de los cursos fluviales es un factor limitante para la colonización de la anguila: a mayor pendiente, menor es la altura que puede colonizar la anguila.

En el caso de las cuencas que vierten al cantábrico, en los planes de gestión de la anguila se estableció como límite natural de accesibilidad los 600 m de altitud, menor que los 1.000 m de accesibilidad de referencia en Europa debido a la moderada pendiente de dichas cuencas.

### **Base de datos europea de la red de ríos y cuencas (CCM2)**

El conjunto de redes de drenaje y cuencas de drenaje asociadas forman complejas entidades funcionales no sólo por los procesos hidrológicos, sino también por los procesos del medio ambiente en general. Para el estudio de los procesos y relaciones causa-efecto a nivel regional a escala europea, es completamente necesario disponer de datos digitales de la red de ríos, cuencas hidrográficas y sus características. El centro de investigación *Joint Research Centre* (JRC) de la Comisión Europea respondió a esta necesidad mediante el desarrollo de una base de datos europea de la red de ríos y cuencas (CCM). La versión actual de este sistema (2.1 de julio de 2008 o CCM2) es una actualización de la versión 2.0 que

incluye la corrección de errores observados y una funcionalidad adicional (<http://ccm.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=23>).

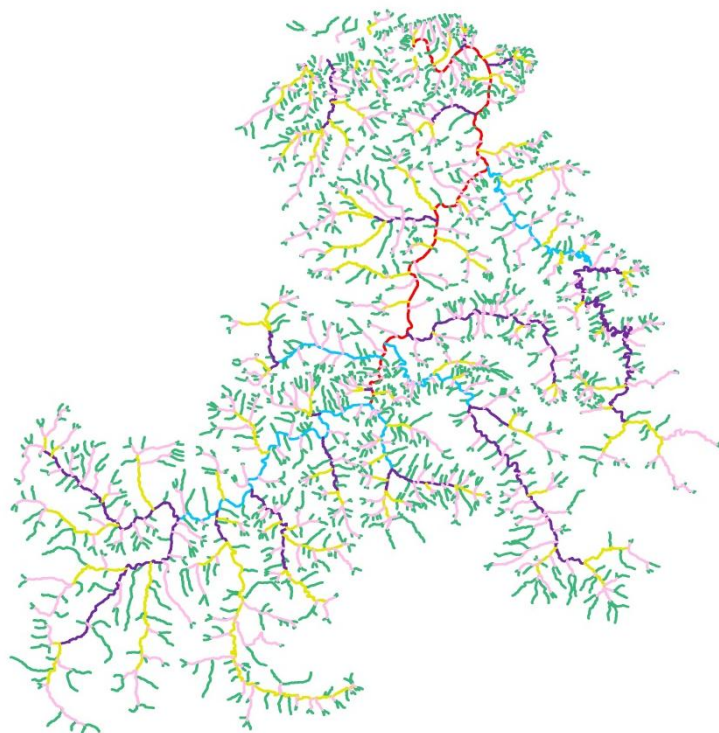
La base de datos CCM2 cubre todo el continente europeo, incluyendo las islas del Atlántico, Islandia y Turquía. Incluye un conjunto jerárquico de segmentos de los ríos y las cuencas basado en el orden de Strahler, una capa de lagos y una codificación hidrológica estructural basada en el sistema “Pfafstetter”.REF.

### **Jerarquización de la red drenaje de la cuenca del Oria (Schumm-Strahler 1956)**

Para realizar una jerarquización de la red drenaje de la cuenca del Oria (Schumm-Strahler, 1956), se ha acondicionado y mejorado la cartografía digital de la red hidrográfica de la cuenca del Oria (Diputación Foral de Gipuzkoa 2007, E 1:5000) obteniendo los siguientes resultados (Tabla E.1, Fig. E.1):

**Tabla E.1.** Jerarquización de la red de drenaje de la cuenca del Oria (Schumm, Strahler 1956), red DFG 2007.

<b>Orden Strahler</b>	<b>Longitud (Km)</b>	<b>% longitud</b>
1	725,0	49,6
2	373,7	25,6
3	175,4	12,0
4	109,2	7,4
5	48,8	3,3
6	29,9	2,1
TOTAL	1461,9 Km	



**Figura E.1.** Jerarquización de la red de drenaje de la cuenca del Oria (Schumm, Strahler 1956); Red DFG 2007. Elaboración: Ekolur S.L.L.

