

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR**

**ESTABLECIMIENTO DE LAS  
CONDICIONES DE REFERENCIA DE  
PECES EN LOS RÍOS DE NAVARRA**



**Octubre, 2006**

**IBERINSA-INFRAESTRUCTURAS Y ECOLOGÍA  
GOBIERNO DE NAVARRA  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR**

**ESTABLECIMIENTO DE LAS  
CONDICIONES DE REFERENCIA EN  
LOS RÍOS DE NAVARRA**

**Diego García de Jalón  
Carlos Alonso  
Miguel Marchamalo**

*E.T.S. de Ingenieros de Montes, Laboratorio de Hidrobiología  
Universidad Politécnica de Madrid*

**Octubre, 2006**

# IBERINSA-INFRAESTRUCTURAS Y ECOLOGÍA GOBIERNO DE NAVARRA

## ÍNDICE

### ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Recopilación de la Información existente.	
1.2. Planteamiento Metodológico General	
<b>2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA CON BASE ESPACIAL (REFCOND A).....</b>	<b>25</b>
2.1. Metodología: revisión de las estaciones de referencia con base espacial de referencia.	
2.2. Resultados	
<b>3. CONDICIONES DE REFERENCIA BASADAS EN MODELOS PREDICTIVOS (REFCOND B) .....</b>	<b>34</b>
3.1. Metodología	
3.2. Resultados	
<b>4. CONDICIONES DE REFERENCIA BASADAS EN INFORMACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS Y PALEORRECONSTRUCCIÓN. (REFCOND C) .....</b>	<b>80</b>
4.1. Metodología	
4.2. Resultados	
<b>5. CONDICIONES DE REFERENCIA USANDO EL CRITERIO DE EXPERTOS. (REFCOND D) .....</b>	<b>89</b>
5.1. Metodología	
5.2. Resultados	
<b>6. SINTESIS DE CONDICIONES DE REFERENCIA .....</b>	<b>97</b>
6.1. Metodología	
6.2. Resultados	

<b>7. ESTABLECIMIENTO DE LAS FRONTERAS ENTRE CLASES DE ESTADO ECOLÓGICO .....</b>	<b>103</b>
7.1. Metodología. Índices de Similitud. Establecimiento de fronteras entre clases de calidad ecológica.	
7.2. Resultados	
<b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>112</b>

## **ANEXOS**

Anexo P1.- Código de las estaciones de peces

Anexo P2.- Datos de composición taxonómica de peces

Anexo P3.- Datos de abundancias de peces

Anexo P4.- Citas del Diccionario Madoz de peces en ríos

Anexo P5.- Citas del Diccionario Madoz de peces en términos municipales

Anexo P6.- Tabla de Datos de Citas del Diccionario Madoz



## **1. INTRODUCCIÓN: ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA**

La DMA fija en su artículo 1.2 el establecimiento de condiciones de Referencia específicas del tipo para los diferentes tipos de masas de agua superficial (ríos, lagos, aguas de transición y costeras). En nuestro caso para los ríos, la DMA marca que condiciones Biológicas, hidromorfológicas y fisico-químicas específicas del tipo corresponderán a los valores de los indicadores biológicos, fisico-químicos e hidromorfológicos en muy buen estado ecológico (como se indica en el punto 1.2.1. del Anexo V de la DMA).

En dicho anexo V se establece que el río está en **muy buen estado** cuando no existen alteraciones antropogénicas, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas de los valores de sus indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas y los valores de sus indicadores de calidad biológicos reflejan los valores normalmente asociados con dicho tipo en condiciones inalteradas, y no muestran indicios de distorsión, o muestran indicios de escasa importancia. Es decir, el río está en condiciones naturales o con una leve afección humana que resulta prácticamente indetectable

Concretando para los diferentes indicadores biológicos, la Directiva establece el muy buen estado para los peces:

La composición y abundancia de especies de fauna ictiológica corresponden totalmente o casi totalmente a las condiciones inalteradas. En las comunidades de peces fluviales están presentes todas las especies sensibles a las perturbaciones específicas del tipo. Las estructuras de edad de las comunidades ictiológicas muestran pocos signos de perturbaciones antropogénicas y no son indicativas de que una especie concreta no logre reproducirse o desarrollarse.

En este trabajo versa sobre el establecimiento de las condiciones de referencia para los ecotipos de los ríos de Navarra descritos en el capítulo de "Caracterización de las masas de agua superficial". Para el desarrollo metodológico de esta actividad se han considerado especialmente la guía REFCOND (Working Group 2.3 – REFCOND, 2003) elaborada por el grupo de trabajo 2.3 en Implementación Conjunta de la Directiva Marco de Agua de la Comisión Europea.

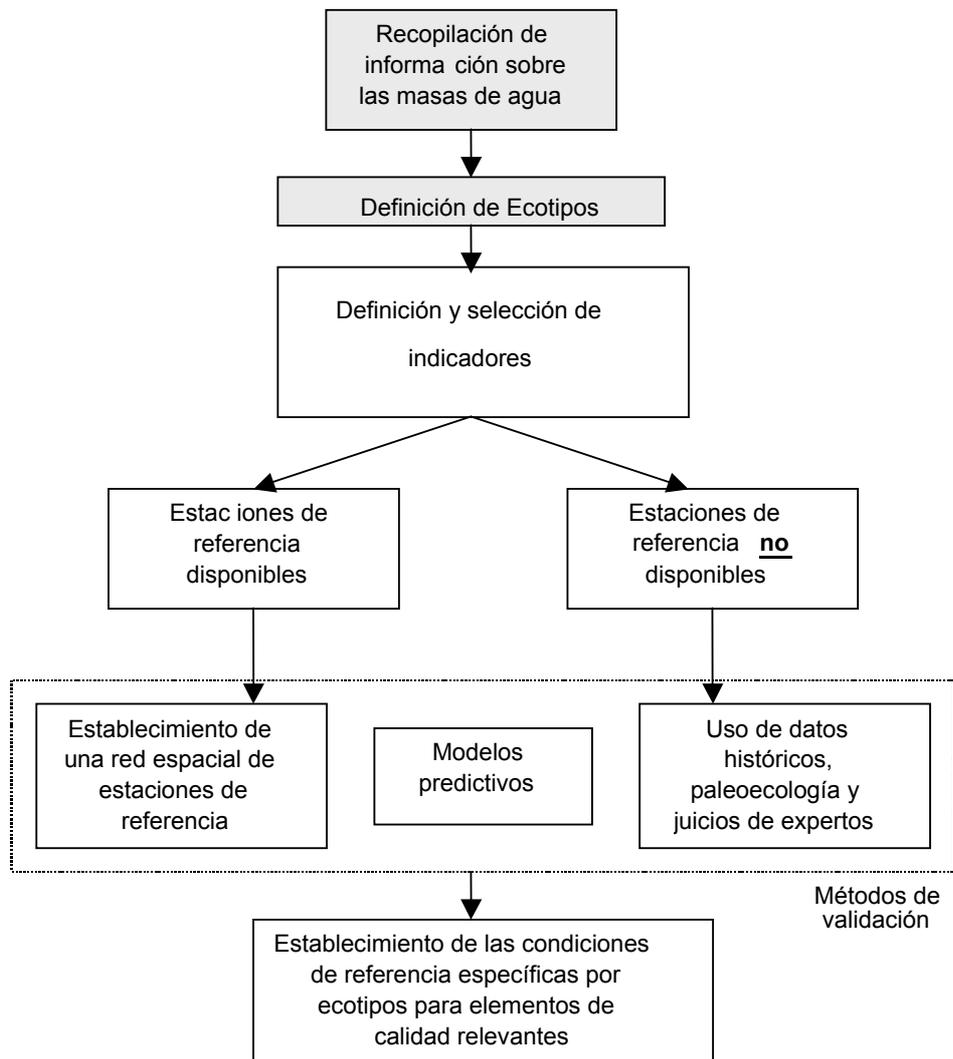
En función de la información disponible, se ha definido el método de fijación y validación de las condiciones de referencia para cada ecotipo fluvial. Se han dado prioridad descendente a los siguientes métodos de establecimiento de las condiciones de referencia (Working Group 2.3 – REFCOND, 2003):

En caso de disponerse de suficientes datos ambientales se establecerán las condiciones de referencia con base espacial. En caso de no disponerse de estaciones con datos ambientales, se optará por los siguientes procedimientos, según los reglamentos de implementación de la DMA:

- Condiciones de referencia basadas en modelización predictiva.
- Condiciones de referencia basadas en datos históricos o paleorreconstrucción.
- Combinación de enfoques.
- Juicio de expertos.

Debido a lo escaso y poco representativos que han sido los tramos de referencia encontrados (con impacto nulo), se ha que recurrido a los datos de las estaciones fluviales mejor conservadas, que al menos no tuvieran ninguna contaminación significativa, y a partir de ahí, mediante modelos predictivos de tipo estadístico multivariante poder estimar las condiciones de referencia correspondientes. Sin embargo, siempre ha habido que recurrir a la opinión de expertos para poder complementar todas las referencias. Datos históricos adecuados solo se han empleado para el caso de los peces.

Las principales tareas incluidas en esta actividad se resumen en la Figura 1.1



**Figura 1.1.- Actividades conducentes al establecimiento de una red de estaciones de referencia y un sistema de evaluación del estado ecológico de los segmentos fluviales de Navarra.**

El planteamiento general del proceso de determinación de las condiciones de referencia es común para el elemento de calidad peces.

La metodología general para la determinación de las condiciones de referencia se ha diseñado de la manera siguiente:

1.- Se desarrolla un **método sistemático** para integrar la información obtenida por los cuatro métodos contemplados en la guía Working Group 2.3 – REFCOND, 2003:

- Usando datos ambientales de base espacial procedentes de estaciones de muestreo libres de afecciones humanas, que han sido establecidos en el análisis 'PRESIONES E IMPACTOS' (capítulo 3).
- Usando información procedente de modelos predictivos.
- Usando datos ambientales de base temporal procedentes de información histórica o paleorreconstrucciones o bien una combinación de ambos.
- Usando información procedente del juicio de expertos.

2.- Para cada característica se establecen unas condiciones de referencia que sintetizan los resultados obtenidos por cada uno de los métodos anteriores. La síntesis se realiza trazando la envolvente de los resultados obtenidos en los cuatro métodos.

Para el elemento de calidad biológica peces, la Directiva establece una serie de características para las que se deben dar valores en condiciones de referencia:

- Composición, abundancia y estructura de edades de la fauna íctica.

Las clases o tipos de ríos definidos en el capítulo correspondiente incluyen en ocasiones un rango altitudinal dentro del tipo lo suficientemente grande como para que se origine un gradiente ecológico que ocasiona una zonación altitudinal (Hawkes, 1978) en la composición y abundancia de las comunidades. Por ello, los resultados de las condiciones de referencia para cada elemento de calidad, se expresan para cada tipo de masa de agua como una "catena" o sucesión de

asociaciones de especies y comunidades en función de variables físicas como la altitud.

El resultado de la aplicación del enfoque expuesto en los párrafos anteriores son las condiciones de referencia de cada característica de cada elemento de calidad biológica derivadas de una serie de modelos que reflejan la influencia de la altitud y el grado de presión e impacto con la presencia y ausencia de determinadas especies. Estos modelos permiten detectar las especies significativamente sensibles a la variación altitudinal y a las alteraciones antrópicas y, además, permiten explicar y predecir la variación altitudinal del porcentaje de cada comunidad que, en condiciones de referencia, está conformado por cada asociación básica presente en ella. Para el segundo fin se valen de la definición, como criterio de mínimos, de las especies que deberían aparecer en una comunidad y la proporción de la misma conformada por ellas, dejando sometido a la variabilidad natural de la dinámica de comunidades la composición específica del resto de la comunidad.

De esta forma, las condiciones de referencia resultantes han de contemplarse como **criterios de mínimos** que deben cumplir las comunidades biológicas de cada masa de agua. Según esto, para un determinado elemento de calidad, estos criterios mínimos se establecerán si, y sólo si, a partir de los datos disponibles en cada momento, existen evidencias significativas de que los taxones que lo componen deben cumplir dichos criterios mínimos en condiciones de ausencia de alteración. Es, por tanto, esperable que cada característica de un determinado elemento de calidad tenga rangos de variación altitudinales y taxonómicos distintos.

Esta consideración permite que, conforme se avance en el estado del conocimiento científico de los elementos de calidad, se vayan actualizando y en su caso modificando las condiciones de referencia.

En este trabajo hemos creído que, en ocasiones, se puede incurrir en un mal uso o un desaprovechamiento de la información existente, el decantarse por uno u otro método en preferencia sobre los demás, cuando haya que establecer las condiciones de referencia para un determinado elemento de calidad. Esta práctica puede ser difícilmente justificable cuando, a menudo, los datos disponibles son escasos y

cualquier información puede ayudar a obtener unos resultados más cercanos a la realidad.

Por todo ello se ha planteado un método que presenta dos características fundamentales:

1) Sistemáticamente aprovecha TODA la información disponible para determinar las condiciones de referencia mediante TODOS los métodos que plantea la guía REFCOND, para, posteriormente sintetizar los resultados manteniendo la información que proporciona cada método. Este nuevo enfoque permite satisfacer dos objetivos que se convierten en sendas ventajas:

- aprovechar las diferentes sensibilidades de los distintos métodos para detectar si una especie debe o no estar en condiciones de referencia en una determinada masa de agua, respetando la información obtenida del método más sensible para cada caso, y

- conocer el grado de robustez de las condiciones de referencia establecidas, al disponer de información sobre la cantidad de métodos que detectan a una especie en las condiciones de referencia.

2) Utiliza variables ambientales para representar la variación de las condiciones de referencia en función de dichas variables, cuando esto ocurra. En el caso de estudio se ha utilizado la altitud de la estación para dar unas condiciones de referencia que se expresan para cada tipo de masa de agua como una "catena" o sucesión de asociaciones de especies y comunidades en función de variables físicas como la altitud.

Como consecuencia de las citadas características, este método permite evaluar el estado ecológico de una masa de agua mediante la desviación de sus condiciones actuales respecto a las condiciones de referencia, y cuantificar dicha desviación teniendo en cuenta la "robustez" de las condiciones de referencia en función del número de métodos que las establecen como tales. La desviación de unas condiciones actuales respecto a las de referencia tendrán tanto más peso en la disminución del valor cuantitativo del estado ecológico en una masa de agua cuanto mayor sea el

número de métodos que establecen dichas condiciones de referencia como tales. Una ventaja añadida a esta circunstancia es que las condiciones de referencia expresadas como una "catena altitudinal" no transmiten saltos bruscos al valor cuantitativo del estado ecológico entre estaciones de una masa de agua que se encuentren próximas altitudinalmente pero para las que se hayan establecido condiciones de referencia distintas por esa variación altitudinal de las mismas.

## 1.1. Recopilación de Información Existente

La recopilación de información es transversal a la ejecución del estudio, pues la información ambiental recogida sobre los ríos navarros ha sido empleada igualmente en la clasificación fluvial, la evaluación de presiones e impactos y la evaluación del estado ecológico de las aguas. Se ha reunido la información de variables físico-químicas, biológicas e hidromorfológicas de las fuentes presentes:

- Red de Control de Variables Ambientales (RCVA) de las Confederaciones Hidrográficas del Ebro y del Norte.
- Estudios *ad hoc* coordinados por las Confederaciones: Delimitación de regiones ecológicas en la cuenca del Ebro. (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999a). Objetivos de estado ecológico en los ríos de la cuenca del Ebro. (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999b). Estudio de Determinación de los regímenes que satisfagan las necesidades ecológicas mínimas de la cuenca del Ebro - 2ª fase (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2004)
- Otras fuentes: inventarios piscícolas realizados por la empresa Gestión Ambiental Viveros y Repoblaciones de Navarra S.A., series temporales de muestreos de fauna acuática macroinvertebrada desarrollados por la Comunidad Foral, etc.

Previa a la determinación de las condiciones de referencia para las características de las comunidades de peces de Navarra se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica en la que, además de recopilar información necesaria para aplicar los cuatro métodos expuestos (REFCOND A, B, C y D), se ha elaborado una lista de las especies ícticas citadas en la Comunidad Foral.

En la tabla 1.1 se recogen los nombres (científico, castellano y euskera) con que se conocen a todas las especies citadas en Navarra, señalando aquellas que son introducidas.

**Tabla 1.1.- Especies citadas en Navarra, localización de la cita y referencia del autor. (I) = especie introducida.**

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre castellano</b>	<b>Nombre euskera</b>	<b>Río/Cuenca</b>	<b>Referencia</b>
Petromyzontidae	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	Lamprea de arroyo	Erreka-lanproia	Olabidea (Adour)	Doadrio, 2001
	<i>Petromyzon marinus</i> Linnaeus, 1758	Lamprea marina	Itsas-lanproia	Bidasoa	Doadrio, 2001
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i> (Linnaeus, 1758)	Corcón	Hondoetako korrokoia	Bidasoa	Elvira, 2005
Pleuronectidae	<i>Platycthis flesus</i> (Linnaeus, 1758)	Platija	Platuxia	Bidasoa	Elvira, 2005
Clupeidae	<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758)	Sábalo	Kodaka	Bidasoa	Doadrio, 2001
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Anguila	Aingira	Bidasoa, Urumea, Nive	Doadrio, 2001
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Trucha arcoiris		(I) varios	Doadrio, 2001
Salmonidae	<i>Salmo salar</i> Linnaeus 1758	Salmón	Izokina	Bidasoa, Urumea, Nive	Doadrio, 2001
	<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	Trucha común	Amuarraina	Ebro, Bidasoa, Urumea, Nive	Doadrio, 2001
Esocidae	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	Lucio		(I) varios	Doadrio, 2001
Cyprinidae	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	Alburno		(I) varios	Doadrio, 2001
	<i>Barbus graellsii</i> Steindachner, 1866	Barbo de Graells		Ebro, Bidasoa, Urumea	Doadrio, 2001
	<i>Barbus haasi</i> Mertens, 1925	Barbo colirrojo o culirrojo	Haasi barboa	Ebro	Doadrio, 2001
	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)	Pez rojo		(I) varios	Doadrio, 2001
	<i>Chondrostoma arcasii</i> (Steindachner, 1866)	Bernejuela	Errutilo hegatsgorria	Ebro	Doadrio, 2001
	<i>Chondrostoma miegii</i> Steindachner, 1866	Madrilla	Loina	Ebro, Bidasoa, Urumea	Doadrio, 2001

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre castellano</b>	<b>Nombre euskera</b>	<b>Río/Cuenca</b>	<b>Referencia</b>
	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Carpa		(1) varios	Doadrio, 2001
	<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	Gobio	Gobio	Ebro, Bidasoa, Urumea	Doadrio, 2001
	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	Piscardo	Txipa, ezkaitu, ezkaillu	Ebro, Bidasoa, Urumea, Nive	Doadrio, 2001
	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Bagre	Iparraldeko katxoa	Ebro	Doadrio, 2001
	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	Tenca	Tenka	Ebro	Doadrio, 2001
Cobitidae	<i>Cobitis calderoni</i> Bacescu, 1962	Lamprehuela	Mazkar arantzaduna	Ebro	Doadrio, 2001
	<i>Cobitis paludica</i> (de Buen, 1939)	Colmilleja	Aintzira-mazkarra	Ebro	Doadrio, 2001
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	Lobo de río, locha	Mazkar arantzagabea	Ebro, Bidasoa, Urumea, Nive	Doadrio, 2001
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	Pez gato negro		(1) Ebro	Doadrio, 2001
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	Siluro		(1) Ebro	Doadrio, 2001
Gasterosteidae	<i>Gasterosteus gymnotus</i> Cuvier, 1829	Espinoso	Arrain hiruarantza	Bidasoa	Doadrio, 2001
Cottidae	<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	Cavilat	Burtaina	Bidasoa, Nive	Doadrio, 2001
Bleeniidae	<i>Salapia fluviatilis</i> (Asso 1801)	Fraille	Ibai kabuxa	Ebro	Doadrio, 2001
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	Perca americana		(1) Ebro	Doadrio, 2001

La mayoría de las especies señaladas en la tabla 1.1 han sido detectadas en los estudios y trabajos utilizados para determinar las condiciones de referencia. Sin embargo, algunas especies como *Lampetra planeri*, *Cobitis paludica*, *Gasterosteus gymnotus* y *Cottus gobio*, que aparecen citados en Navarra, no han sido detectadas en los trabajos posteriores. Esta circunstancia hace que los datos empleados para establecer las condiciones de referencia de las comunidades en las que deberían aparecer dichas especies tengan origen bibliográfico.

En adelante, en algunas ocasiones y para abreviar, se referirá a las especies por las tres primeras letras de su nombre específico en nomenclatura científica, por ejemplo *tru* por *Salmo trutta*. La excepción a este código es el cavilat (*Cottus gobio*) que por coincidencia con el gobio (*Gobio gobio*) recibirá como código las tres primeras letras del nombre genérico, *cot*.

Para cada característica cuya consideración establece la Directiva en la determinación de las condiciones de referencia de la comunidad de peces se han estudiado los datos de las estaciones de muestreo disponibles según los métodos para los que existen datos suficientes como se expone a continuación:

- Composición taxonómica: El objetivo del estudio de esta característica es establecer la composición por especies de la comunidad de peces en cada ecotipo fluvial. Para ello se ha analizado la presencia o ausencia de cada especie en cada ecotipo en función de su frecuencia de aparición por altitudes, estableciéndose la composición de la comunidad de referencia a cada altitud.
- Abundancia relativa: Las especies presentes en la comunidad de referencia de un determinado ecotipo se sustituyen unas a otras según el gradiente altitudinal estudiado en la característica anterior (composición taxonómica). Según este mismo gradiente unas especies se van haciendo más abundantes que otras en la comunidad. La abundancia relativa de cada especie a una altitud dada vendrá dada por la proporción en que se encuentre dicha especie en las estaciones estudiadas. Debido al carácter de criterio de mínimos de las condiciones de referencia, puede ocurrir que la suma de las abundancias de referencia en % sea mayor o menor que 100, en estos casos los rangos se ajustarán proporcionalmente para que su suma sea 100.

Los resultados se expresan cualitativamente en clases de abundancia:

- Dominante: más del 50% de los individuos de la comunidad
- Abundante: entre el 25% y el 50% de los individuos de la comunidad.
- Presente: entre el 5% y el 25% de los individuos de la comunidad.
- Ocasional: menos del 5% de los individuos de la comunidad.

Según establece la metodología estandarizada para la realización de trabajos de la Directiva Marco del Agua, desarrollada por el consorcio europeo FAME, así como en el último desarrollo de la directiva CEN para el análisis de aguas – muestreo de peces con electricidad (Work Item 230116, revision of PrEN 14011, October 25, 2001), la abundancia puede ser una medida relativa o absoluta basada en una única pasada de pesca eléctrica de un área conocida de agua. Cuando se considere necesario o conveniente, deberán realizarse varias pasadas sucesivas del área conocida con el fin de evaluar la eficiencia del esfuerzo de muestreo y obtener estimaciones absolutas de la densidad de la población. La mayor parte de los trabajos llevados a cabo en el contexto de la DMA por los socios del consorcio FAME utilizan como variable de la abundancia la abundancia relativa de cada especie en la comunidad de peces, ya que la mayoría de los trabajos existentes han empleado una sólo pasada de pesca eléctrica, de la que no se pueden obtener resultados absolutos de densidad. Por otra parte, la determinación de la densidad y biomasa absolutas de una especie en un tramo fluvial requiere un estudio en profundidad de la dinámica de dicha población, ya que la no detección de parte de la muestra no implica su no existencia, y ésta, en ocasiones sólo puede estimarse a partir de la existencia de “cuellos de botella” poblacionales, introduciéndose una incertidumbre importante al tratar de dar un valor a la densidad o biomasa absoluta. Complementariamente, la disponibilidad de datos de abundancias absolutas, con la corrección de Carle & Strub o de Zippin, es escasa en el caso de este trabajo, por ello y lo expuesto más arriba, se ha decidido emplear el criterio del

consorcio FAME y considerar la abundancia en términos relativos. Indudablemente, la abundancia en términos absolutos es mucho más ilustrativa del estado de la comunidad ya que permite detectar diferencias en el estado ecológico entre tramos con diferentes existencias de peces, aspecto al que no es sensible la abundancia relativa. Un incremento de la información disponible sobre abundancias de peces en términos absolutos permitirá, en un futuro y mediante la aplicación de la misma metodología utilizada en este trabajo, obtener la abundancia de referencia en términos absolutos. Hasta entonces se recurrirá al criterio del evaluador a la hora de detectar diferencias significativas de abundancias absolutas entre diferentes tramos fluviales.

- Estructura de edades: De forma análoga a las abundancias relativas, los resultados se expresan cualitativamente en clases de abundancia:
  - De alevinaje: más del 50% de los individuos de la población es de la clase de edad 0+.
  - De crecimiento: más del 50% de los individuos de la población es de las clases de edad 1+ y 2+ en salmónidos y barbo de Graells y 1+ en el resto de especies.
  - De madurez: más del 50% de los individuos de la población es de clases de edad superiores a 2+ en salmónidos y barbo de Graells y a 1+ en el resto de especies.

El número de estaciones con datos de peces disponibles para el establecimiento de condiciones de referencia por ecotipos fluviales se recogen en la tabla 2.2.

**Tabla 1.2.- Número de estaciones con observaciones de cada característica del elemento de calidad comunidad de peces disponibles para el estudio.**

Ecotipo	Composición taxonómica	Abundancia relativa	Estructura de edades
1	11	9	1
2	7	2	0
3	7	1	1
4	62	21	9
5	39	9	2
6	6	4	1
7	49	20	3
8	0	0	0
9	43	35	2
10	47	33	0
11	22	19	0

Se dispone de información suficiente sobre el elemento de calidad PECES para establecer las condiciones de referencia de cada característica según los métodos que se recogen en la tabla 2.3.

**Tabla 1.3.- Métodos para los que existen datos suficientes para establecer condiciones de referencia de cada característica del elemento de calidad PECES.**

Característica	a. Usando datos ambientales de base espacial procedentes de estaciones de muestreo libres de afecciones humanas	b. Usando información procedente de modelos predictivos	c. Usando datos ambientales de base temporal procedentes de información histórica	d. Usando información procedente del juicio de expertos
Composición	sí	sí	sí	Sí
Abundancia	sí	sí	no	Sí
Estructura en edades	sí	no	no	No

## 1.2. Planteamiento Metodológico General

### A. Planteamiento general del método para el establecimiento de las condiciones de referencia:

1º. Se determinan las condiciones de referencia para cada característica de cada elemento de calidad biológica utilizando los cuatro métodos contemplados en la guía Working Group 2.3 – REFCOND, 2003:

a) **Usando datos ambientales de base espacial procedentes de estaciones de muestreo libres de afecciones humanas, que han sido establecidos en el análisis 'PRESIONES E IMPACTOS'**. Las condiciones de referencia con base espacial se pueden establecer como la mediana de las condiciones observadas en las estaciones situadas en tramos libres de presión e impacto.

b) **Usando información procedente de modelos predictivos.** Las condiciones de referencia basadas en modelos predictivos, que a partir de ahora denominaremos para abreviar REFCOND B, se establecen mediante la determinación de la relación existente entre una determinada característica (p.e. composición, abundancia, etc.) y variables de presión e impacto (p.e. DBO5 = valor medio para la masa de agua de la demanda Bioquímica de Oxígeno, N cul = valor medio para la masa de agua de nitrógeno procedente de agricultura, etc.) en función de la altitud de estación. De esta forma, se puede estimar el valor de la característica considerada en condiciones teóricas de un valor de las variables de presión e impacto igual a cero y una altitud dada.

c) **Usando datos ambientales de base temporal procedentes de información histórica o paleorreconstrucciones o bien una combinación de ambos.** Principalmente se han utilizado los datos municipales del Diccionario geográfico estadístico de España (Madoz,1850). En él se consignaron los datos de producción pesquera por especies en los tramos fluviales que recorren cada término municipal.

d) **Usando información procedente del juicio de expertos.** Este criterio se ha aplicado basándose en los trabajos de inventariación piscícola recientes, en aquellas localidades donde no hubiera un impacto demasiado intenso, eliminando las especies introducidas, y analizando las variaciones altitudinales consistentes de las comunidades según los gradientes altitudinales, por curso fluvial.

2º. Se considera, además, que los ecotipos de los ríos incluyen en ocasiones un rango altitudinal dentro del tipo lo suficientemente grande como para que se origine un gradiente ecológico que ocasiona una zonación altitudinal (Hawkes, 1978) en la composición y abundancia de las comunidades.

Por ello, los resultados de las condiciones de referencia para cada elemento de calidad, se expresan para cada tipo de masa de agua como una "catena" o sucesión de asociaciones de especies y comunidades en función de variables físicas como la altitud, variable utilizada en este caso.

Estos modelos permiten detectar las especies significativamente sensibles a la variación altitudinal y a las alteraciones antrópicas.

3º. Se sintetizan los resultados obtenidos en los cuatro métodos mediante una envolvente, de forma que si un método es sensible para detectar que un determinado taxon tiene que estar presente en la comunidad de referencia y los demás métodos no lo son, la información suministrada por el método sensible es tenida en consideración a la hora de establecer las condiciones de referencia.

Las condiciones de referencia son criterios mínimos que debe cumplir una determinada comunidad biológica en un determinado tramo de río admitiendo variaciones originadas por la variabilidad natural del ecosistema, pero siempre cumpliendo los criterios mínimos establecidos como condiciones de referencia.

Sin embargo, para evitar la pérdida de información, en que frecuentemente se suele incurrir cuando se sintetizan resultados obtenidos de diversas fuentes, se ha empleado el criterio de ponderar la "robustez" de las condiciones de referencia resultantes, en función del número de métodos que detecten unas condiciones determinadas de una característica (composición, abundancia, etc.) como tales. De esta forma la probabilidad de encontrar a una determinada especie en la composición de referencia de una determinada masa de agua en condiciones reales de referencia será tanto mayor cuanto mayor sea el número de métodos que determinen su presencia en condiciones teóricas de referencia.

El resultado, por tanto, de esta síntesis de los cuatro métodos es una matriz de valores que varían entre 0 y 4 en función del número de métodos que determinan si una especie debería estar presente en la comunidad en condiciones de referencia a una determinada altitud. La Tabla 1.2, obtenida de los resultados de los cuatro

métodos para un ecotipo de masas de agua de Navarra, sirve de ilustración a lo anterior.

**Tabla 1.2.-** Matriz de síntesis de los resultados obtenidos por los cuatro métodos en la determinación de las condiciones de referencia para la composición taxonómica de las comunidades de peces del ecotipo 5 de los ríos de Navarra.

Composición T5 Altitud (m)	AB1							AB2					AB3					AB4				
	alo	mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	cot	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
1270									1													
(...)									(...)													
860									1													
850								0,1	0,5	2,5			0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
840								0,1	0,5	2,5			0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
830								0,1	0,5	2,5			0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
820								0,1	0,5	2,5			0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
810								0,1	0,5	2,5			0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
800								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
790								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
780								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
770								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
760								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
750								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
740								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
730								0,1	0,5	2,5			0,5	0,1	0,5	0,5						0,5
720								0,1	0,5	2,5			0,5	0,2	0,5	0,5						0,5
710								0,1	0,5	2,5			0,5	0,2	0,5	0,5						0,5
700								0,1	0,5	2,5			0,5	0,2	0,5	0,5						0,5
690								0,1	1,5	2,5			0,5	1,2	0,5	0,5						0,5
680								0,1	1,5	2,5			0,5	1,2	0,5	0,5						0,5
670								0,1	1,5	2,5			0,5	1,3	0,5	0,5						0,5
660								0,1	1,5	2,5			0,5	1,3	0,5	0,5						0,5
650								0,1	1,5	2,5			0,5	1,3	0,5	0,5						0,5
640								0,1	1,5	2,5			0,5	1,4	0,5	0,5						0,5
630					1			0,1	1,5	3,5			0,5	1,4	0,5	0,5						0,5
620					1			0,1	1,5	3,5			0,5	1,4	0,5	0,5						0,5
610					1			0,1	1,5	3,5			0,5	1,5	0,5	0,5						0,5
600					1			0,1	1,5	3,5			0,5	1,5	0,5	0,5						0,5
590					1			1,1	2,5	3,5			0,5	1,5	0,5	0,5						1,5
580					1			1,1	2,5	3,5			0,1	1,6	0,5	0,5						1,5
570					1			1,1	2,5	3,5			0,1	1,6	0,5	0,5						1,5
560					1			1,1	2,5	3,5			0,1	1,6	0,5	0,5						1,5
550					1			1,1	2,5	3,5			0,2	1,7	0,5	0,5						1,5
540		1			1			1,1	2,5	3,5			0,2	1,7	0,5	0,5						1,5
530								1,1	2,5	3,5			0,3	1,7	0,5	0,5						1,5
520								1,1	2,5	3,5			0,4	1,8	0,5	0,5						1,5
510								1,1	2,5	3,5			0,4	1,8	0,5	0,5						1,5
500								1,1	2,5	3,5			0,5	1,8	0,5	0,5						1,5
490								2,1	2,5	3,5			1,6	2,8	0,5	0,5						1,5
480								2,1	2,5	3,5			1,7	2,9	0,5	0,5						1,5
470								2,1	2,5	3,5			1,8	2,9	0,5	0,5						1,5
460					1			2,1	2,5	3,5			2,8	2,9	0,5	0,5						1,5
450					1			2,1	2,5	3,5			2,9	2,9	0,5	0,5						1,5
440					1			2,1	2,5	3,5			2,9	2,9	0,5	0,5						1,5
430					1			2,1	2,5	3,5			1,9	2,9	0,5	0,5						1,5
420					1			2,1	2,5	3,5			2	2,9	0,5	0,5						1,5
410					1			2,1	2,5	3,5			2	2,9	0,5	0,5						1,5
400					1			2,1	2,5	3,5			2	3	0,5	0,5						1,5
390					1			2,1	2,5	3,5			3	3	0,5	0,5						1,5

En ella se ha representado el rango 0 a 4 que pueden tomar los valores de presencia o ausencia de una determinada especie a una determinada altitud mediante una gradación de tonos de azul, tanto más oscuro cuanto mayor sea el número de métodos que detectan dicha especie en condiciones de referencia. Nótese que existen valores con decimales; se deriva de haber utilizado la probabilidad de presencia de una especie que se obtiene de la regresión logística utilizada en el modelo predictivo desarrollado en el método REFCOND B, el cual da resultados que varían entre 0 y 1 en función de la probabilidad de presencia de una especie en condiciones de referencia.

En el ejemplo de la figura, se distinguen cuatro áreas diferenciadas:

- en azul oscuro: altitudes a las que la probabilidad de presencia de una especie es alta, con más de dos métodos que detectan su presencia más un 50% de probabilidad de presencia según el modelo predictivo.
- en azul medio: altitudes a las que la probabilidad de presencia de una especie es moderada, al menos un método detecta su presencia y el modelo predictivo da una probabilidad del 20%.
- en azul claro: altitudes a las que la presencia de una especie es probable pero en menor grado que en otras altitudes, el modelo predictivo da un 10% de probabilidades de presencia.
- en blanco: altitudes en las que ningún método detecta a una especie en la composición de la comunidad de peces en condiciones de referencia.

## **B. Planteamiento general del método para la evaluación del estado ecológico:**

### ***Índices de Similitud***

Los índices de similitud fueron propuestos por HELLAWELL (1986) para ser usados en estudios de evaluación de ríos, especialmente para organismos acuáticos, y más recientemente WINWARD (2000) ha recomendado su uso para evaluación de recursos vegetales en zonas riparias. Los índices de similitud pueden ser muy útiles para comparar cuantitativamente las condiciones actuales con las condiciones de referencia, mediante la identificación de especies clave y la comparación de su abundancia y distribución espacio-temporal en condiciones actuales con aquellas consideradas como "naturales".

Los índices de similitud que fluctúan matemáticamente entre cero y uno se adaptan bien a los requerimientos de la DMA. Pueden usar datos cualitativos (presencia/ausencia de especies, como los de Jaccard, Sorensen, etc.), o cuantitativos (abundancias relativas de especies, como el propuesto por Raabe, o abundancias absolutas como el propuesto por Czekanowski). Por tanto, los índices cualitativos pueden ser muy apropiados para evaluar el estado de la composición de

la comunidad, mientras que los cuantitativos pueden usarse para evaluar el estado de la abundancia.

Con el fin de tomar en consideración la información aportada por todos los métodos utilizados en la determinación de las condiciones de referencia, se ha modificado ligeramente el modo de aplicación de uno de los índices de similitud de forma que se pondera el valor de la presencia de una especie por el número de métodos que estiman su presencia en la comunidad de referencia.

Una consecuencia importante de esta valoración ponderada respecto al número de métodos que detectan una especie en la comunidad en condiciones de referencia es que permite que la variación de las condiciones de referencia con la altitud quede suavizada. Es decir, que entre una altitud y otra consecutiva no se pasa de un valor de ausencia absoluta (0) a un valor de presencia absoluta (1), sino que se pasa de un valor de ausencia (0) a un valor de baja probabilidad de presencia (0,1). Esto permite respetar la variabilidad natural de las condiciones reales, sin penalizar a una estación que no responda exactamente a la variación altitudinal de la composición de referencia estimada.

## **2. ESTABLECIMIENTO DE LAS CONDICIONES DE REFERENCIA CON BASE ESPACIAL (REFCOND A)**

En primer lugar se van a fijar las condiciones de referencia basadas en información de tipo espacial, usando datos procedentes de estaciones libres de impactos humanos significativos. Para ello se han seleccionado las estaciones con datos disponibles en las que no se hayan detectado presiones ni impactos significativos (libres de PRESIONES E IMPACTOS) y se han determinado las comunidades/pautas/relaciones que sirvan de referencia para describir su estado en los términos y características que determina la DMA. Sus resultados son las condiciones de referencia determinadas según este método, resultados que denominaremos REFCOND A.

### **2.1. Metodología: Revisión de las estaciones de referencia con base espacial**

Las condiciones de referencia con base espacial se pueden establecer como la mediana de las condiciones observadas en las estaciones situadas en tramos libres de presión e impacto. No obstante, la disponibilidad de datos en tales tramos es significativamente escasa, lo que invalida la citada aproximación. Dada esta circunstancia, se han podido establecer las condiciones de referencia por este método mediante la descripción de las condiciones observadas en estaciones situadas en tramos sin presión e impactos.

Para seleccionar las estaciones de las series de datos disponibles de cada elemento de calidad, se ha utilizado la información del análisis de presiones e impactos sobre las aguas superficiales realizado para el presente trabajo. De esta forma y para cada elemento de calidad, se han seleccionado las estaciones de muestreo situadas en los tramos en los que no han sido detectadas presiones e impactos. A continuación se recogen las estaciones seleccionadas.

Asimismo se ha realizado una primera aproximación de campo en otoño de 2005 por el laboratorio de hidrobiología de la ETSI de Montes, con la evaluación de peces, macroinvertebrados, algas y macrófitas en 11 estaciones. En el momento en que se tuvieron que acometer los trabajos de campo, y por tanto la elección de las estaciones, no se disponía de los resultados del análisis de presiones e impactos, por lo que se acometieron estos trabajos en tramos a los que una primera aproximación a dicho análisis calificó como potencialmente libres de presiones e

impactos. La aproximación fue lo suficientemente precisa como para que cuatro estaciones de muestreo elegidas (representantes de otros tantos ecotipos fluviales) quedasen localizadas en tramos que posteriormente se calificaron como libres de presiones e impactos. A continuación se listan las estaciones de campo estudiadas en la citada campaña por ecotipo fluvial:

- 1-. Ríos cantábricos pequeños, silíceos, de aguas poco mineralizadas

**R. Urumea aguas arriba de Goizueta**

- 2-. Ríos cantábricos pequeños, de geologías mixtas, y aguas de mediana mineralización:

**Río Mediano en Burutain**

**R. Artius**

- 3-. Ríos cantábricos de tamaño medio y mediana mineralización

**R. Bidasoa en Narvate**

- 4-. Ríos de la montaña navarra calcárea, de pequeño o mediano tamaño, con un grado de mineralización apreciable.

**R. Larraun en Iribas**

- 6-. Ríos pirenaicos de tamaño pequeño, calizos, con influencia nival

**R. Belagua arriba de Isaba**

- 7-. Ríos pirenaicos de tamaño pequeño y mediano, calizos, de régimen pluvial

**R. Salazar en Navascués**

**Barranco de Biniés**

**R. Salazar en Usún**

- 8-. Ríos mediterráneos de pequeño tamaño, arcillosos de régimen temporal

**Barranco de Mairaga**

- 9-. Ríos mediterráneos de tamaño pequeño o mediano, de cuencas arcillosas, de régimen permanente

### **Río Zidacos en Barasoain**

Con ello se tienen datos de 8 ecotipos fluviales, que servirán de referencia para establecer condiciones con base espacial.