La longitud total estimada es de 1.462 km, de los cuales casi el 50 % corresponde a cauces de orden 1 y el 26 % a los de orden 2; lo que supone el 75 % de la longitud total estimada para la cuenca.

### **Recopilación de datos físicos: anchura de cauce húmedo**

A partir de las distintas fuentes de información (base de datos DFG, muestreos de campo y mediciones mediante ortofoto-GIS) se ha obtenido un total de 192 estaciones o datos de anchura de cauce húmedo, de los cuales 66 (34 %) corresponden a mediciones realizadas *in situ* durante este estudio, 50 (26 %) tienen origen en la base de datos de la DFG y 76 (40%) corresponden a mediciones realizadas mediante ortofoto-GIS en cursos de orden 5 y 6 (Tabla E.2).

Para el total de la red de drenaje se cuenta con una estación o dato de anchura de cauce húmedo por cada 7,6 km de longitud fluvial. En el caso de órdenes superiores esta relación es menor, mientras que en las de orden inferior es mayor. Asimismo se obtiene un valor de anchura media (m) para cada orden fluvial (Tabla E.2).

**Tabla E.2.** Número, frecuencia y origen de las estaciones utilizadas para el cálculo de la superficie húmeda a partir de cartografía E 1:5000 y anchura media estimada para cada orden fluvial.

Orden Strahler	Nº estaciones aleatorias muestreadas	Nº estaciones DFG	Nº estaciones ortofoto-GIS	Total estaciones	km/ estación	Anchura media (m)
1	35			35	21	0,26
2	17	7		24	16	1,26
3	9	20		29	6	3,17
4	5	22		27	4	6,11
5	0	1	45	46	1	16,78
6	0		31	31	1	36,33
TOTAL	66	50	76	192	7	

## Cálculo de la superficie húmeda

### Red Hidrográfica DFG, 2007.

A partir de la anchura media y de la longitud fluvial estimada para cada orden, se ha calculado la superficie húmeda para dicho orden y para el total de la red de drenaje sumando todos los órdenes (Tabla E.3). La superficie húmeda total estimada es de 378,3 ha. Mientras que los cursos de orden 1 suponen casi el 50 % de la longitud total, representan menos del 5 % de la superficie húmeda. En cambio, los órdenes 5 y 6 que corresponden al curso principal y curso bajo de los principales afluentes, suponen el 5 % de la longitud total y el 50 % de la superficie húmeda respectivamente.

**Tabla E.3.** Superficie húmeda de la cuenca del Oria, red DFG 2007.

Orden Strahler	Longitud (Km)	Anchura media (m)	Superficie húmeda (ha)	%
1	725	0,26	18,5	4,9
2	374	1,26	47,0	12,4
3	175	3,17	55,5	14,7
4	109	6,11	66,7	17,6
5	49	16,78	81,9	21,6
6	30	36,33	108,7	28,7
TOTAL	1.462		378,3	

En el trabajo de campo realizado para la medición de las anchuras de cauce húmedo se ha observado que la mayoría de los cauces de orden 1 no son permanentes, por lo que se han excluido del cálculo de la superficie húmeda. Su exclusión no implica un cambio significativo en el cálculo de la superficie húmeda,

ya que suponen tan sólo el 5 % del total estimado, y sin embargo agiliza el proceso de cálculo. En consecuencia, si se excluyen los cauces fluviales de orden 1, la superficie húmeda total es la que se indica en la Tabla E.4:

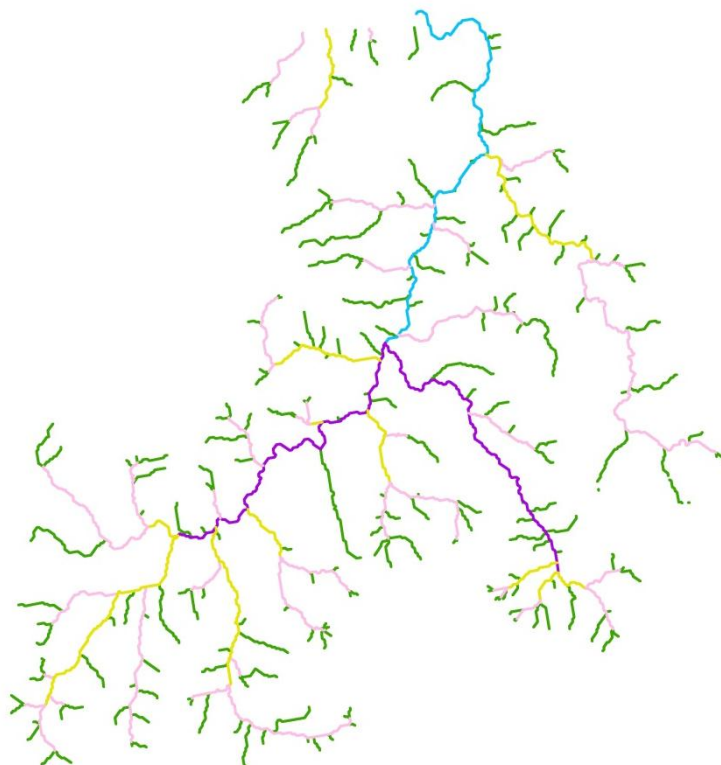
**Tabla E.4.** Superficie húmeda de la cuenca del Oria excluido cursos orden 1, red DFG 2007.

Orden Strahler	Longitud (km)	Anchura media (m)	Superficie húmeda (ha)	%
1	-	-	-	-
2	374	1,26	47,0	13,1
3	175	3,17	55,5	15,4
4	109	6,11	66,7	18,5
5	49	16,78	81,9	22,8
6	30	36,33	108,7	30,2
TOTAL	737		359,8	

En el caso del Oria, el cálculo realizado para los planes de gestión de la especie es similar al estimado en el presente estudio, donde se calculó una superficie húmeda prístina de 339,3 ha. Este último valor es un 5,7 % inferior al realizado en el presente estudio, que excluye los cursos de orden 1.

### **Red Hidrográfica CCM2, 2008.**

Al igual que para la cartografía E 1:5000, en este caso se ha realizado también la jerarquización de la red de drenaje de la cuenca del Oria (Fig. E.2). Se ha obtenido un total de 5 órdenes fluviales y una longitud fluvial de 489 km (Tabla E.5). La longitud fluvial es un 66 % inferior al de la red DFG 2007 (E 1:5000). Esta red no incluye una fracción importante de cursos fluviales, principalmente de orden 1 y 2, así como las estaciones o datos de anchura de cauce húmedo correspondientes a estos tramos. Por otra parte, las estaciones que se conservan cambian de orden y hay que ajustarlas a la nueva red.



**Figura E.2.** Jerarquización de la red de drenaje de la cuenca del Oria (Schumm-Strahler 1956), Red CCM2 2008. Elaboración: Ekolur S.L.L.

**Tabla E.5.** Jerarquización de la red de drenaje de la cuenca del Oria (Schumm-Strahler 1956), red CCM2 2008.

Orden Strahler	Longitud (Km)	% longitud
1	232,3	47,5
2	136,0	27,8
3	58,3	11,9
4	37,3	7,6
5	24,7	5,1
TOTAL	489 Km	

La longitud total estimada es de 489 km, de los cuales el 48 % corresponden a cauces de orden 1 y el 28 % a los de orden 2; lo que supone el 75 % de la longitud total.

Las estaciones de muestreo coincidentes con esta nueva red corresponden a un total de 139 frente a las 192 iniciales; lo que equivale a una estación o dato por cada 3,5 km de longitud fluvial frente a una estación cada 7,6 km en el caso de la



red DFG 2007 (E 1:5000). En el caso de órdenes superiores esta relación es menor y mientras que en los de orden inferior es mayor (Tabla E.6).

**Tabla E.6.** Número, frecuencia y origen de las estaciones utilizadas para el cálculo de la superficie húmeda a partir de cartografía E 1:5000 y anchura media estimada para cada orden fluvial.