A continuación se recogen las estaciones seleccionadas

Entre los datos sobre la comunidad de peces recogidos por Viveros y Repoblaciones de Navarra (Álvarez, 2004), estudios específicos de la CHE (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999b) y Elvira (2005), y los recogidos para este trabajo por el Laboratorio de Hidrobiología de la ETSI de Montes, se han seleccionado los correspondientes a estaciones localizadas en tramos libres de PRESIONES E IMPACTOS. De esta forma se puede contar con 24 puntos de muestreo, representando a seis tipos de masas de agua de los once establecidos, con datos de comunidades de peces sometidos a muy baja alteración antrópica. En la tabla 2.1 se muestra el número de observaciones de cada característica para cada ecotipo fluvial.

**Figura 2.1. Número de observaciones de cada característica del elemento de calidad comunidad de peces disponible en las estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS, por tipo de río.**

<b>Característica</b>	<b>Ecotipo</b>										
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Composición taxonómica	7	0	0	6	4	3	2	0	2	0	0
Abundancia relativa	6	0	0	4	2	2	2	0	2	0	0
Estructura de edades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Como se puede observar no hay información sobre la estructura de edades de las poblaciones presentes en las comunidades de peces de las estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS. Por este motivo las condiciones de referencia para esta característica no podrán establecerse mediante éste método.

Las estaciones de referencia que se han encontrado no representan todos los tipos fluviales definidos (apartado 2), ya que nos faltan en los ríos medios cantábricos (tipo 3), en todos los mediterráneos (tipos 8,9 y 10) y en el Ebro (tipo 11). Por otra parte, en los que tenemos representación espacial en muy buen estado, se ubican, con frecuencia en el extremo mas alto del segmento fluvial correspondiente, constituyendo tramos de ríos muy pequeños de cabecera, poco representativos de las condiciones medias y más frecuentes.

En la tabla 2.2. se recogen las estaciones situadas en tramos libres de presiones e impactos y la información sobre peces disponible en cada una de ellas.

**Tabla 2.2. Estaciones con datos (composición y abundancia) del elemento de calidad comunidad de peces disponibles en los tramos fluviales libres de PRESIONES E IMPACTOS.**

Río	COD_TIPO	X	Y	Z	Término municipal	Origen datos	Composición	Abundancia
Arakil	4	563025	4746654	549	Ciordia	Álvarez, 2004	sí	no
Aranea	1	623309	4784697	286	Amaiur/Baztán	Álvarez, 2004	sí	sí
Arga	5	622683	4763936	782	Esteríbar	CHE	sí	sí
Arga	5	621279	4759448	627	Eugui	Álvarez, 2004	sí	no
Arkil	5	606519	4759774	540	Ultzama	etsim, 2005	sí	sí
Belagoa	6	677046	4755987	994	Belagoa/Isaba	Álvarez, 2004	sí	sí
Biniés	7	663029	4737362	695	Vidángoz	etsim, 2005	sí	sí
Ega	4	544909	4719769	635	Marañón	CHE	sí	sí
Ega	4	545970	4719952	626	Marañón	Álvarez, 2004	sí	no
Irati	6	654704	4761549	853	Ochagavía	Álvarez, 2004	sí	no
Larraun	4	590080	4761033	562	Larraun	etsim, 2005	sí	sí
Lizarrusti	4	577335	4752899	489	Lizarragabengoa/Etxarri-Aranatz	Álvarez, 2004	sí	sí
Luzaide	1	638696	4773015	288	Valcarlos	Álvarez, 2004	sí	sí
Mediano	5	612612	4761607	627	Lanz	Álvarez, 2004	sí	no
Onsella	9	641203	4713766	373	Sangüesa	CHE	sí	sí
Orabidea	1	620735	4790028	139	Urdax	Álvarez, 2004	sí	sí
Orokieta	4	601377	4763315	589	Orokieta	Álvarez, 2004	sí	sí
Queiles	9	608815	4644793	386	Novallas	CHE	sí	sí
Sorogain	7	635457	4762744	899	Sorogain	Álvarez, 2004	sí	sí
Txangoa	6	644407	4763688	812	Orbaitzeta	Álvarez, 2004	sí	sí
Urumea	1	593727	4776280	279	Ezkurra	etsim, 2005	sí	sí
Urumea	1	592405	4780545	160	Goizueta	Álvarez, 2004	sí	no
Zoko	1	619026	4772243	350	Irurita	Álvarez, 2004	sí	sí
Zumarreta	1	592291	4780484	173	Goizueta	Álvarez, 2004	sí	sí

En el **Anejo 2.** se recogen las especies detectadas en dichas estaciones así como sus abundancias relativas en la comunidad actual.

## Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de las comunidades de peces presentes en las estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS se recogen en la tabla 2.3

**Tabla 2.3.- Resultados del análisis de las comunidades de peces en estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS, por ecotipo fluvial (COD\_TIPO) y altitud (Z). Las columnas datos comp y datos abund se refieren a los valores observados de composición y abundancias, respectivamente. Las especies están representadas por las tres primeras letras del nombre específico en nomenclatura científica, y las abundancias relativas como: d=dominante; a=abundante; p=presente; y o=ocasional.**

Río	TIPO de RIO	Altitud (m)	datos composición	datos abundancia (%)
Zoko	1	350	tru	100
Luzaide	1	288	tru	100
Aranea	1	286	tru	100
Urumea	1	279	pho+tru	60+40
Zumarreta	1	173	tru	100
Urumea	1	160	ang+pho+tru	ND
Orabidea	1	139	tru	100
Ega	4	635	arc	100
Ega	4	626	pho+tru	Nd
Orokietta	4	589	tru	100
Larraun	4	562	mie+pho+tru	59+21+20
Arakil	4	549	bar+gra+arc+mie+pho+tru	Nd
Lizarrusti	4	489	tru	100
Arga	5	782	tru	100
Arga	5	627	mie	Nd
Mediano	5	627	pho+tru	Nd
Arkil	5	540	bar+arc+mie+pho+tru	2+2+70+4+22
Belagoa	6	994	tru	100
Irati	6	853	mie+gob+pho+tru	Nd
Txangoa	6	812	tru	100
Sorogain	7	899	tru	100
Biniés	7	695	haa+pho	6+94
Queiles	9	386	arc	100
Onsella	9	373	bar+gra+mie+gob+pho+tru	14+30+26+12+15+2

En las tablas 2.4 **REFCOND A (composición-peces)**, 2.5 **REFCOND A (abundancia-peces)** y 2.6 **REFCOND A (estructura-peces)** se muestran las condiciones de referencia por altitudes y ecotipos fluviales determinadas a partir de los resultados de mostrados en la tabla 2.3.

**Tabla 2.4 REFCOND A (composición-peces).- Composición por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia, por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis espacial de datos procedentes de estaciones libres de presiones e impactos de origen antrópico (REFCOND A). ABI representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie).**

REFCOND A	AB1						AB2						AB3						AB4		
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ
Ecotipo	alo	mar	lab	fle	ang	sal	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
>280								1													
280-170							1	1													
1 <170				1			1	1	1												
2																					
3																					
>575							1	1												1	
4 <575							1	1				1	1							1	
>700																					
700-600							1	1													
5 <600							1	1				1	1							1	
>900																					
6 <900							1	1				1	1								
>800																					
7 <800							1													1	
8																					
9 indif.							1	1	1			1	1	1							
10																					
11																					

**Tabla 2.5 REFCOND A (abundancia-peces).- Abundancia relativa (dom.=dominante; abun.=abundante; pres.=presente; ocas.=ocasional) por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia, por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis espacial de datos procedentes de estaciones libres de presiones e impactos de origen antrópico (REFCOND A). ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie).**

REFCOND A		AB1					AB2					AB3					AB4						
Ecotipo	Altitud (m)	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ
		alo	mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	Mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
	>280										dom.												
	280-170									dom.	abun.												
1	<170					abun.				abun.	pres.												
2																							
3																							
	>575									abun.	dom.												
4	<575								pres.	pres.				pres.	Abun.							pres.	abun.
	>700										dom.												
	700-600									abun.	dom.												
5	<600								ocas.	ocas.	pres.					Pres.	Dom.						ocas.
	>900									dom.													
6	<900									abun.	dom.					Pres.	pres.						
	>800										dom.												
7	<800									dom.												pres.	
8																							
9	indif.								pres.	pres.	ocas.			abun.	abun.	pres.							
10																							
11																							

**Figura 2.6 REFCOND A (estructura-peces).- Estructura de edades (alev.=alevinaje; crec.=crecimiento; mad.=madurez) por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis espacial de datos procedentes de estaciones libres de presiones e impactos de origen antrópico (REFCOND A). ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie).**

REFCOND A	AB1						AB2				AB3						AB4					
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ
Ecotipo	alo	mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	Mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
1	279								alev. crec.													
2																						
3	129									crec.				alev. mad.								
4	606									alev.												
5	540									alev.				alev. crec.								
5	510								mad. alev.													
6	861								crec.	crec.												
7	459								alev. crec.				mad. crec. crec.									
8																						
9	476								crec. crec.				mad. crec.									
10																						
11																						

### **3. CONDICIONES DE REFERENCIA BASADAS EN MODELOS PREDICTIVOS (REFCOND B).**

Las condiciones de referencia basadas en modelos predictivos, que a partir de ahora denominaremos para abreviar REFCOND B, se establecen mediante la determinación de la relación existente entre una determinada característica (p.e. composición, abundancia, etc.) y variables de presión e impacto (p.e. DBO5 = valor medio para la masa de agua de la demanda Bioquímica de Oxígeno, N cul = valor medio para la masa de agua de nitrógeno procedente de agricultura, etc.) en función de la altitud de estación. De esta forma, se puede estimar el valor de la característica considerada en condiciones teóricas de un valor de las variables de presión e impacto igual a cero y una altitud dada. Este principio se ha aplicado a los elementos de calidad biológica para los que existen datos suficientes: peces y macroinvertebrados bentónicos, estudiándose las relaciones arriba explicadas por ecotipos fluviales.

En los siguientes párrafos se recoge la metodología empleada y los resultados obtenidos para cada uno de los citados elementos de calidad.

#### **Metodología**

La base de las condiciones de referencia REFCOND B, es el empleo de modelos predictivos que permitan identificar un determinado grado de alteración del medio fluvial (PRESIONES E IMPACTOS) con un estado de la comunidad de peces. De esta forma se puede inferir el estado teórico de dicho elemento de calidad biológica para un estado en el que el grado de PRESIONES E IMPACTOS sea cero o próximo a cero.

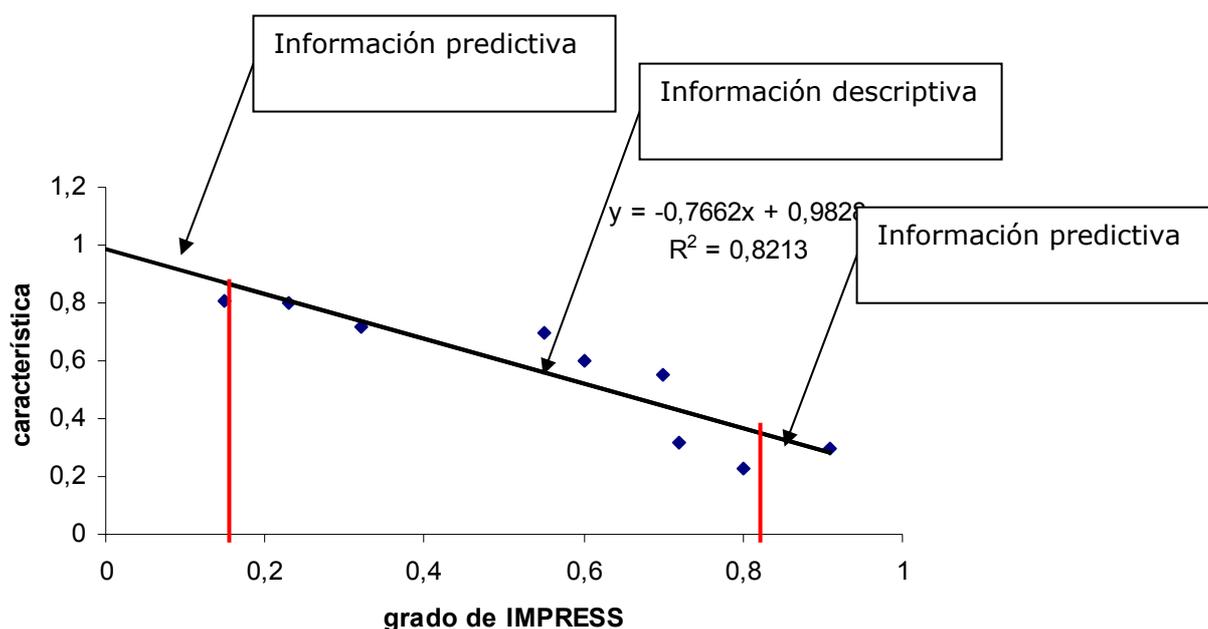
Para este fin se ha llevado a cabo un análisis del estado de cada característica (composición, abundancia y estructura de edades) de la comunidad de peces con respecto al grado de PRESIONES E IMPACTOS detectado en cada masa de agua. El análisis se ha hecho por ecotipos fluviales, de forma que los modelos resultantes permiten establecer un estado teórico de referencia de cada característica para cada uno de los once tipos establecidos.

A partir de datos cuantitativos se relaciona el grado de PRESIONES E IMPACTOS con distintas variables. En primer lugar se construye una base de datos (excel) con datos de ambos tipos:

- PRESIONES E IMPACTOS de cada estación en la que existan datos del elemento de calidad (en este caso peces) y
- Datos de las características a tener en cuenta en el estado de dicho elemento de calidad (en este caso composición, abundancia, especies indicadoras y estructura de edades).

Las relaciones encontradas en este análisis permiten estimar/predecir, cuando sea posible, el estado de cada característica del elemento de calidad en ausencia de PRESIONES E IMPACTOS. En la figura 3.1 se ha representado la base teórica de este método.

Los resultados de este trabajo son las condiciones de referencia determinadas según este método (**REFCOND B**).



**Figura 3.1** Relación entre el grado de PRESIONES E IMPACTOS y la característica (p.e. abundancia relativa de una especie) para los datos de las masas de agua del tipo 3.

### **Material y origen de los datos.**

Se han utilizado datos sobre la comunidad de peces recogidos por Viveros y Repoblaciones de Navarra (Álvarez, 2004), estudios específicos de la CHE (Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999b) y recogidos para este trabajo por el Laboratorio de Hidrobiología de la ETSI de Montes. De esta forma se ha utilizado información procedente de 293 puntos de muestreo, representando a diez de los once tipos de masas de agua establecidos (faltan datos para el ecotipo 8).

No hay información suficiente sobre la estructura de edades para construir modelos robustos. Por este motivo las condiciones de referencia para esta característica no podrán establecerse mediante un modelo predictivo.

### **Tratamiento de la información.**

Previa a la exposición de la metodología general para la determinación de las condiciones de referencia basadas en modelos predictivos es conveniente introducir un concepto nuevo que tiene relación con la clasificación de comunidades fluviales de Illies & Botosaneanu (1963) y que reúne en **asociaciones básicas** a las especies autóctonas que forman las comunidades de peces de Navarra.

Una asociación básica se definiría como un subconjunto de especies de peces que, con requerimientos de hábitat similares, aparecen frecuentemente en un mismo tramo. Una asociación básica puede formar parte, junto con otras, de la comunidad de peces de un determinado tramo de río; o bien puede conformar ella sola dicha comunidad de peces. Las asociaciones básicas serían, por tanto, los grupos de especies que se van sustituyendo a lo largo del gradiente altitudinal de un río, con tramos en los que se encontrarían solapadas más de una asociación.

Por tanto, puede entenderse también este concepto como el conjunto de especies que, en condiciones teóricas de ausencia de alteración, sería esperable encontrar en cada tramo de río, sirviendo de esta forma al propósito de este estudio.

El concepto de asociaciones básicas permite, además, establecer unas variables continuas para describir la composición de la comunidad en una estación de muestreo determinada, facilitando la determinación de modelos que describan la

variabilidad de la composición taxonómica en función del grado de PRESIONES E IMPACTOS.

Las asociaciones básicas de las comunidades de peces de Navarra se han determinado mediante el análisis de la distancia euclídea entre los 293 vectores (293 observaciones) de 18 dimensiones (donde 18 es el número de especies autóctonas de Navarra). La expresión de las asociaciones básicas encontradas se hace mediante un dendrograma que agrupa las variables (especies autóctonas) según dicha distancia entre los vectores que conforman.

### **Composición taxonómica**

El objetivo del estudio de esta característica es establecer la composición por especies de la comunidad de peces en cada ecotipo fluvial. Para ello se debe analizar la presencia o ausencia de cada especie en cada ecotipo en función de su frecuencia de aparición por altitudes, estableciéndose la composición de la comunidad de referencia a cada altitud. Además, y según el fundamento de este método, deberá relacionarse el grado de PRESIONES E IMPACTOS con la composición de la comunidad en cada caso.

La composición de referencia requiere dar el número de especies que se encontrarán en condiciones teóricas de '0 presiones e impactos', es decir sin impactos antrópicos. Estas especies pueden no aparecer en todas las estaciones para las que tenemos datos de presiones e impactos y de composición, por ello es posible que haciendo un modelo por presencia/ausencia de especies mediante una regresión logística sólo estimemos como presentes en una comunidad de referencia aquellas especies presentes en el ecotipo a estudiar cuando se hace el modelo.

Lo más probable es que haya especies que deberían estar en la comunidad de referencia pero que no aparezcan en las estaciones con datos de composición de la comunidad.

Aquí es donde se hace interesante el concepto de asociaciones básicas ya que establece los grupos de especies que podrían estar juntas en un determinado tramo de río. De forma que se puede modelizar el número de especies de cada asociación básica que deberían estar presentes en dicho tramo.

Para ello se construyen modelos de regresión múltiple con el fin de estimar el porcentaje de la comunidad de referencia que conforma cada una de las cuatro

asociaciones básicas identificadas en Navarra, así como el número de especies que debería haber en cada comunidad de referencia. Se construirán modelos de regresión logística para estimar la presencia/ausencia de cada especie. Los modelos tratan de predecir unas variables dependientes (% de cada asociación básica, número de especies y presencia/ausencia de cada especie) en función de varias variables independientes (altitud y grado de alteración de origen antrópico, en adelante *presiones e impactos*). Seleccionando los modelos con significación estadística, bondad de ajuste aceptable y que expliquen un porcentaje de la variabilidad de las observaciones superior al 50%, se pueden detectar las asociaciones básicas y las especies que son sensibles a las variables independientes, y que, por tanto, determinarán con su presencia o ausencia las condiciones del tramo. Estas condiciones serán óptimas en condiciones de referencia, por lo tanto, las condiciones de referencia se alcanzarán cuando, como criterio de mínimos, aparezcan las especies para que existen modelos de regresión significativos.

De esta forma, la metodología para el establecimiento de la composición específica de cada tramo en condiciones de referencia sigue los siguientes **PASOS**:

**PASO 1º.** Damos la comunidad de referencia de **cada tipo de río** en términos de % de la misma que está conformada por cada asociación básica. Mediante modelos de regresión múltiple que originalmente tenían la forma  $\% AB_i = f(Z, \text{presiones e impactos})$ , y que, al hacer cero el valor de las variables del presiones e impactos han quedado como  $\% AB_i = f(Z) = \text{cte} + a \cdot Z$ .

**PASO 2º.** El número total de especies de **cada tipo de río** lo damos mediante modelos de regresión múltiple que originalmente tenían la forma  $n_{sp} = f(Z, \text{presiones e impactos})$ , y que, al hacer cero el valor de las variables del presiones e impactos han quedado como  $n_{sp} = f(Z) = \text{cte} + a \cdot Z$ . Se reparte el número de especies que debería haber en **cada tipo fluvial** en condiciones de referencia entre las distintas asociaciones básicas que deberían estar presentes según el % de cada una estimado en el paso 1º.

**PASO 3º.** Se determinan las **especies presentes de cada asociación básica en cada tipo de río en referencia**, a partir de modelos de regresión logística que originalmente tenían la forma  $esp = f(Z, \text{presiones e impactos})$ , y que, al hacer cero el valor de las variables del presiones e impactos han quedado como  $esp = f(Z) = \text{cte} + a \cdot Z$ .

El resultado del análisis es una serie de modelos que reflejan la influencia de la altitud y el grado de presión e impacto con la presencia y ausencia de determinadas especies. Estos modelos permiten detectar las especies significativamente sensibles a la variación altitudinal y a las alteraciones antrópicas y, además, permiten explicar y predecir la variación altitudinal del porcentaje de cada comunidad que, en condiciones de referencia, está conformado por cada asociación básica presente en ella. Para el segundo fin se valen de la definición, como criterio de mínimos, de las especies que deberían aparecer en una comunidad y la proporción de la misma conformada por ellas, dejando sometido a la variabilidad natural de la dinámica de comunidades la composición específica del resto de la comunidad.

De esta forma quedan recogidos en un modelo predictivo con base espacial la idea de que los procesos naturales sólo son modelables hasta un determinado detalle y el concepto de especies indicadoras como herramienta para la determinación de condiciones de referencia.

Una vez expuesta la metodología general, se pasa a describir en los párrafos siguientes las variables utilizadas en el modelo y la metodología general de los análisis realizados al efecto.

Las **variables dependientes** para las que se ha buscado una correlación con los datos de PRESIONES E IMPACTOS (riesgo de las respectivas masas de agua) procedentes del Informe de Iberinsa-Infraeco (2006) al Gobierno de Navarra: 'Evaluación y Mejora del Estado de los Rios de Navarra según la Directiva Marco de Agua: análisis de presiones e impactos sobre las aguas superficiales' y altitud con el fin de establecer modelos que permitan dar la composición de referencia en cada ecotipo fluvial son:

- % ABi =  $n^{\circ}$  de especies de la asociación básica i entre el total de especies autóctonas de un tramo, en tanto por ciento.
- % aut = porcentaje de especies autóctonas en la comunidad de un tramo.
- n sp = el número de especies autóctonas de un tramo.
- esp = presencia o ausencia de una determinada especie de en la estación de muestreo (nombre: Género **especie**).

Y las **variables independientes** de dichas correlaciones son:

- Z = altitud de la estación (m).
- [DBO5 = valor medio del riesgo para la masa de agua de la demanda Bioquímica de Oxígeno.](#)

- Nagr = valor medio del riesgo para la masa de agua de **nitrógeno procedente de agricultura (tomado como contaminante difuso)**
- Npunt = valor medio del riesgo para la masa de agua de nitrógeno procedente de vertidos (tomado como contaminante puntual)
- Ngan= valor medio del riesgo para la masa de agua de **nitrógeno procedente de ganadería (tomado como contaminante difuso)**
- SPII = valor medio del riesgo para la masa de agua de sustancias peligrosas de la Lista II, según las Directivas 76/464/CEE/I y 76/464/CEE/PR
- SPI = valor medio del riesgo para la masa de agua de sustancias peligrosas de la Lista I, según las Directivas 76/464/CEE/I y 76/464/CEE/PR
- P = valor medio del riesgo para la masa de agua de fósforo procedente de contaminación puntual
- GAS = Riesgo de contaminación difusa por Gasolineras para las masas de aguas
- Morf = Riesgo de todas las alteraciones morfológicas que tiene con altura superior a 2 metro.
- ALTreg = Riesgo para todas las masas de agua por alteraciones del régimen de caudal
- ALOC = Riesgo para todas las masas de aguas por introducción de especies alóctonas

La determinación de los modelos para estimar  $\% \text{ABI} = f(Z, \text{presiones e impactos})$  se ha llevado a cabo mediante el análisis de regresión multivariante con adición de variables por pasos (forward stepwise multiple regression), seleccionando aquellas variables independientes para las que exista correlación estadísticamente **significativa al 95% de nivel de confianza**. De estos modelos de regresión multivariante se han seleccionado aquellos que explican más del 50% de la variación de las variables dependientes.

La determinación de los modelos para estimar  $esp=f(Z, \text{presiones e impactos})$  se ha llevado a cabo mediante el **análisis de regresión logística de las variables**.

Press & Wilson (1978) comprobaron la superioridad de la regresión logística en situaciones en las que las condiciones para el análisis multivariante no se cumplen, y concluyeron que los análisis logístico y discriminante conducen generalmente a las mismas conclusiones, excepto en el caso en que haya variables independientes que resulten en predicciones muy cercanas a 0 y 1 en el análisis logístico.

El objetivo primordial que resuelve esta técnica es el de modelar cómo influye en la probabilidad de aparición de un suceso, habitualmente dicotómico, la presencia o no de diversos factores y el valor o nivel de los mismos. También puede ser usada para estimar la probabilidad de aparición de cada una de las posibilidades de un suceso con más de dos categorías (politómico).

La metodología de la regresión lineal no es aplicable en estos casos ya que la variable respuesta sólo presenta dos valores (nos centraremos en el caso dicotómico), como puede ser presencia/ausencia de una especie en la comunidad.

Si clasificamos el valor de la variable respuesta como 0 cuando no se presenta el suceso (ausencia de la especie) y con el valor 1 cuando sí está presente (presencia de la especie), y buscamos cuantificar la posible relación entre la presencia de la especie y el grado de alteración de origen antrópico como posible factor de influencia, podemos utilizar cómo variable dependiente la probabilidad  $p$  de que la especie esté presente en una estación y construimos la siguiente función:

$$\ln \frac{p}{1-p}$$

ahora sí tenemos una variable que puede tomar cualquier valor, por lo que podemos plantearnos el buscar para ella una ecuación de regresión tradicional:

$$\ln \frac{p}{1-p} = a + b \cdot \text{var\_impress}$$

que se puede convertir con una pequeña manipulación algebraica en

$$p = \frac{e^{(a+b \cdot \text{var\_impress})}}{1 + e^{(a+b \cdot \text{var\_impress})}}$$

Y este es precisamente el tipo de ecuación que se conoce como modelo logístico, donde el número de factores puede ser más de uno, así en el exponente que figura en el denominador de la ecuación podríamos tener:

$$b1.Z + b2.DBO5 + b3.n + b4.n25$$

Una de las características que hacen tan interesante la regresión logística es la relación que éstos guardan con un parámetro de cuantificación de riesgo conocido en la literatura como "**odds ratio**".

El odds asociado a un suceso es el cociente entre la probabilidad de que ocurra frente a la probabilidad de que no ocurra:

$$odds = \frac{p}{1 - p}$$

siendo **p** la probabilidad del suceso. Así, por ejemplo, podemos calcular el odds de presencia de una especie cuando el valor medio de la DBO5 es igual o inferior a un cierto valor, que en realidad determina cuántas veces es más probable que aparezca una especie a que no aparezca con esa DBO5. Igualmente podríamos calcular el odds de presencia de una especie cuando la DBO5 media es superior a ese valor. Si dividimos el primer odds entre el segundo, hemos calculado un cociente de odds, esto es un odds ratio, que de alguna manera cuantifica cuánto más probable es la aparición de una especie cuando la DBO5 media es muy baja (primer odds) respecto a cuando es muy alta.

Cuando las variables independientes son numéricas, como puede ser por ejemplo la altitud, es una medida que cuantifica el cambio en el riesgo cuando se pasa de un valor del factor a otro, permaneciendo constantes el resto de variables. Así el odds ratio que supone pasar de la cota Z1 a la cota Z2, siendo **b** el coeficiente correspondiente a la altitud en el modelo logístico es:

$$OR = e^{[b \cdot (X_2 - X_1)]}$$

Nótese que se trata de un modelo en el que el aumento o disminución del riesgo al pasar de un valor a otro del factor es proporcional al cambio, es decir a la diferencia entre los dos valores, pero no al punto de partida, quiere esto decir que el cambio en el riesgo, con el modelo logístico, es el mismo cuando pasamos de 400 a 500 m que cuando pasamos de 800 a 900.

Cuando el coeficiente  $b$  de la variable es positivo obtendremos un odds ratio mayor que 1 y corresponde por tanto a un factor de riesgo. Por el contrario, si  $b$  es negativo el odds ratio será menor que 1 y se trata de un factor de protección.

Siempre que se construye un modelo de regresión es fundamental, antes de pasar a extraer conclusiones, el corroborar que el modelo calculado se ajusta efectivamente a los datos usados para estimarlo.

En el caso de la regresión logística una idea bastante intuitiva es calcular la probabilidad de aparición del suceso, presencia de una especie en nuestro caso, para todas las estaciones de la muestra (un determinado ecotipo fluvial). Si el ajuste es bueno, es de esperar que un valor alto de probabilidad se asocie con presencia real de la especie, y viceversa, si el valor de esa probabilidad calculada es bajo, cabe esperar también ausencia de la especie en la comunidad.

El resultado de estos análisis de regresión multivariante y regresión logística es una serie de modelos que permiten explicar la variación de las 293 observaciones de las variables dependientes en función del grado de PRESIONES E IMPACTOS y de la cota altitudinal, pudiendo así dar la composición teórica de referencia para cada ecotipo fluvial y cada altitud.

### **Abundancia relativa**

Al igual que en las estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS, las especies presentes en la comunidad de referencia de un determinado ecotipo se sustituyen unas a otras según el gradiente altitudinal estudiado en la característica anterior (composición taxonómica). Sin embargo, en este método se va a tener en cuenta la variación en la abundancia relativa de cada especie en función del grado de PRESIONES E IMPACTOS a que esté sometido el tramo en que se encuentra.

Se han buscado los modelos de **regresión lineal multivariante** que permiten explicar la abundancia relativa de cada especie en función de la altitud y del grado de PRESIONES E IMPACTOS para cada ecotipo fluvial

Las **variables dependientes** para las que se ha buscado una correlación con los datos de PRESIONES E IMPACTOS y altitud con el fin de establecer modelos que permitan dar las abundancias de referencia en cada ecotipo fluvial son:

$ab\ esp =$  abundancia relativa en % de la especie de nombre Género **especie** en la estación de muestreo.

Y las **variables independientes** de dichas correlaciones son las mismas que las analizadas para modelizar la composición taxonómica.

La determinación de los modelos se ha llevado a cabo mediante el análisis de **regresión multivariante** con adición de variables por pasos (forward stepwise multiple regression), seleccionando aquellas variables independientes para las que exista correlación estadísticamente significativa al 95% de nivel de confianza. De estos modelos de regresión multivariante se han seleccionado aquellos que explican más del 50% de la variación de las variables dependientes.

El resultado es una serie de modelos que permiten explicar la variación de las 153 observaciones de las variables dependientes (abundancias relativas) en función del grado de PRESIONES E IMPACTOS y de la cota altitudinal, pudiendo así dar la abundancia teórica de referencia de cada especie autóctona para cada ecotipo fluvial y cada altitud.

### **Estructura de edades**

No se dispone de información sobre estructura de edades en las estaciones disponibles en número suficiente para establecer modelos robustos.

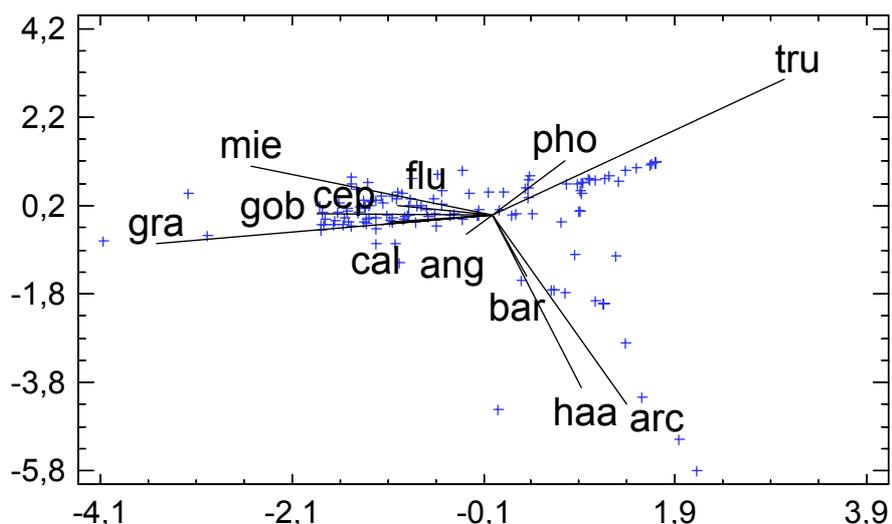
## **Resultados**

Según la metodología planteada para el establecimiento de modelos predictivos, los datos de composición taxonómica (variables binarias de presencia =1 y ausencia =0) se pueden transformar en variables continuas mediante la introducción del concepto de *asociación básica*. Como se exponía en la metodología, una asociación básica puede interpretarse como el conjunto de peces con requerimientos de hábitat similares que, potencialmente podrán ocupar un mismo tramo de río.

De esta forma, es esperable que cuando aparezca una especie de una determinada asociación básica las otras especies puedan potencialmente ocupar también dicho tramo. Y por tanto la comunidad mínima esperable en dicho tramo estará compuesta por las especies que forman la asociación básica con la especie detectada.

Según este concepto, una comunidad de peces en condiciones de referencia estaría conformada por una sucesión de asociaciones básicas que se van solapando y sustituyendo unas a otras según un gradiente altitudinal.

En la figura 3.2 se puede apreciar el efecto de esta sustitución de unas especies por otras mediante la comparación de los vectores que representan a cada variable (especie) en un análisis de componentes principales con los datos de abundancia relativa de cada especie.

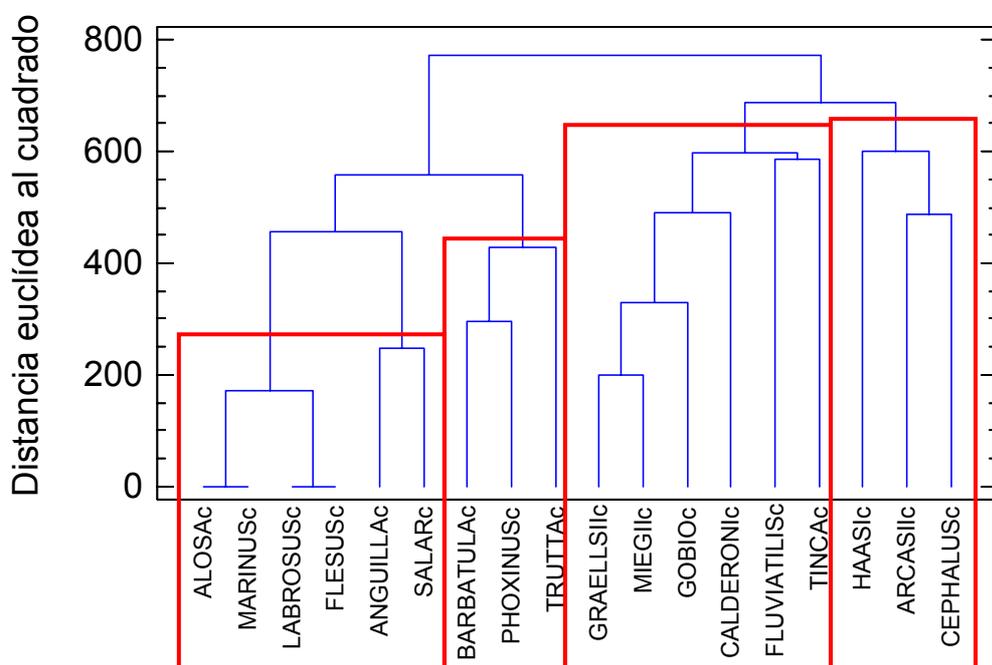


**Figura 3.2. Distancias entre las especies autóctonas de Navarra según su abundancia relativa en las estaciones de muestreo estudiadas.**

Estudiando la presencia o ausencia y la importancia de cada asociación básica en una comunidad en función de la cota en cada punto, se puede determinar la sucesión altitudinal de asociaciones básicas y, por tanto, la composición de la comunidad en condiciones de referencia.

Las asociaciones básicas encontradas entre las especies autóctonas de peces de Navarra, según los criterios expuestos en la metodología, se obtienen del análisis de las distancias entre los vectores (observaciones) de tantas componentes como especies se consideren. Las distancias euclídeas entre los vectores se pueden representar mediante dendrogramas.

Los resultados para este estudio se han representado en el dendrograma de la figura 3.3.



**Figura 3.3.** Distancias entre las variables presencia/ausencia de especies por estación de muestreo (293 estaciones). Enmarcadas en rojo se señalan las asociaciones básicas encontradas: AB1, AB2, AB3 y AB4.

Como se aprecia en la figura 4.3, el estudio de las mencionadas distancias permite distinguir cuatro asociaciones de especies en cuanto a su presencia y ausencia en las estaciones de muestreo analizadas (293 estaciones).

La primera asociación básica (**AB1**) está formada por las especies que tienen vinculación con el mar como el sábalo, la lamprea, el corcón, la platija, la anguila y el salmón. La anguila conformaría un caso especial al tratarse de la única especie vinculada al mar que podría estar presente en condiciones de referencia en la

cuenca del Ebro, lo que la hace el único representante de esta asociación básica en los ríos de esta cuenca.

La segunda asociación básica (**AB2**) la conforman las especies con requerimientos de aguas corrientes, frías y oxigenadas, propias de tramos altos y cabeceras. Por tratarse del primer grupo de especies que aparece desde el nacimiento de los cursos de agua, es posible que en algunos tramos una de ellas sea la única de la comunidad de peces. Generalmente se tratará de la trucha, única especie por tanto capaz de formar comunidades monoespecíficas en condiciones de referencia. Esta circunstancia se ve reflejada en la figura 4.3 por la existencia de una cierta distancia entre la trucha y la pareja pez lobo-chipa.

La tercera asociación básica (**AB3**) es la que componen las especies de tramos medios y bajos de los ríos con corriente moderada. Es el dominio de los ciprínidos de tramos medios y bajos como el barbo de Graells, la madrilla, el gobio y la tenca. En este punto hay que citar que existe un debate acerca del carácter autóctono o alóctono de estas dos últimas especies. En este trabajo se ha utilizado el criterio de Doadrio (2001), que considera al gobio como autóctono en la cuenca del Ebro y Bidasoa, así como a la tenca por existir datos de su existencia en yacimientos arqueológicos de la edad de bronce..

La cuarta asociación (**AB4**) la representan ciprínidos de tramos medios-altos de los ríos mediterráneos, propios de aguas con corriente moderada o alta y lechos pedregosos como el barbo culirrojo o la bermejuela.

Existen cuatro especies para las que no hay datos disponibles de su presencia en las estaciones de muestreo, por ello se han asignado a las asociaciones básicas correspondientes siguiendo los requerimientos de hábitat reseñados en bibliografía. De esta forma la lamprea de río (*Lampetra planeri*) que aparece asociada a la trucha en la cuenca del Adour y el cavilat (*Cottus gobio*), propio de tramos altos y corriente moderada o rápida y citado en el Bidasoa y Nive, se han asignado a la asociación básica AB2 sólo en las citadas cuencas, la colmilleja (*Cobitis paludica*) propia de tramos medios y bajos y corrientes lentas se ha incluido en AB3, y el espinoso (*Gasterosteus gymnurus*), que aparece citado en el curso bajo del Bidasoa, formará parte de la AB1.

### **Composición taxonómica**

Siguiendo los cuatro pasos expuestos en la metodología general para la estimación de las condiciones de referencia mediante modelos predictivos (REFCOND B), los resultados obtenidos en cada paso son los siguientes:

**PASO 1º. Comunidad de referencia en términos de % de la misma que está conformada por cada asociación básica. Modelos para estimar %  $AB_i=f(Z, \text{presiones e impactos})$ .**

Mediante la determinación de las asociaciones básicas presentes en cada estación de muestreo se pueden definir variables que cuantifiquen la importancia relativa de cada asociación básica en la comunidad de peces de cada estación. De esta forma, calculando el número de especies de la asociación básica  $i$  ( $AB_i$ ) presentes en la estación  $n$  respecto al número total de especies autóctonas presentes en dicha estación, se puede cuantificar la importancia de la  $AB_i$  en la estación  $n$ .

El análisis de la variación de la importancia relativa de cada asociación básica en función del grado de alteración de la estación (PRESIONES E IMPACTOS) conducirá al establecimiento de un modelo que permita estimar la importancia relativa de cada asociación básica en condiciones de 0 PRESIONES E IMPACTOS para un ecotipo fluvial dado.

Por supuesto, este análisis debe afectarse de la variación altitudinal, incluyendo a tal efecto la cota de la estación de muestreo como una variable independiente a analizar con el mismo rango que las variables independientes de PRESIONES E IMPACTOS.

Se han encontrado correlaciones significativas al 95% de nivel de confianza y con un coeficiente de correlación al cuadrado ( $R^2$ ) superior a 0,5 para algunas de las variables dependientes (número de especies autóctonas respecto a número total de especies (% aut) e importancias relativas de las asociaciones básicas  $AB_1$ ,  $AB_2$ ,  $AB_3$  y  $AB_4$  (%  $AB_1$ , %  $AB_2$ , %  $AB_3$ , %  $AB_4$ ) en los ecotipos fluviales 2, 3, 4, 9 y 11.

En la tabla 3.1 se muestran las relaciones detectadas entre las variables dependientes (número de especies autóctonas respecto a número total de especies e importancias relativas de las asociaciones básicas  $AB_1$ ,  $AB_2$ ,  $AB_3$  y  $AB_4$ ) y variables independientes (cota y grado de PRESIONES E IMPACTOS) con significación estadística en dichas correlaciones, para cada uno de los ecotipos fluviales.