Orden Strahler	Estaciones aleatorias/orden	N estaciones CMM2	N estaciones ORTO-GIS	TOTAL	km/estacion	Anchura media (m)
1	9	7		16	15	1,7
2	5	29		34	4	4,4
3	2	7	20	29	2	13,1
4	0	3	30	33	1	16,8
5	0	0	27	27	1	38,6
TOTAL	16	46	77	139	4	

A partir de las anchuras medias asignadas a cada orden y con la longitud fluvial estimada para cada uno de ellos, se ha calculado la superficie húmeda para cada orden y para el total de la red de drenaje (Tabla E.7).

La superficie húmeda total estimada es de 333,9 ha. El 48 % de la longitud total corresponde a cursos fluviales de orden 1 mientras que la diferencia entre las estimaciones de superficie húmeda realizadas para cada orden es notablemente inferior en comparación con la red E 1:5000.

**Tabla E.7.** Superficie húmeda de la cuenca del Oria, red CCM2 2008.

Orden Strahler	Longitud (Km)	Anchura media (m)	Superficie húmeda (ha)	%
1	232	1,67	38,8	11,6
2	136	4,44	60,5	18,1
3	58	13,07	76,2	22,8
4	37	16,85	62,8	18,8
5	25	38,64	95,5	28,6
TOTAL	489		333,9	

La estimación de la superficie húmeda realizada con la red CCM es similar a la estimación realizada inicialmente para el Oria (E 1:5000, DFG 2007), es tan sólo un 7,2 % inferior a ésta. El cálculo de la superficie húmeda del Oria realizado para los planes de gestión es de 339,3 ha; un 5,7 % inferior al cálculo más preciso realizado en este estudio (red DFG) y un 1,7 % superior al realizado mediante la red CCM.

## Problemas metodológicos

### CCM2 (Catchment Characterisation y Modelling)

El trazado de la red fluvial se realiza a partir de un modelo de elevación digital del terreno que trabaja con una resolución de 100 metros de celda, derivándose éste de las curvas de nivel existentes. Este tamaño de celda tiene sus limitaciones en cuanto a la precisión geométrica, más aun para cauces de pequeña entidad. El trazado de la red fluvial de este modelo no se ajusta con precisión al trazado real, sobre todo en áreas de llanura debido a que aumenta la distancia entre curvas de nivel (Fig. E.3). Por otra parte, las masas artificiales como canales no están representadas en el modelo. Esto puede ser una limitación importante para algunas regiones de Europa, como Holanda. El modelo tampoco representa las bifurcaciones que pudieran darse en los deltas de los grandes ríos como el Ebro, ni los flujos de aguas subterráneas de las áreas kársticas.



**Figura E.3** Fuente: Datos obtenidos de CCM2 para la zona de estudio (Window2003). Web: <http://ccm.jrc.ec.europa.eu/php/index.php?action=view&id=24>. Elaboración: EKOLUR S.L.L.

En la imagen (Fig. E.3) se observa la localidad de Andoain (Territorio Histórico de Gipuzkoa), tramo medio del río Oria, donde el cauce principal presenta una anchura media próxima a 40 m, así como la confluencia con el río Leitzarain, uno de sus principales afluentes por la margen derecha. Según se aprecia en la

imagen, las líneas no se ajustan bien al cauce del río, siendo preferible el uso de una capa realizada a mayor escala de detalle.

### Topología

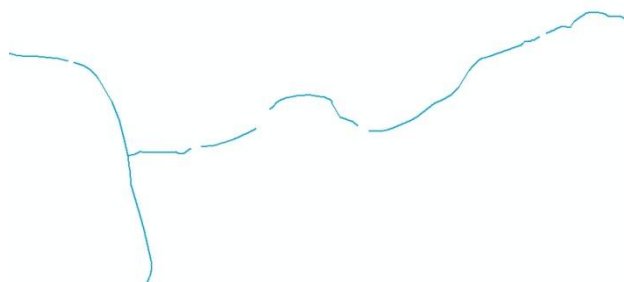
Para jerarquizar la red hidrográfica según el orden de Strahler, es necesario que la red esté libre de errores topológicos, es decir, asegurarse de que los elementos de la red formen una estructura bien definida. Una correcta estructura de la capa en formato shp significa que las líneas:

- Se constituyen de un único segmento, sin cortes y sin discontinuidades,
- No se crucen ni interpongan entre sí, y,
- Estén conectadas por uno de los extremos a otra línea (a no ser que sea un cauce sin afluentes).