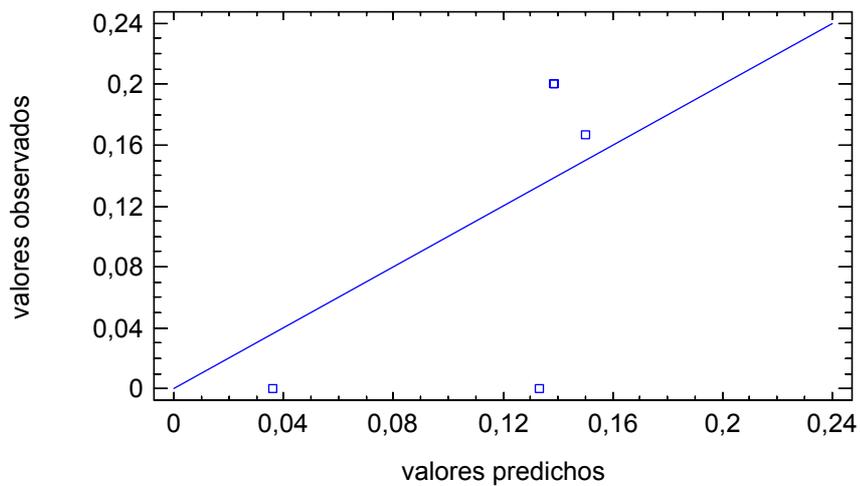
**Tabla 3.1. Valores del coeficiente de correlación al cuadrado (R<sup>2</sup>) de las regresiones entre variables de composición taxonómica (variables dependientes) y variables de grado de PRESIONES E IMPACTOS (variables independientes) para estimar % AB<sub>i</sub>=f(Z, presiones e impactos). En rojo se han destacado las correlaciones con R<sup>2</sup> > 0,50 y significación estadística al 95%.**

Ecotipo fluvial	% aut	%_AB1	%_AB2	%_AB3	%_AB4
1	no variación	0	no variación	no variación	no variación
2	0	0	0	0,56	no variación
3	no variación	0,51	0,78	0	no variación
4	0,15	0,12	0,18	0,53	0,12
5	0,12	no variación	0,37	0,38	0
6	no variación	no variación	0	0	0
7	no variación	no variación	0,41	0,44	0
8					
9	0,41	0	0,79	0,72	0,85
10	0,13	0,18	0,1	0,22	0,23
11	0,50	no variación	0,53	0,53	no variación

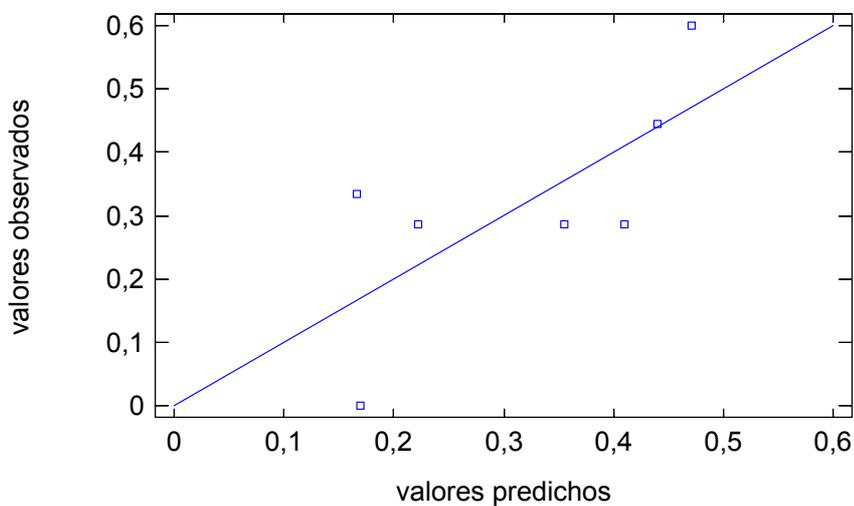
Los modelos de regresión lineal seleccionados se muestran en la Tabla 3.2. Junto a los modelos obtenidos para cada ecotipo se han representado gráficamente la relación entre valores observados y valores previstos en las estaciones de cada ecotipo. En las figuras 3.4 a 3.13 se representa la relación entre los valores predichos por las regresiones lineales con los valores observados, para cada tipo de río.

**Tabla 3.2. Ecuaciones de las regresiones lineales que relacionan la composición de las comunidades básicas con los diferentes factores de impacto.**

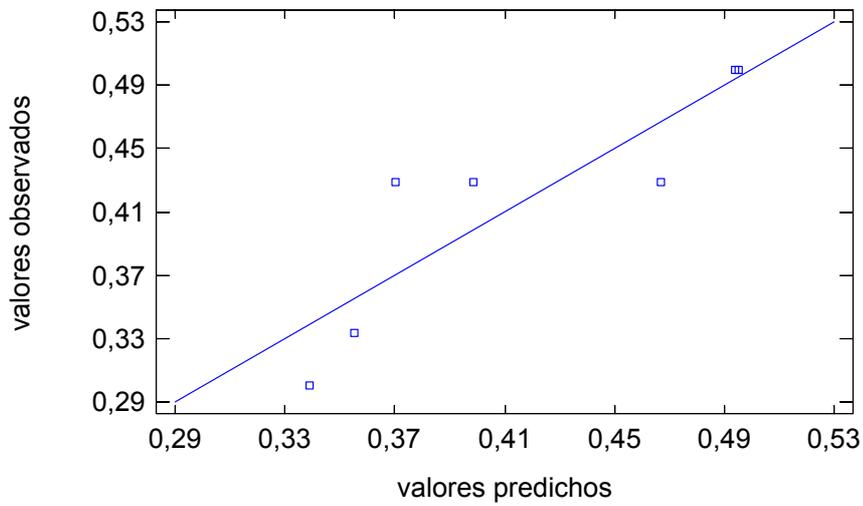
Ecotipo	Ecuación de regresión lineal multivariante
2	% AB3 = 0,257 - 0,00056 . Z
3	% AB1 = 0,511 - 0,00265 . Z % AB2 = 0,318 + 0,00136 . Z
4	% AB3 = 1,574 - 0,00261 . Z - 0,727 . n25 + 7,65 . 10 <sup>-8</sup> . fpspii + ,0125 . sum_fac_P2
9	% AB2 = 0,0506 - 0,0639 . Z + 6,76 . n25 + 2,59 . 10 <sup>-8</sup> . fpspi % AB3 = 0,443 - 0,001 . Z + 1,25 . 10 <sup>-8</sup> . fpspii + 0,181 . p + 0,045 . altmor_1 % AB4 = 0,496 + 0,00116 . Z + 0,158 . db05 - 8,76 . n25 - 2,57 10 <sup>-8</sup> . fpspii - 0,388 . p - 0,0413 . altmor_1
11	% aut = -0,692 + 0,00438 . Z , por posible colinealidad se ha calculado también este modelo sin tener en cuenta la cota (Z): AUT = 0,878 - 29,7 . n (R <sup>2</sup> = 0,50) % AB2 = 0,251 - 5,87 . db05 % AB3 = 0,748 + 5,87 . db05



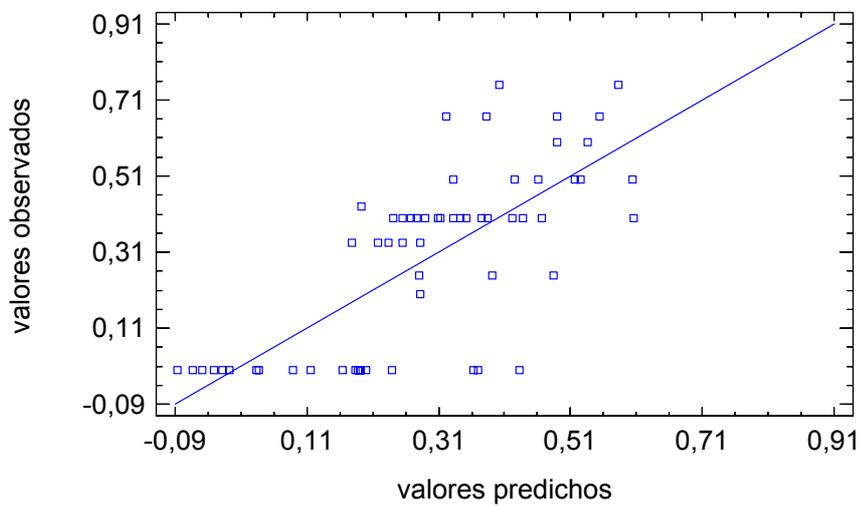
**Figura 3.4. Ajuste del modelo de % AB3 en el ecotipo 2 a los valores observados ( $\% AB3 = 0,257 - 0,00056 \cdot Z$ )**



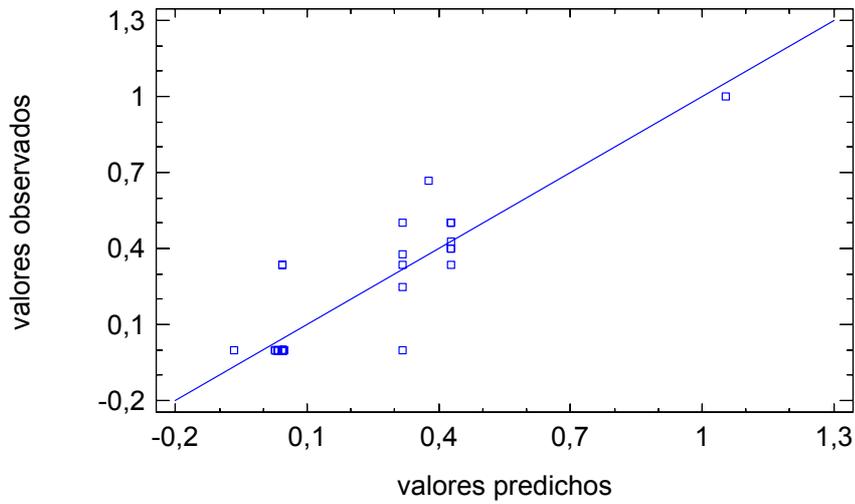
**Figura 3.5. Ajuste del modelo de % AB1 en el ecotipo 3 a los valores observados ( $\% AB1 = 0,511 - 0,00265 \cdot Z$ )**



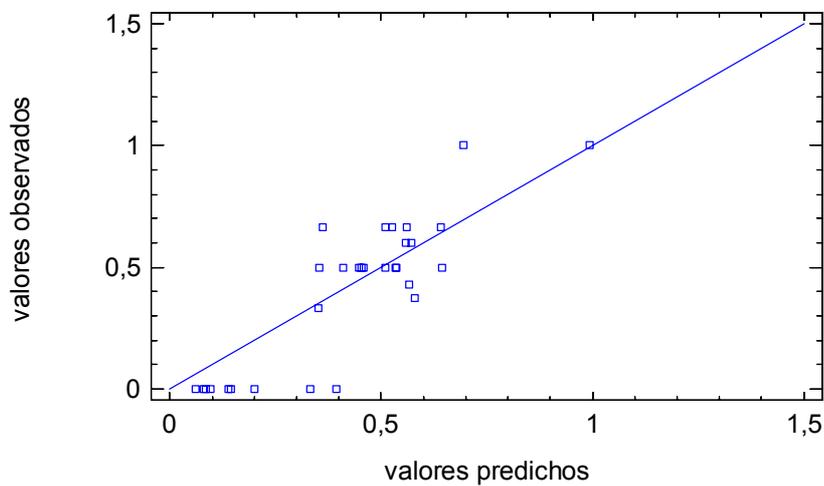
**Figura 3.6. Ajuste del modelo de % AB2 en el ecotipo 3 a los valores observados (% AB2 = 0,318 + 0,00136 . Z)**



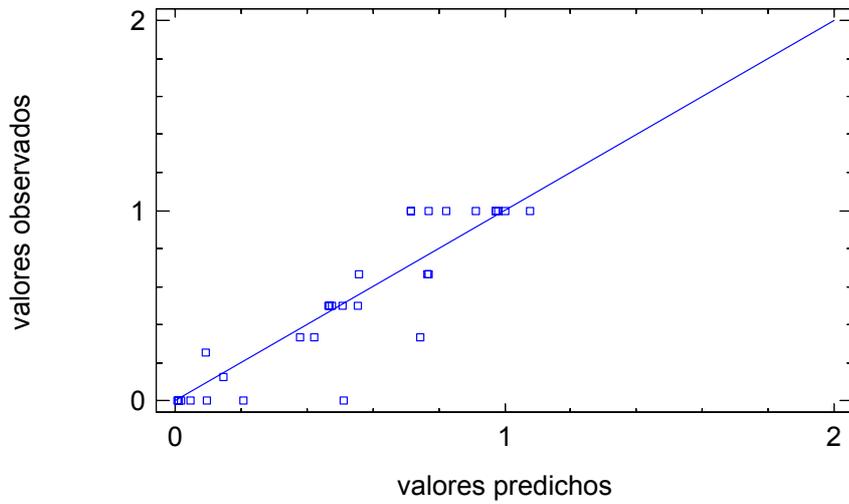
**Figura 3.7 Ajuste del modelo de % AB3 en el ecotipo 4 a los valores observados. (% AB3 = 1,574 - 0,00261 . Z - 0,727 . n25 + 7,65 . 10<sup>-8</sup> . fpspii + 0,0125 . sum\_fac\_P2)**



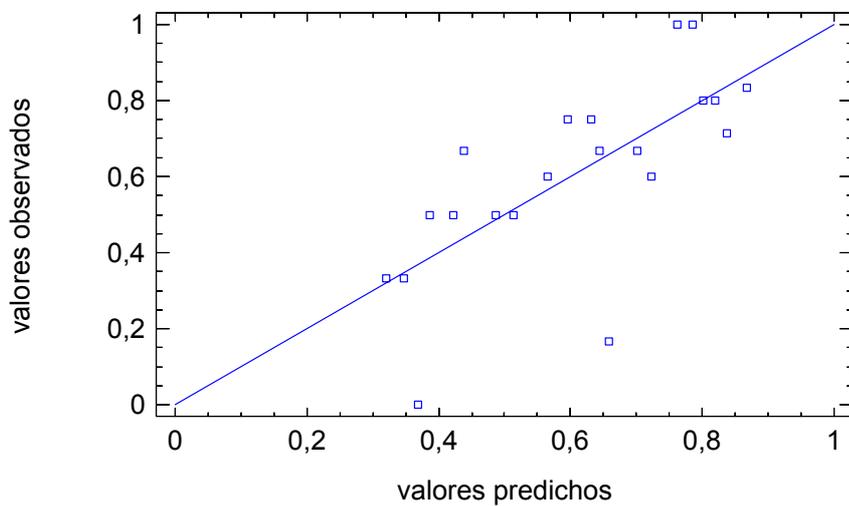
**Figura 3.8. Ajuste del modelo de % AB2 en el ecotipo 9 a los valores observados ( $\% \text{ AB2} = 0,0506 - 0,0639 \cdot Z + 6,76 \cdot n25 + 2,59 \cdot 10^{-8} \cdot \text{fpspi}$ ).**



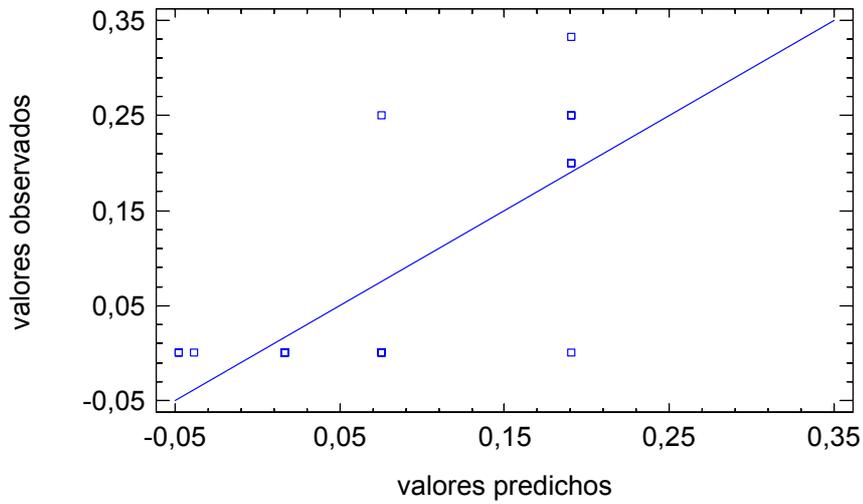
**Figura 3.9. Ajuste del modelo de % AB3 en el ecotipo 9 a los valores observados ( $\% \text{ AB3} = 0,443 - 0,001 \cdot Z + 1,25 \cdot 10^{-8} \cdot \text{fpspii} + 0,181 \cdot p + 0,045 \cdot \text{altmor}_1$ ).**



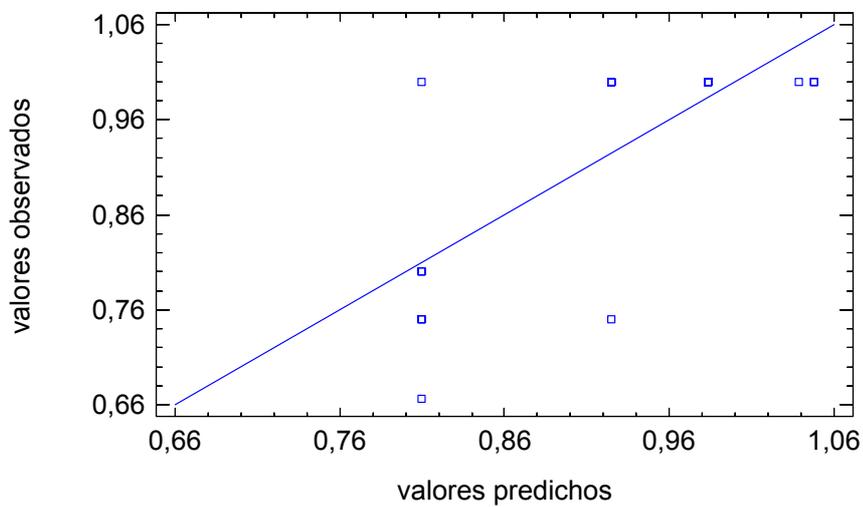
**Figura 3.10.** Ajuste del modelo de % AB4 en el ecotipo 9 a los valores observados ( $\% \text{ AB4} = 0,496 + 0,00116 \cdot Z + 0,158 \cdot \text{db05} - 8,76 \cdot \text{n25} - 2,57 \cdot 10^{-8} \cdot \text{fpspii} - 0,388 \cdot p - 0,0413 \cdot \text{altmor}_1$ ).



**Figura 3.11.** Ajuste del modelo de % aut en el ecotipo 11 a los valores observados. ( $\% \text{ aut} = -0,692 + 0,00438 \cdot Z$ , por posible colinealidad se ha calculado también este modelo sin tener en cuenta la cota (Z):  $\% \text{ aut} = 0,878 - 29,7 \cdot n$  ( $R^2 = 0,50$ )).



**Figura 3.12. Ajuste del modelo de % AB2 en el ecotipo 11 a los valores observados. (% AB2 = 0,251 - 5,87 . db05)**



**Figura 3.13. Ajuste del modelo de % AB3 en el ecotipo 11 a los valores observados. (% AB3 = 0,748 + 5,87 . db05).**

Se puede observar, a la vista de los valores de  $R^2$  de la tabla 8 y de los modelos seleccionados, que no en todos los ecotipos existe una relación entre grado de PRESIONES E IMPACTOS y composición de la comunidad. Bien porque los tramos estudiados no tienen un grado de PRESIONES E IMPACTOS muy alto, o bien porque no es determinante la intensidad de las alteraciones detectadas en la composición de las comunidades, no hay una relación clara entre grado de alteración (PRESIONES E IMPACTOS) y composición taxonómica de la comunidad de peces en los ecotipos 1, 5, 6, 7 y 10.

En el caso del ecotipo 1 (Ríos pequeños cantábricos poco mineralizados) la explicación parece clara cuando se observa que 7 de las 11 estaciones de muestreo se encuentran en tramos libres de PRESIONES E IMPACTOS. En este caso, por tanto, la causa de no detectar relación entre grado de alteración y composición de la comunidad hay que buscarla en la escasa intensidad de las alteraciones reseñadas.

Asimismo, existen ecotipos para los que se han seleccionados modelos pero sólo entre algunas variables dependientes y la cota (Z), sin que exista correlación significativa con la intensidad de las alteraciones (PRESIONES E IMPACTOS). Es el caso de los ecotipos 2 (Ríos pequeños cantábricos de mineralización media) y 3 (Ríos medianos cantábricos de mineralización media). En estos casos se puede aventurar que las alteraciones actuales, en el rango de valores en que se han detectado, no condicionan la composición taxonómica de las comunidades. Sin embargo, la variación en su composición queda bien explicada por la variación altitudinal de los tramos estudiados.

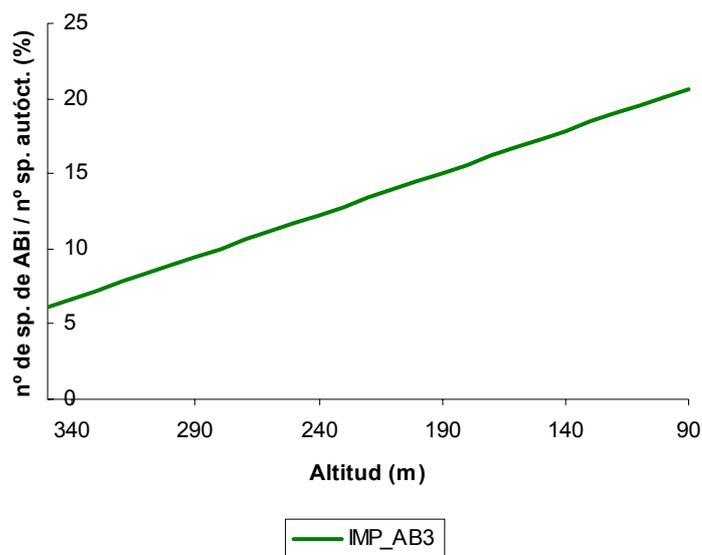
Es importante destacar que la variable independiente de las estudiadas que más condiciona la composición de las comunidades es la altitud. Esta variable puede explicar con una significación del 95% la variabilidad de la composición de la comunidad en 7 de los 10 modelos seleccionados, y en 3 de ellos (en los ecotipos 2 y 3) es la única variable independiente con significación estadística. Este hecho refleja la importancia de la componente altitudinal como factor regulador de la presencia o ausencia de determinadas especies en un tramo de río, y sirve como justificación del interés que tiene referir las condiciones de referencia estimadas para un ecotipo en función de la altitud de cada tramo.

Las relaciones más evidentes entre intensidad de la alteración (PRESIONES E IMPACTOS) y composición taxonómica de las comunidades se encuentran en los

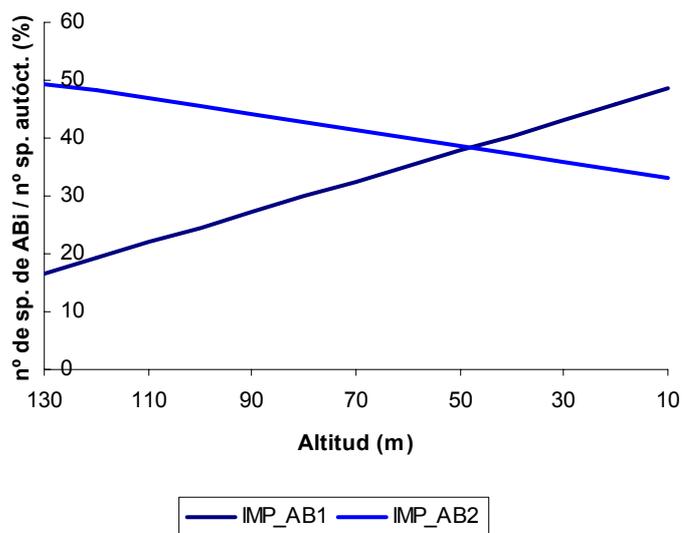
ecotipos 9 (Ríos mediterráneos permanentes de tamaño pequeño y medio) y 11 (Eje del Ebro). En el caso del ecotipo 9 las alteraciones encontradas parecen lo suficientemente significativas como para condicionar de forma evidente la composición taxonómica de las comunidades de peces, estando algunas de sus asociaciones básicas (en particular la AB3 y AB4) también influidas por la cota. Los tramos del Eje del Ebro (ecotipo 11) tienen un rango altitudinal demasiado estrecho como para que se manifiesten los efectos de su variación en la composición específica de las comunidades. En este último ecotipo se da la única relación significativa entre la importancia relativa de las especies autóctonas respecto al total de especies de la comunidad y una variable de PRESIONES E IMPACTOS, probablemente se deba a que este ecotipo es el más afectado por las especies introducidas. Sin embargo da una idea de la influencia de las alteraciones en la presencia de especies introducidas en la comunidad de peces.

Además de explicar las relaciones expuestas, mediante los modelos de regresión seleccionados, y a través de la importancia relativa de cada asociación básica, se puede estimar la composición de las comunidades de los ecotipos representados para unas condiciones de PRESIONES E IMPACTOS y una altitud dada. De esta forma, considerando que las condiciones de referencia presentan una alteración nula o casi nula, haciendo cero el valor de las variables de PRESIONES E IMPACTOS (variables independientes) de cada modelo, se puede inferir la composición por asociaciones básicas de cada ecotipo en función de la altitud. En la tabla 10 se recogen los valores de la importancia relativa de cada asociación básica estimados para condiciones de 0 PRESIONES E IMPACTOS, valores que permiten establecer a composición de la comunidad en condiciones de referencia

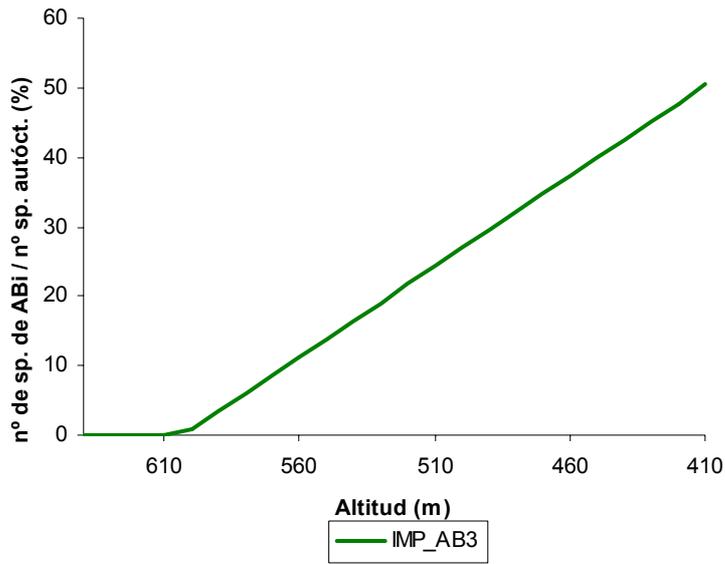
La interpretación de los modelos en condiciones de referencia (0 PRESIONES E IMPACTOS) hace que los valores estimados de la importancia relativa de cada asociación básica en la comunidad de peces quede en la mayoría de los casos en función de la altitud. Las figuras 3.14 a 3.18 representan la proporción en tanto por ciento que representa cada asociación básica en la comunidad de peces de cada ecotipo, y su variación estimada en función de la altitud (Z).



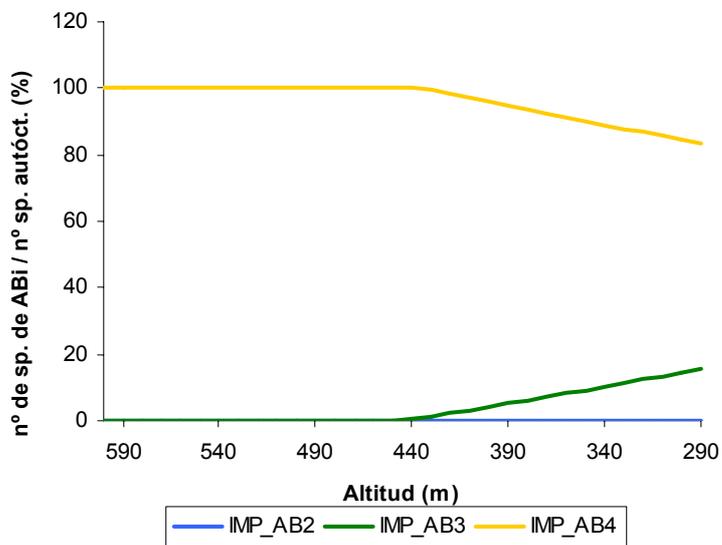
**Figura 3.14.** Variación en función de la altitud (m) del porcentaje de las especies de la asociación básica AB3 respecto al total de especies autóctonas para la comunidad en condiciones de referencia del ecotipo 2.



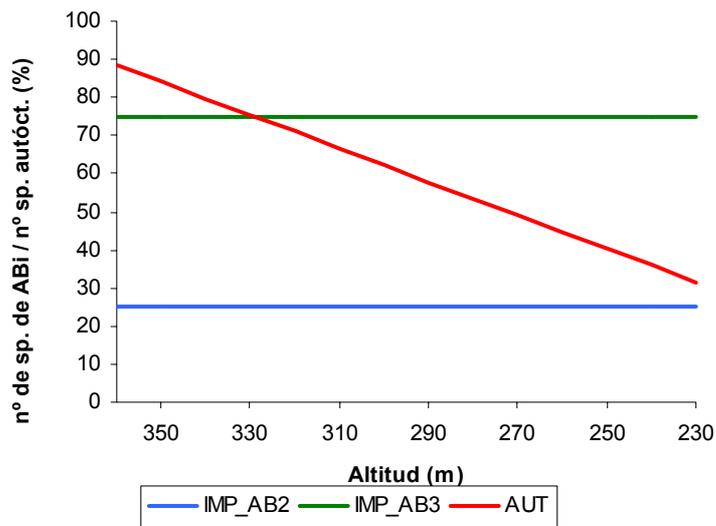
**Figura 3.15.** Variación en función de la altitud (m) del porcentaje de las especies de las asociaciones básicas AB1 y AB2 respecto al total de especies autóctonas para la comunidad en condiciones de referencia del ecotipo 3.



**Figura 3.16.** Variación en función de la altitud (m) del porcentaje de las especies de la asociación básica AB3 respecto al total de especies autóctonas para la comunidad en condiciones de referencia del ecotipo 4.



**Figura 3.17.** Variación en función de la altitud (m) del porcentaje de las especies de las asociaciones básicas AB2, AB2 y AB3 respecto al total de especies autóctonas para la comunidad en condiciones de referencia del ecotipo 9.



**Figura 3.18.** Variación en función de la altitud (m) del porcentaje de las especies de las asociaciones básicas AB2 y AB3 respecto al total de especies autóctonas, y de la proporción de especies autóctonas respecto al total de especies para la comunidad en condiciones de referencia del ecotipo 11.

**PASO 2º. Número de especies autóctonas en cada tramo. Modelos para estimar  $n\ sp=f(Z, \text{presiones e impactos})$ .**

Los modelos de regresión lineal construidos, así como los parámetros estadísticos de los análisis realizados, se muestran en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Ecuaciones de las regresiones lineales que explican el número de especies autóctonas con la altitud y variables de alteración (presiones e impactos). El valor de  $r > 0,5$  indica la posible existencia de colinealidad entre las variables independientes del modelos.**

Ecotipo	variable	coeficiente	R <sup>2</sup>	colinealidad
1				
2				
3	Cte	9,57919	0,7217	r<0,5
	Z	-0,0336377		
4	Cte	12,4495	0,3524	r<0,5
	Z	-0,0167932		
	n25	-6,2846		
5	Cte	1,25386	0,277	r<0,5
	DBO5	2,17321		
	altmor_2	0,456107		
6				
7	Cte	9,73656	0,4413	r<0,5
	Z	-0,00940807		
8	Sum_fac_p2	0,0994712		
9	Cte	0,586074		r=0,5
	fpspii	1,45E-07		
	altmor_1	0,186585		
10	Cte	-5,63575	0,2579	r=0,5
	Z	0,0300263		
11	Núcl.	6,76431		
	Cte	-5,58961	0,6455	
	Z	0,0281011		

Los modelos de regresión recogidos en la tabla 4.3 permitirán estimar el número de especies autóctonas que deberían estar presentes en la comunidad en condiciones teóricas de no alteración antropogénica (0 presiones e impactos), en función, según el caso, de la altitud.

**PASO 3º. Especies presentes de cada asociación básica en el tramo a partir de modelos de regresión logística. Modelos para estimar  $esp=f(Z, presiones \text{ e impactos})$ .**

En la tabla 3.4 se han recogido los modelos de regresión logística con significación estadística contruidos para relacionar la presencia/ausencia de cada especie en función de la altitud y las variables de presión e impacto (presiones e impactos).

**Tabla 3.4. Ecuaciones de las regresiones logísticas que permiten estimar la probabilidad de ocurrencia de una determinada especie en función de la altitud la altitud y variables de alteración (presiones e impactos). Los parámetros de regresión recogidos son: el "odds ratio" (OR), el % de variabilidad explicada por el modelo y el valor p, que indica el nivel de significación estadística**

Ecotipo	especie	Variable	coeficiente	OR	chi <sup>2</sup>	p-value	% var explicada
1	pho	cte.	-18,57				61,84
		Fpspii	0,00043	1	6,189	0,013	
	tru	cte.	siempre				
2	bar	cte.	6,37				58,17
		Z	-0,253	0,975	5,562	0,018	
	gob	cte.	351,937				66,9
		Z	-1,692	0,184	5,603	0,018	
	sal	cte.	514,151				100
		Z	-2,597	0,074	5,742	0,017	
tru	cte.	siempre					
3	alo	cte.	56,4157				99,99
		Z	-1,736	0,176	8,375	0,004	
	bar	cte.	siempre				
	lab	cte.	90,767				100
		Z	-4,312	0,013	5,741	0,017	
	gob	cte.	siempre				
	mar	cte.	56,416				99,99
		Z	-1,736	0,176	8,375	0,003	
fle	cte.	90,767				100	
	Z	-4,312	0,013				
tru	cte.	siempre					

Ecotipo	especie	Variable	coeficiente	OR	chi <sup>2</sup>	p-value	% var explicada
4	bar	cte.	8,773				16,74
		Z	-0,015	0,985	7,965	0,005	
		n25	-8,61	0,00018	6,586	0,01	
	gra	cte.	12,51				23,55
		Z	-0,024	0,977	16,421	0,0001	
		n25	-7,253	0,0007	4,316	0,037	
	haa	cte.	-1,386				51,12
		n25	-1217,36	0	5,234	0,022	
	arc	cte.	-2,204				16,62
		dbo5	-1,888	0,151	3,993	0,046	
	mie	cte.	15,948				32,93
		Z	-0,028	0,972	19,749	0	
		n25	-10,651				
	cal	cte.	-399,581	0,00002	8,403	0,004	56,77
		Fpspi	0,002	1,002	10,033	0,0015	
	gob	cte.	-2,73				36,92
		Fpspii	0,0000016	1	14,078	0	
		Fpspi	-0,0001009	0,999	3,914	0,047	
pho	cte.	1,511				9,61	
	sum_fac_p2	-0,136	0,873	6,998	0,008		
tru	cte.	2,822				28,76	
	Fpspi	-0,000021	0,999	13,715	0		
5	bar	cte.	-1,874				24,04
		n25	192,585	4,35E+83	12,493	0,0004	
	gra	cte.	18,843				41,95
		Z	-0,037	0,963	18,947	0	
		Fpspii	0,00000168	1	5,637	0,017	
		Fpspi	0,000197	0,999	7,106	0,008	
	mie	cte.	8,793				23,2
		Z	-0,046	0,985	10,908	0,001	
		Fpspi	-0,000017	0,999	5,892	0,0152	
	cal	cte.	-52,564				46,2
P		254,37	2,96E+110	4,297	0,038		

Ecotipo	especie	Variable	coeficiente	OR	chi <sup>2</sup>	p-value	% var explicada	
	gob	cte.	-67,511				68,95	
		Fpspi	0,00025	1,00025	9,814	0,0017		
		altmor_2	13,063	471054	20,592	0		
	pho	cte.	-4,258					22,03
		dbo5	2,387	10,886	4,051	0,044		
		altmor_1	0,933	2,541	8,544	0,0035		
6	bar	cte.	1200,83				100	
		Z	-1,512	0,22	5,407	0,02		
	gra	cte.	1200,83					100
		Z	-1,512	0,22	5,407	0,02		
	haa	cte.	1200,83					100
		Z	-1,512	0,22	5,407	0,02		
	tru	cte.	siempre					
	7	bar	cte.	16,383				53,59
			Z	-0,036	0,964	22,083	0	
			altmor_2	5,746	313,075	13,009	0,0003	
			sum_fac_p	0,227	1,254	13,219	0,0003	
			sum_fac_p2	-1,561	0,209	10,265	0,0014	
gra		cte.	15,261					43,77
		Z	-0,024	0,976	26,947	0		
		sum_fac_p2	0,142	1,152	3,949	0,047		
mie		cte.	12,767					39,38
		Z	-0,021	0,979	22,457	0		
		sum_fac_p2	0,224	1,251	8,294	0,004		
cal		cte.	13,734					34,62
		Z	-0,032	0,968	7,814	0,005		
gob		cte.	4,526					27,11
		Z	-0,01	0,989	10,614	0,0011		
		sum_fac_p	0,129	1,138	8,065	0,0045		
pho		cte.	9,916					22,79
		Z	-0,011	0,989	6,315	0,012		
tru		cte.	1,386					17,57
		sum_fac_p2	1,676	5,345	6,402	0,011		

Ecotipo	especie	Variable	coeficiente	OR	chi <sup>2</sup>	p-value	% var explicada	
9	bar	cte.	-1,904				16,56	
		Fpspii	1,02E-07	1	7,307	0,007		
	gra	cte.	13,431					66,08
		Fpspii	1,00E-07	1	5,307	0,021		
		altmor_1	0,896	2,449	23,451	0		
	haa	cte.	-1,335					20,54
		n25	-5153,88	0	6,348	0,012		
	arc	cte.	1,252					30,1
		Fpspi	-5,31E-07	0,999	6,443	0,011		
		P	-5,668	0,003	5,942	0,015		
	mie	cte.	-1,624					45,21
		altmor_2	0,932	2,541	26,09	0		
	gob	cte.	-1,473					30,65
		Fpspii	3,70E-07	1	16,634	0		
	pho	cte.	-2,479					53,72
		n25	23,946	2,50E+10	4,14	4,20E-02		
		Fpspii	9,18E-07	1	22,601	0		
	tru	cte.	-3,424					39,18
Fpspii		0,0000011	1	5,245	0,022			
Fpspi		-0,0000018	0,999	4,115	0,042			
10	bar	cte.	-12,528				2,97E+01	
		Z	0,029	1,029	4,892	0,027		
		Fpspii	5,00E-09	1	4,705	0,03		
		altmor_1	0,631	1,88	6,134	0,013		
	mie	cte.	-44,764					43,65
		Z	0,145	1,156	13,904	0,0002		
		Ncul	30,837	2,46E+13	6,117	0,013		
	cal	cte.	-33,624					50,49
		Z	0,076	1,079	7,138	0,007		
		Núcl.	33,564	3,77E+14	8,007	0		
		Fpspii	9,70E-09	1	8,169	0,004		
	gob	cte.	6,081					25,5
		dbo5	-13,065	2,10E-06	5,689	0,017		

Ecotipo	especie	Variable	coeficiente	OR	chi <sup>2</sup>	p-value	% var explicada	
	pho	cte.	-9,226				11,01	
		Z	0,037	1,037	3,952	0,046		
	tru	cte.	-174,01					72,8
		n25	44076,9	1	10,841	0,001		
		Fpspii	-7,00E-07	1	5,055	0,024		
11	gra	cte.	-78,731				90,18	
		Z	0,322	1,379	18,814	0		
	mie	cte.	-34,234					44,34
		Z	0,098	1,103	11,755	0,0006		
		dbo5	212,997	3,00E+92	4,441	0,035		
	gob	cte.	6,919					19,69
		sum_fac_p2	-0,466	0,627	4,644	0,031		
	pho	cte.	-71,294					84,13
		Z	0,211	1,235	17,551	0		
	flu	cte.	-43,707					53,27
		Z	0,127	1,135	9,335	0,0022		

### **Abundancia relativa por especies**

La determinación de la abundancia relativa de cada especie en condiciones de referencia siguiendo el enfoque metodológico de los modelos predictivos requiere del análisis estadístico de los datos de abundancia relativa en relación con la intensidad de las alteraciones detectadas en cada estación de muestreo.

De la misma forma que en la modelización de la composición taxonómica, en este caso se ha llevado a cabo una selección de los modelos que explican más del 50% de la variabilidad de las observaciones mediante una regresión multivariante de las variables independientes con significación estadística al 95% de nivel de confianza.

De esta forma se han obtenido 6 modelos más uno que puede considerarse en el límite de los criterios de selección. En la tabla 3.5 se recogen los resultados, para cada ecotipo, del análisis de las variables independientes (altitud y grado de

PRESIONES E IMPACTOS) y la abundancia relativa las especies autóctonas con datos en las mismas.