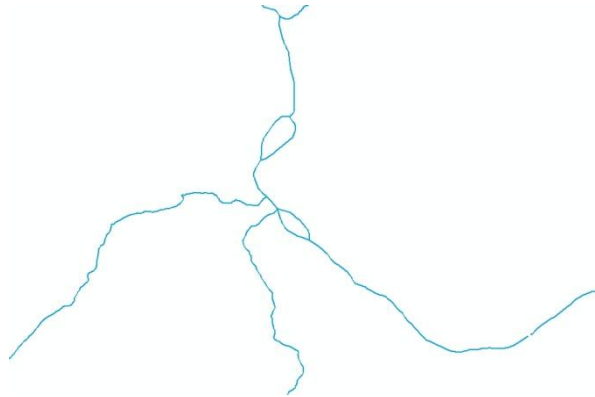
Se ha comprobado que la red hidrográfica obtenida del CCM2 cumple los requisitos necesarios sin necesidad de realizar correcciones, no siendo así para la red obtenida de la cartografía de la Diputación Foral de Gipuzkoa.

Los principales errores topológicos localizados en la red de la Diputación consisten en:

- Tramos de ríos que no conectan entre sí (Fig. E.4),
- Bifurcaciones de los cauces (Fig. E.5), y,
- Secuencia incorrecta de nodos: el sentido correcto que debe llevar la secuencia de nodos es aguas abajo. El nodo final de la línea se encuentra marcado en rojo (Fig. E.6).



**Figura E.4.** Ejemplo de fallo topológico.



**Figura E.5.** Ejemplo de fallo topológico.



**Figura E.6.** Ejemplo de fallo topológico.

Por lo tanto, antes de asignar los órdenes, es imprescindible solucionar este tipo de errores. Se ha editado la capa de la red en ArcGIS, eliminando las líneas innecesarias, uniendo otras que se encuentren separadas y dándoles el sentido correcto (aguas abajo).

Una vez comprobado que la red cuenta con la estructura apropiada se ha procedido a utilizar las extensiones para la clasificación en órdenes de Strahler.

## E.4 CONCLUSIONES

Las diferencias en la superficie húmeda de la cuenca del Oria estimada a partir de cartografía regional (E 1:5000) y a partir de la red europea CCM2 son bajas, un 7,2 % inferior para la última (333,9 ha y 359,8 ha respectivamente).

Para el cálculo de la superficie húmeda prístina en las cuencas cantábricas con una precisión similar y una metodología común, la base de datos (*geodatabase*) que ofrece la CCM2 puede ser una herramienta útil y eficaz. Por otra parte y en

comparación con la variabilidad de la cartografía regional, la casi ausencia de fallos topológicos en la red, hacen de ésta una estructura compacta y definida, por lo que se ha considerado más adecuada para este tipo de cálculos y estudios en redes hidrológicas de gran tamaño.

En cuanto al esfuerzo y metodología para aplicar sobre el conjunto de cuencas cantábricas, hay que tener en cuenta la aportación de cada orden fluvial a la superficie total estimada. En una cuenca pequeña como la del Oria (882 km<sup>2</sup>), los cursos fluviales de menor orden suponen gran parte de la longitud total de cuenca, mientras que aportan poco a la superficie húmeda total. En el caso del Oria los órdenes 5 y 6 suponen el 53 % de la superficie húmeda. Si se tiene en cuenta que las estimaciones de anchura de cauce húmedo realizadas a partir de modelos predictivos no son precisas a partir de 15-20 m de anchura (McGinnity *et al.*, 2005), es decir, para cursos de orden 5 y superiores en nuestro caso, se ha considerado necesario calcular la superficie correspondiente a estos órdenes fluviales mediante la combinación de las herramientas de información geográfica con las ortofotos. Para los cursos de orden y anchura inferior (orden 2, 3 y 4) existen dos posibilidades:

- Recopilar el máximo de datos de anchura recogidos en el ámbito de distintos trabajos realizados en la cuenca, valorar su representatividad en relación con la longitud de cada orden fluvial y cubrir las posibles carencias mediante mediciones en campo si fuera necesario.
- Desarrollar una herramienta o método predictivo similar al modelo irlandés para los cursos fluviales de anchura inferior a 15-20 m o de orden 4 e inferiores habitualmente en el caso de la vertiente cantábrica.