**Tabla 3.5. Coeficientes de correlación al cuadrado (R2) de los modelos de regresión multivariante seleccionados entre abundancias relativas de especies (variables dependientes) y altitud y grado de PRESIONES E IMPACTOS (variables independientes). Señalados en rojo los valores de los modelos seleccionados (R2 ≥ 0,50 y variables significativas al 95%).**

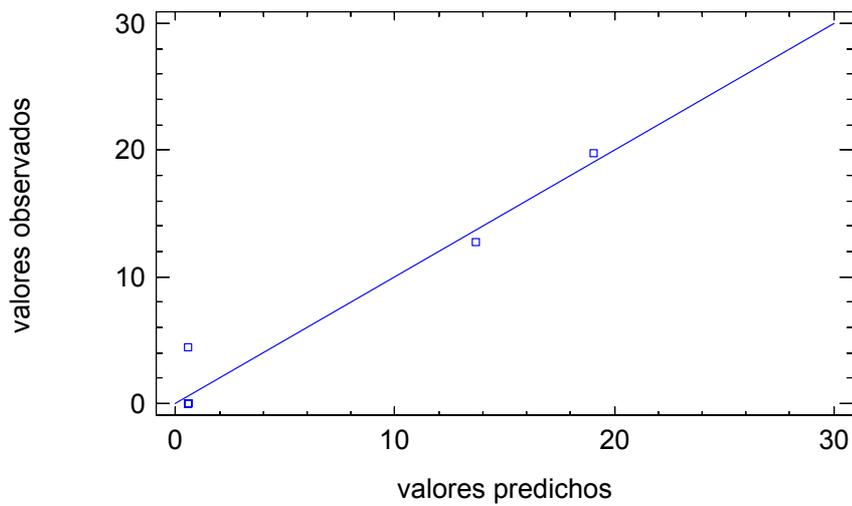
Ecotipo fluvial	Bar	gra	haa	arc	mie	cal	gob	pho	flu	tru
1								0,41		0,41
2	no hay variación									
3	1 sólo dato									
4	0,39	0,20			0		0	0		0,36
5		0,95		0	0			0		0,50
6										0
7	0,71									
8		0,32	0		0,30		0,25	0		0,37
9	0	0,48	0	0,37	0,43		0,30	0,97		0,52
10	0	0,33		0,16	0,54	0	0	0,15		(100)
11		0,27			0,42		0	0,43	0,24	

Los modelos de correlación que se han seleccionado siguiendo los criterios expuestos se recogen en la tabla 4.6. Junto a ellos se puede ver la representación gráfica de los ajustes de cada modelo a los datos de abundancia relativa observados en las figuras 3.19 a 3.25.

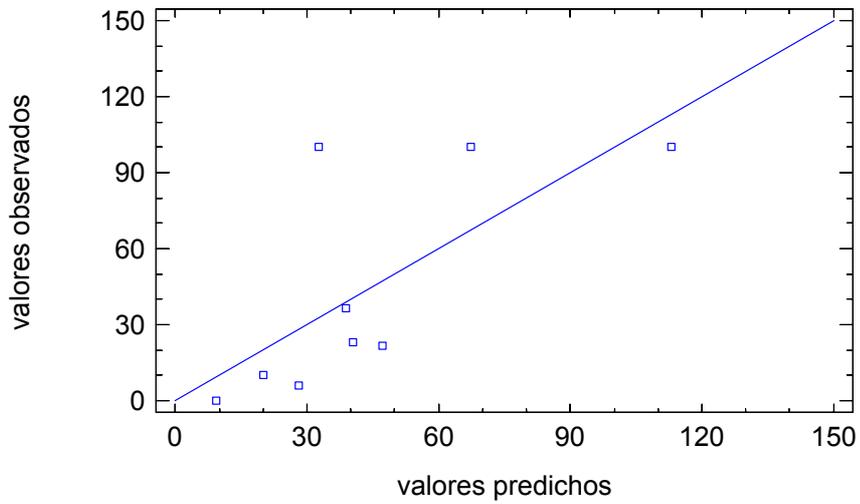
**Tabla 3.6. Ecuaciones de las regresiones lineales que predicen las abundancias relativas de las diferentes especies en función de los factores de impacto y de la altitud (z).**

Tipo de Río	Ecuación de la Regresión lineal
5	$gra = 0,592 + 0,000642 \cdot f_{pspii}$ $tru = -100 + 0,272 \cdot Z$
7	$bar = -2,01 + 0,588 \cdot sum\_fac\_P - 0,408 \cdot sum\_fac\_P2$
9	$gra = -5,54 + 20,9 \cdot p + 2,55 \cdot altmor\_1$

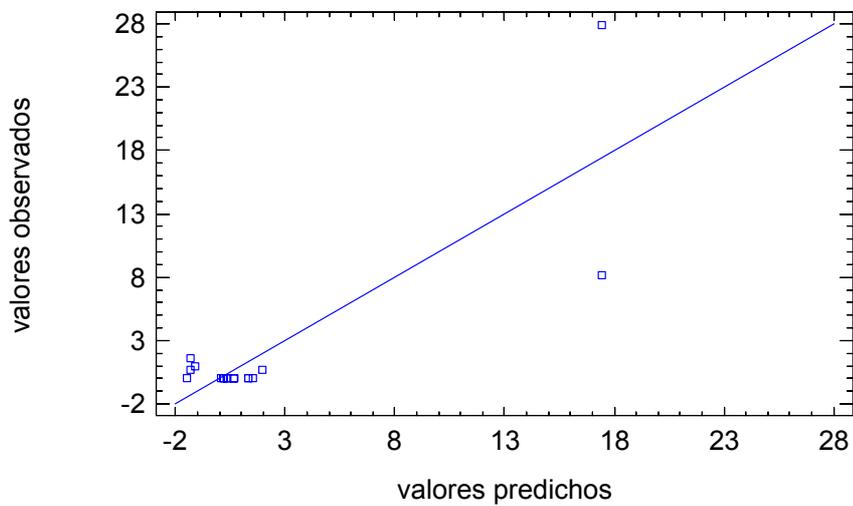
	$\text{pho} = 9,24 - 12,5 \cdot n + 642 \cdot n25 + 0,00000142 \cdot \text{fpspii} - 3,84 \cdot \text{altmor}_1 - 3,30 \cdot \text{altmor}_2 + 1,82 \cdot \text{sum\_fac\_P}$ $\text{tru} = 0,12 + 1,69 \cdot 10^{-8} \cdot \text{fpspii}$
10	$\text{mie} = -65,5 + 0,265 \cdot Z$



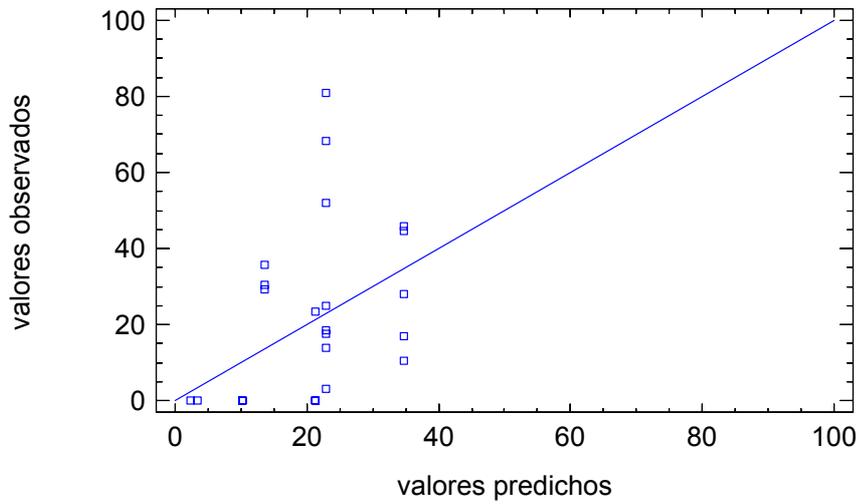
**Figura 3.19.** Ajuste del modelo de abundancia relativa de barbo de Graells (gra) en el ecotipo 5 a los valores observados ( $\text{gra} = 0,592 + 0,000642 \cdot \text{fpspii}$ ).



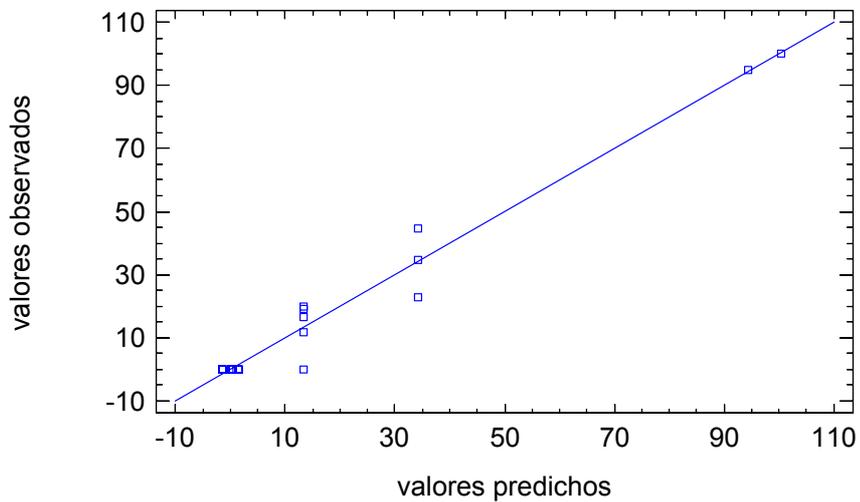
**Figura 3.20** Ajuste del modelo de abundancia relativa de trucha común (tru) en el ecotipo 5 a los valores observados ( $tru = -100 + 0,272 \cdot Z$ ).



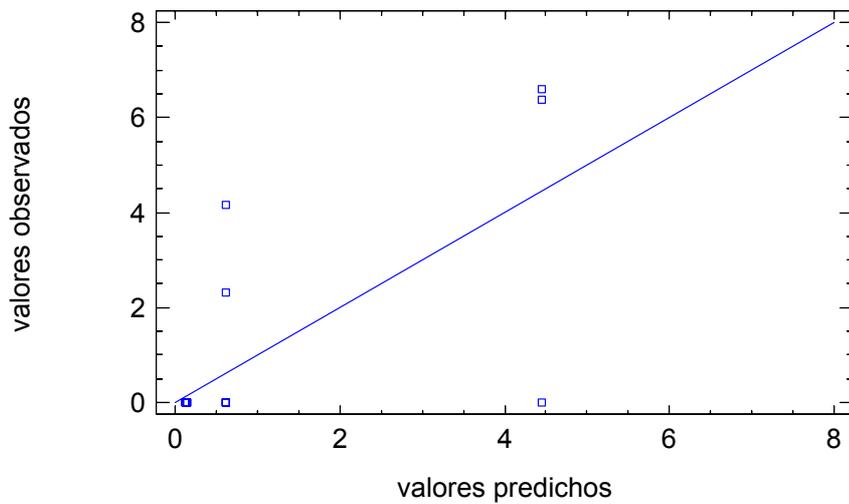
**Figura 3.21.** Ajuste del modelo de abundancia relativa de lobo de río (bar) en el ecotipo 7 a los valores observados ( $bar = -2,01 + 0,588 \cdot sum\_fac\_P - 0,408 \cdot sum\_fac\_P2$ ).



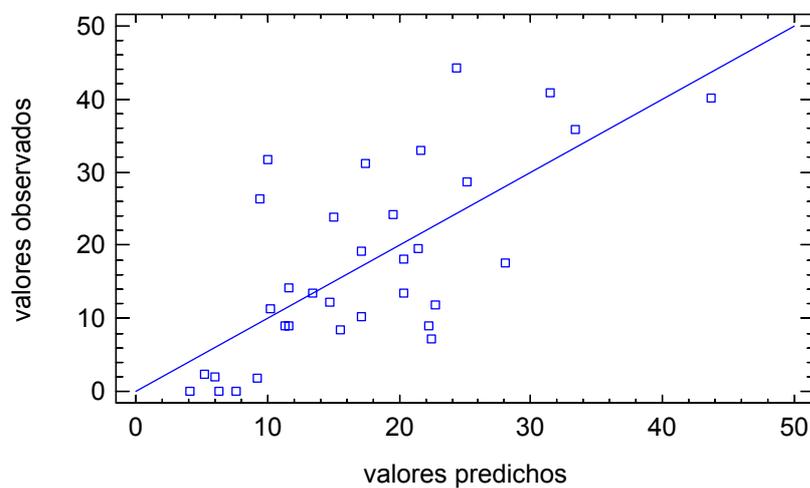
**Figura 3.22.** Ajuste del modelo de abundancia relativa de barbo de Graells (gra) en el ecotipo 9 a los valores observados ( $gra = -5,54 + 20,9 \cdot p + 2,55 \cdot altmor_1$ ).



**Figura 3.23** Ajuste del modelo de abundancia relativa de piscardo (pho) en el ecotipo 9 a los valores observados ( $pho = 9,24 - 12,5 \cdot n + 642 \cdot n25 + 0,00000142 \cdot fpspii - 3,84 \cdot altmor_1 - 3,30 \cdot altmor_2 + 1,82 \cdot sum\_fac\_P$ ).



**Figura 3.24.** Ajuste del modelo de abundancia relativa de trucha común (tru) en el ecotipo 9 a los valores observados ( $\text{tru} = 0,12 + 1,69 \cdot 10^{-8} \cdot \text{fpspii}$ ).



**Figura 3.25.** Ajuste del modelo de abundancia relativa de madrilla (mie) en el ecotipo 10 a los valores observados ( $\text{mie} = -65,5 + 0,265 \cdot Z$ ).

A la vista de los resultados expuestos en la tabla 3.6 y en las figuras 3.19 a 3.25, se puede ver que la variación altitudinal no explica bien la variación de las abundancias relativas. Al contrario de lo que ocurría con la composición

taxonómica, sólo 2 de los siete modelos recogen la cota (Z) como variable significativa estadísticamente. En uno de ellos se ve cómo la trucha se hace más abundante con la altitud en los ríos del ecotipo 5 (Ríos pequeños y medianos de montaña húmeda de mineralización media-alta), lo que es esperable conociendo los requerimientos de hábitat de esta especie. Y en el otro es la madrilla la que aumenta su abundancia relativa en la comunidad conforme se sube en altitud en el ecotipo 10 (Ríos mediterráneos permanentes de tamaño grande).

En el resto de los modelos no aparece la cota como variable significativa, lo que muestra la escasa influencia de este factor en la variación de la abundancia relativa de las especies de una comunidad. Esta circunstancia viene a reforzar la hipótesis de que las especies se sustituyen de forma relativamente escalonada unas a otras conforme se varía de altitud, es decir: la altitud condiciona fuertemente la presencia o ausencia de una determinada especie, y no tanto su abundancia relativa. Podemos imaginarnos, por tanto, la variación de las comunidades en los ríos conforme se baja en altitud como la sustitución relativamente brusca de unas especies por otras, sin que éstas reduzcan paulatinamente su abundancia relativa en la comunidad, pudiendo pasar de ser abundantes en un determinado tramo a estar ausentes en el tramo inmediatamente aguas abajo. Parece reforzarse así la hipótesis de trabajo planteada cuando se trató el concepto de asociaciones básicas.

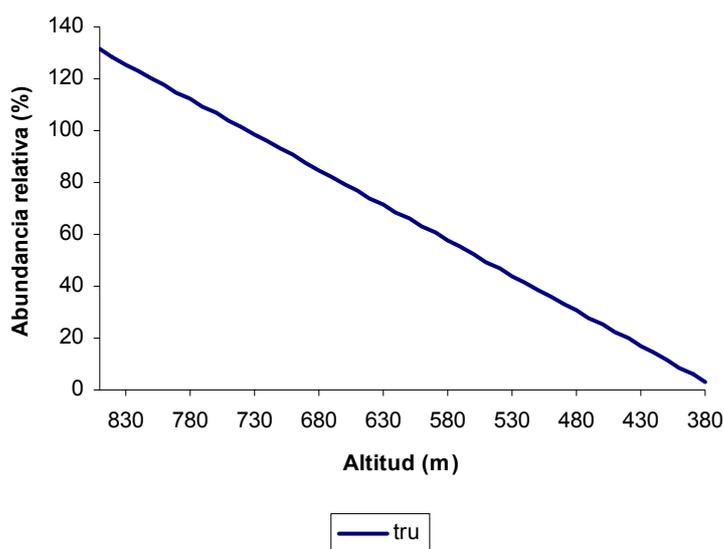
El grado de PRESIONES E IMPACTOS sí parece afectar más a la abundancia relativa de una determinada especie dentro de la comunidad. Este hecho se manifiesta especialmente en los ríos de pequeño y mediano tamaño, como se pueden ver en los ecotipos 5 (Ríos pequeños y medianos de montaña húmeda de mineralización media-alta) y 9 (Ríos mediterráneos permanentes de tamaño pequeño y medio). Esta circunstancia puede deberse a la menor capacidad de acogida del medio ante alteraciones que presentan estos ríos respecto a los ríos de mayor tamaño, como los de los ecotipos 10 (Ríos mediterráneos permanentes de tamaño grande) y 11 (Eje del Ebro), que muestran muy escasa influencia del grado de PRESIONES E IMPACTOS en la abundancia relativa de las especies que componen sus comunidades.

También es significativo el caso del ecotipo 1; en él se manifiestan los efectos de la intensidad de las alteraciones en las dos únicas especies para las que hay datos, si bien no de forma muy clara ( $R^2 = 0,41$ ). Sin embargo, es interesante cuando se tiene en cuenta que la mayoría de las estaciones de este tramo se encuentran

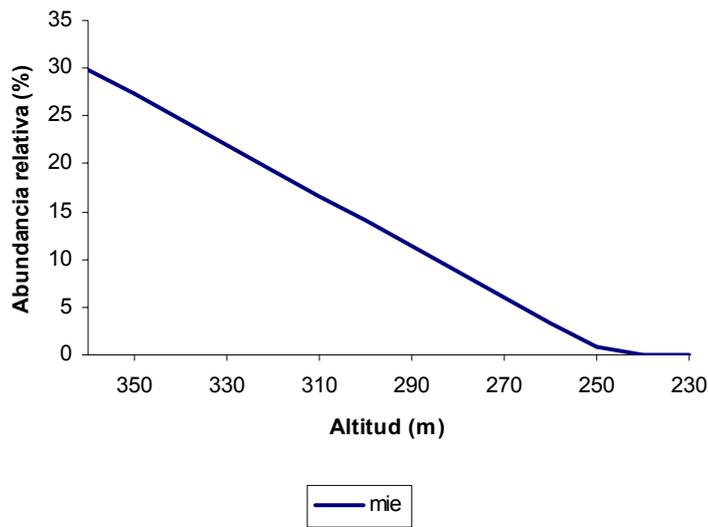
libres de PRESIONES E IMPACTOS, lo que da una idea de la sensibilidad de las poblaciones de estas especies ante la alteración de su hábitat.

De la misma forma que para la composición taxonómica, la abundancia relativa de las especies de las comunidades de cada ecotipo puede ser estimada a partir de los modelos obtenidos. Reduciendo el valor de las variables de PRESIONES E IMPACTOS (variables independientes) hasta alcanzar los niveles de condiciones de referencia se pueden inferir los valores teóricos de la abundancia relativa de cada especie en tales condiciones. En la tabla 10 quedan recogidos dichos valores.

De forma análoga a la representación de los modelos seleccionados para la composición taxonómica, en las figuras 4.26 y 4.27 se ha representado la variación altitudinal de la abundancia, en condiciones de referencia, de las dos únicas especies que se ven afectadas por la cota en su abundancia relativa.



**Figura 3.26. Variación altitudinal de la abundancia relativa de trucha común (tru) en condiciones de referencia (0 PRESIONES E IMPACTOS) para los ríos del ecotipo 5.**



**Figura 3.27. Variación altitudinal de la abundancia relativa de madrilla (mie) en condiciones de referencia (0 PRESIONES E IMPACTOS) para los ríos del ecotipo 9.**

Las tablas 3.7 REFCOND B (composición-peces) y 3.8 REFCOND B (abundancia-peces) muestran las condiciones de referencia para el elemento de calidad PECES basadas en modelos predictivos.





**Tabla 3.8 REFCOND B (abundancia-peces).- Abundancia relativa (dom.=dominante; abun.=abundante; pres.=presente; ocas.=ocasional) por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia, por ecotipos fluviales y altitudes, basadas en modelos predictivos (REFCOND B). ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie).**

REFCOND B	AB1	AB2	AB3	AB4
	Alo Pet Che Pla Ang Sal Gas	Bar Pho Sal Cot Lam	Bar Cho Gob Cob Sal Tin Cob	Bar Cho Squ
Ecotipo	alo mar lab fle ang sal gym	bar pho tru gob pla	gra mie gob cal flu tin pal	haa arc cep
1				
2				
3				
4				
550-850		dom.		
460-550		abun.		
430-460		pres.		
390-430		ocas.		
6				

7						
8						
9						
10						
11	340-360				abun.	
	310-340				pres.	
	250-310				ocas.	
	230-250				aus.	

#### **4. CONDICIONES DE REFERENCIA BASADAS EN INFORMACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS Y PALEORRECONSTRUCCIÓN. (REFCOND C).**

##### **Metodología**

##### **Material y origen de los datos.**

Principalmente se han utilizado los datos municipales del Diccionario geográfico estadístico de España (Madoz,1850). En él se consignaron los datos de producción pesquera por especies en los tramos fluviales que recorren cada término municipal.

Teniendo en cuenta el objetivo de la Directiva de que las condiciones de referencia deberían representar las condiciones totalmente, o casi totalmente, inalteradas, pero también asumiendo que un estado postglacial absolutamente prístino no es realista, se puede aceptar un punto de referencia temporal flexible para este fin. Se ha considerado, por tanto, que la alteración de origen antrópico a mediados del siglo XIX puede ajustarse a la definición del *muy buen estado* o de *condiciones de referencia* establecido por la Directiva como "un estado del presente o el pasado que corresponde a muy baja presión, sin efectos de industrialización, urbanización e intensificación de la agricultura importantes, y con una muy escasa modificación de las condiciones físico-químicas, hidromorfología y biología" (Guidance Document No. 10).

Las condiciones de referencia determinadas según este método se codificarán con el nombre **REFCOND C**.

En la tabla 4.1 se muestra el número de observaciones de cada característica para cada ecotipo fluvial.

**Tabla 4.1. Número de observaciones de cada característica del elemento de calidad comunidad de peces disponible en términos municipales con datos de pesca en Madoz (1850).**

<b>Ecotipo</b>	<b>Composición taxonómica</b>	<b>Abundancia relativa</b>	<b>Estructura de edades</b>
<b>1</b>	1	0	0
<b>2</b>	5	0	0
<b>3</b>	4	0	0
<b>4</b>	32	0	0
<b>5</b>	12	0	0
<b>6</b>	2	0	0
<b>7</b>	32	0	0
<b>8</b>	0	0	0
<b>9</b>	13	0	0
<b>10</b>	26	0	0
<b>11</b>	8	0	0

De la misma forma que en los métodos anteriores, no hay información sobre la estructura de edades de las poblaciones presentes en las comunidades de peces de las estaciones libres de PRESIONES E IMPACTOS. Tampoco hay en este caso datos de abundancias relativas.

Sólo se podrá, por tanto, determinar las condiciones de referencia mediante datos históricos para la característica de la comunidad *composición taxonómica*.

### **Tratamiento de la información.**

Los datos de especies aprovechadas por pesca en cada término municipal consignados en por Madoz (1850), presentan un cierto sesgo originado por el carácter economicista de la obra, centrándose en las especies de mayor importancia económica o que constituyen un significativo aporte de proteínas a la

dieta de los habitantes ribereños (anguila, trucha, barbo, madrilla, etc.). También por este motivo es frecuente encontrar, además, anotaciones de especies referidas como "otros peces pequeños" que no permiten su determinación.

Para solucionar este problema, en este método se puede utilizar de nuevo el concepto de *asociaciones básicas*. De esta forma se puede asumir que la comunidad de referencia de un tramo está compuesta, no sólo por las especies económicamente más importantes, sino por las que completan sus respectivas asociaciones básicas.

## **Resultados**

A partir de las citas recogidas en el Diccionario geográfico estadístico de Madoz (1850), se ha contabilizado el porcentaje de citas referentes a cada especie en cada ecotipo. Los resultados de este análisis se incluyen en la tabla 4.2, donde se presenta la composición taxonómica en condiciones de referencia.

El criterio seguido para incluir una especie en la comunidad de referencia se basa en la hipótesis de trabajo planteada en la metodología, según la cual una comunidad de referencia estaría compuesta por la unión de las asociaciones básicas de las especies detectadas en la misma, hipótesis basada en la coincidencia de los requerimientos de hábitat y en la frecuencia de coincidencias en tramos estudiados.

Por supuesto, la aplicación de este criterio requiere matizaciones. Así, por ejemplo, la única especie de la asociación básica AB1 que puede aparecer en la cuenca del Ebro es la anguila. También, algunas especies de la heterogénea asociación básica AB3 pertenecerán a una "subasociación" más termófila como la tenca o la colmilleja y otras tendrán un carácter más reófilo y tolerarán mejor las bajas temperaturas, como la madrilla o la lamprehuela.

**Tabla 4.2 REFCON D (composición-peces).- Composición por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis de datos históricos (REFCOND C). Las especies están representadas por las tres primeras letras del nombre específico en nomenclatura científica. ABi representa a la asociación básica i**

REFCOND B	AB1			AB2			AB3			AB4														
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Cob	Tin	Cob	Sal	flu	tin	pal	Bar	Cho	Squ
Ecotipo	alo	Mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	pal	flu	tin	pal	haa	arc	cep	
1	90				1	1				1														
	488				1					1														
	468				1					1														
2	208				1					1			1											
	208				1					1														
	188				1					1														
	130				1					1			1											
	109				1					1														
3	38				1					1														
	27				1					1														
	635				1					1														
	626				1					1														
	589				1					1														
	560				1					1														
	530				1					1														
	528				1					1														
	527				1					1														
	522				1					1														
	519				1					1														
	518				1					1														
	511				1					1														
	510				1					1														

REFCOND B	AB1			AB2			AB3			AB4														
	Alo	Pet	Mar	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ	
Ecotipo	Altitud (m)	alo	Mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep	
	509					1					1			1	1									
	506									1														
	505									1														
	502									1														
	499									1														
	486									1														
	484					1																		
	474					1																		
	470					1				1				1	1									
	466					1				1				1	1									
	463					1				1				1	1									
	460					1				1				1	1									
	460					1				1				1	1									
	449					1				1				1	1									
	449					1				1				1	1									
	448					1				1				1	1									
	441					1				1				1	1									
	440					1				1				1	1									
	427					1				1				1	1									
	420					1				1				1	1									
5	627									1														
	627					1				1														
	540					1				1														
	540					1				1														
	528					1				1														

Establecimiento de las condiciones de referencia

REFCOND B	AB1			AB2			AB3			AB4													
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ	
Ecotipo	alo	Mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep	
462					1			1		1			1										
457					1			1		1			1										
442					1			1		1			1										
441					1			1		1			1										
437					1			1		1			1										
401					1			1		1			1										
390					1			1		1			1										
861					1			1		1			1										
776					1			1		1			1										
890					1			1		1			1										
859					1			1		1			1										
744					1			1		1			1										
732					1			1		1			1										
732					1			1		1			1										
726					1			1		1			1										
711					1			1		1			1										
700					1			1		1			1										
697					1			1		1			1										
696					1			1		1			1										
695					1			1		1			1										
682					1			1		1			1										
673					1			1		1			1										
659					1			1		1			1										
610					1			1		1			1										
607					1			1		1			1										

Establecimiento de las condiciones de referencia

REFCOND B	AB1			AB2			AB3			AB4				
	Alo Pet Mar	Che Pla fle	Ang sal gym	Bar Pho bar	Sal tru	Lam pla	Bar gra	Cho mie	Gob cal	Sal flu	Tin tin	Cob pal	Bar haa	Squ cep
Altitud (m)														
603				1	1		1							
603			1	1	1		1	1						
599			1	1	1		1	1						
589			1	1	1		1	1						
580			1	1	1		1	1						
548			1	1	1		1	1						
538			1	1	1		1	1						
538			1	1	1		1	1						
488			1	1	1		1	1						
485			1	1	1		1	1						
479			1	1	1		1	1						
475			1	1	1		1	1						
472			1	1	1		1	1						
469													1	
458														
455			1											
8														
9			1											
600			1											
449							1							
435			1				1							
425			1				1							
383														
380			1				1							
377			1				1							
370			1				1							

Establecimiento de las condiciones de referencia

REFCOND B	AB1			AB2			AB3			AB4													
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ	
Ecotipo	Altitud (m)	alo	Mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
	368					1					1			1									
	366					1								1									
	360													1									
	339					1								1									
	322													1									
<b>10</b>	372					1					1			1									
	365					1					1			1									
	352					1					1			1									
	338					1								1									
	332					1								1									
	330					1								1									
	328					1					1			1									
	323					1					1			1									
	323					1								1									
	320					1					1			1									
	320					1					1			1									
	318					1					1			1									
	311					1					1			1									
	311					1					1			1									
	310					1					1			1									
	302					1					1			1									
	290					1					1			1									
	289					1					1			1									
	288					1					1			1									
	286					1					1			1									

Establecimiento de las condiciones de referencia

REFCOND B	AB1				AB2				AB3				AB4									
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ
Ecotipo	alo	Mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep
282					1								1									
281					1					1			1									
275					1					1			1									
270					1								1									
266					1								1									
262					1					1			1									
318					1								1									
308					1								1									
305					1								1									
254					1					1			1					1				
246					1					1			1					1				
237					1								1									
231					1					1			1									
231					1					1			1									

11

## **5. CONDICIONES DE REFERENCIA USANDO EL CRITERIO DE EXPERTOS. (REFCOND D).**

### **Metodología**

Este criterio se ha aplicado basándose en los trabajos de inventariación piscícola recientes, en aquellas localidades donde no hubiera un impacto demasiado intenso, eliminando las especies introducidas, y analizando las variaciones altitudinales consistentes de las comunidades según los gradientes altitudinales, por curso fluvial.

Previo al análisis según criterio de experto de los datos disponibles se ha llevado a cabo un estudio general de las frecuencias de utilización de hábitats por parte de las distintas especies.

Como resultado de la aplicación de este método se determinarán las condiciones de referencia **REFCOND D.** en el Anejo M1.

### **Resultados**

La utilización del criterio de experto requiere de una serie de estudios y análisis previos con el fin de definir las variables que van a ser utilizadas para describir las características (composición, abundancia y estructura de edades) de la comunidad de referencia en cada ecotipo fluvial.

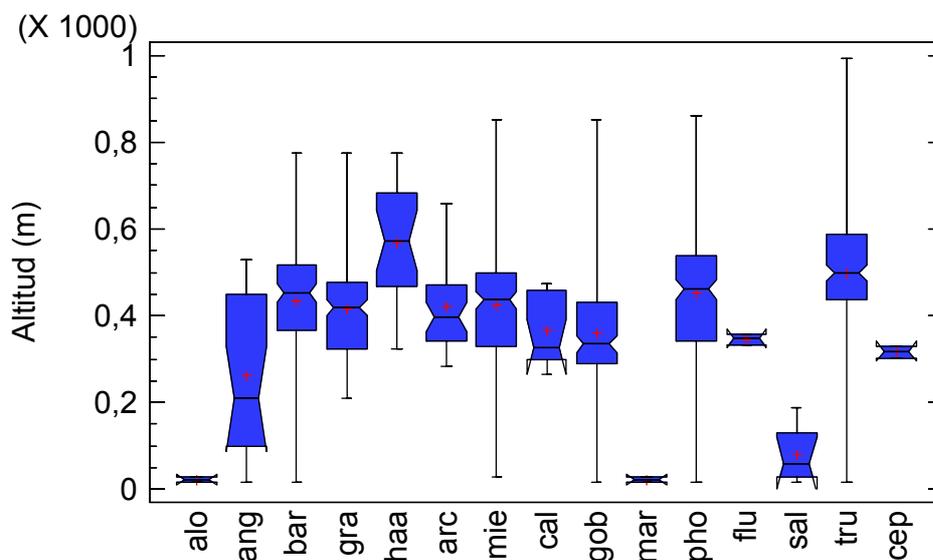
El primero de estos estudios previos es una revisión bibliográfica de los requerimientos de hábitat de cada especie autóctona (no tiene sentido determinar las condiciones de referencia con especies introducidas). Estos requerimientos se han recogido en la tabla 5.1.

Los distintos requerimientos de hábitat de las especies autóctonas de Navarra quedan reflejados en la distribución altitudinal que presentan. La figura 5.1 representa los

rangos altitudinales en los que se ha detectado cada especie y su distribución de frecuencias dentro de los mismos.

**Tabla 5.1. Principales requerimientos de hábitat de las especies autóctonas de Navarra.**

<b>Especie</b>	<b>Requerimientos de hábitat</b>
<i>Alosa alosa</i>	Tramos bajos y corriente lenta
<i>Anguilla anguilla</i>	
<i>Barbatula barbatula</i>	Fondos con piedras, gravas y arenas, corriente rápida.
<i>Barbus graellsii</i>	Fondos con raíces, tramos medios y bajos, corriente lenta. Asociada con cep y mie, sustituye a haa. Temperamento gregario
<i>Barbus haasi</i>	Fondos con piedras, tramos medios y altos, corriente rápida e intermedia y aguas frías y templadas. Temperamento solitario
<i>Chelon labrosus</i>	Tramos bajos
<i>Chondrostoma arcassii</i>	Tramos altos, corriente rápida. Asociada con tru
<i>Chondrostoma miegii</i>	Reófila, corrientes rápidas
<i>Cobitis calderoni</i>	Fondos de gravas y rocas, tramos altos y medios. Poblaciones poco abundantes
<i>Cobitis paludica</i>	Fondos de arena, grava y vegetación acuática, tramos medios y bajos y corriente lenta
<i>Gasterosteus gymnurus</i>	Fondos con vegetación, tramos bajos y corriente lenta
<i>Gobio gobio</i>	Ambientes lénticos, fondos blandos y sedimentos, corriente moderada.
<i>Cottus gobio</i>	Fondos con piedras, tramos altos y corriente moderada o rápida
<i>Lampetra planeri</i>	Asociada con tru
<i>Petromyzon marinus</i>	Fondos de arena y grava
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Fondos de piedras, tramos altos. Temperamento gregario
<i>Platycthis flesus</i>	Tramos bajos
<i>Salaria fluviatilis</i>	Fondos de piedras, corriente moderada
<i>Salmo salar</i>	
<i>Salmo trutta</i>	Tramos altos, corriente rápida y aguas frías
<i>Squalius cephalus</i>	Corriente lenta
<i>Tinca tinca</i>	Fondos blandos y corriente lenta



**Figura 5.1** Distribuciones altitudinales de las especies autóctonas registradas en los estudios y trabajos consultados y en los trabajos de campo realizados para este estudio. Las especies están representadas por las tres primeras letras del nombre específico en nomenclatura científica.

Los gráficos de cajas y bigotes representan la división de los datos de cada muestra en cuatro áreas de igual frecuencia, con una caja que encierra el 50% central. La mediana se representa como una línea horizontal dentro de la caja. Las líneas verticales, conocidas como bigotes, se extienden a partir de cada extremo de la caja. El bigote inferior se dibuja desde el primer cuartil hasta el mínimo valor dentro de 1,5 rangos intercuartiles a partir del cuartil menor. El otro bigote se dibuja desde el cuartil superior hasta el máximo valor dentro de 1,5 rangos intercuartiles a partir del cuartil superior; los valores que quedan más allá de los bigotes pero dentro de 3 rangos intercuartiles se marcan como puntos aislados. Dichos valores son susceptibles de ser valores fuera de rango.

El gradiente altitudinal causa una zonación longitudinal en las comunidades de peces, dentro de cada tipo fluvial, de tal forma que para cada río tenemos varias comunidades ictiológicas desde su nacimiento a su desembocadura. Esta zonación altitudinal les tan marcada, que la detectamos incluso dentro de cada tipo de río. Por ello, las condiciones de referencia incluyen varias comunidades de peces diferentes atendiendo a distintas altimetrías. En la Tablas 5.2 **REFCOND D (composición-peces)** y 5.3 **REFCOND D (abundancia-peces)** se exponen estas comunidades para los once tipos definidos según su variación en altitud.

**Tabla 5.2. REFCOND D (composición-peces).- Composición por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, según criterio de experto (REFCOND D). ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie). El valor (1) indica presencia estacional.**

REFCOND D	AB1										AB2					AB3					AB4		
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ	
Ecotipo	Altitud (m)	mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep	
1	>400									1													
	200-400				1				1														
	50-200				1	1		1						1									
	>400									1													
2	200-400				1				1														
	120-200				1	1		1															
3	30-200				1	1		1															
	15-30	1	1	1	1	1		1															
	>600									1													
	500-600							1	1														
	450-500							1	1											1	1		
	<450							1	1											1	1		
	>600									1													
	500-600								1														
	400-500							1	1														
	>900									1													
	700-900								1														
	>800									1													
	600-800							1	1														
	500-600							1	1														
	400-500							1	1														
	>600																						
	<600																					(1)	

REFCOND D	AB1				AB2				AB3				AB4									
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ	
Ecotipo	Altitud (m)	mar	lab	fle	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	gob	cal	flu	tin	haa	arc	cep	
	>500																				1	
	400-500																			1	1	
	350-400							1					1							1	1	
9	<350								1				1	1						1	1	
	300-400							1	1				1	1								
10	< 300							1	1				1	1								
11	230-330							1	1				1	1			1					1



REFCOND D	AB1					AB2					AB3					AB4						
	Alo	Pet	Che	Pla	Ang	Sal	Gas	Bar	Pho	Sal	Cot	Lam	Bar	Cho	Gob	Cob	Sal	Tin	Cob	Bar	Cho	Squ
Ecotipo	mar	lab	lab	fie	ang	sal	gym	bar	pho	tru	gob	pla	gra	mie	cal	flu	tin	pal	haa	arc	cep	
400-500								pres.					pres.								pres. dom.	
350-400									pres.				dom.	dom.							pres. pres.	
<350													dom.	dom.								
10 300-400								pres. abund.					dom.	dom.				pres.				
< 300								pres. abund.					dom.	dom.				pres.			pres.	
11 230-330								pres. pres.					dom. abund.			pres.						

## 6. SINTESIS DE CONDICIONES DE REFERENCIA

### Metodología

Con base en los análisis de las condiciones de Referencias por los diferentes cuatro métodos, puede realizarse un esfuerzo de síntesis para encontrar unas condiciones de referencia por la envolvente de todos ellos.

En efecto es asumible la discrepancia de los distintos métodos, debido a que parten de diferentes hipótesis metodológicas y sobre todo de distintos datos de partida. Por ejemplo, en el caso del elemento de calidad PECES, la anguila, que es una especie con registros históricos muy frecuentes en casi todos los ríos, pero que debido a las presas y embalses construidos en los últimos cien años, no se detecta en los muestreos en que se basaron las predicciones de los expertos, ni las de los modelos de simulación. En este caso se ha asumido su condición de referencia en todos los tramos fluviales con registro histórico. Mas aún, debido a que es una especie catadroma, en los tramos de ríos situados aguas debajo de dichas citas, aunque no tuvieran citas propias, se les asigna también a dicha especie en la composición de la comunidad de referencia por imperativo de la continuidad migratoria.

### Resultados

En las tablas 6.1 **REFCOND (composición-peces)**, 6.2 **REFCOND (abundancia-peces)** y 6.3 **REFCOND (estructura-peces)** se exponen las condiciones de referencia para las tres características prescritas por la DMA para peces según tipo de río y altitud.

**Tabla 6.1. Condiciones de referencia (composición-peces).- Composición por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis de síntesis de los 4 métodos. ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie). Los valores entre paréntesis indican estacionalidad.**

Composición		AB1				AB2				AB3				AB4							
Ecotipo	Altitud (m)	<i>Alo</i>	<i>Pet</i>	<i>Che</i>	<i>Pla</i>	<i>Ang</i>	<i>Sal</i>	<i>Gas</i>	<i>Bar</i>	<i>Pho</i>	<i>Sal</i>	<i>Cot</i>	<i>Lam</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Cob</i>	<i>Sal</i>	<i>Cob</i>	<i>Squ</i>		
		<i>mar</i>	<i>lab</i>	<i>fle</i>	<i>ang</i>	<i>sal</i>	<i>gym</i>	<i>bar</i>	<i>pho</i>	<i>tru</i>	<i>gob</i>	<i>pla</i>	<i>gra</i>	<i>mie</i>	<i>cal</i>	<i>flu</i>	<i>pal</i>	<i>haa</i>	<i>arc</i>	<i>cep</i>	
ecotipo 1	> 400								1												
	200-400				1				1												
	< 200				1	1			1						1						
ecotipo 2	> 500								1												
	480 - 500				1				1												
	210 - 480				1	1			1												
	< 210				1	1			1												
ecotipo 3	> 130				1	1			1												
	110 - 130				1	1			1												
	80 - 110				1	1			1												
	50 80	1			1	1			1												
	40 - 50	1	1		1	1			1												
	< 40	1	1	1	1	1			1												
ecotipo 4	> 650								1												
	630 - 650				1				1												
	< 630				1	1			1												
ecotipo 5	>860								1												
	640 - 860								1												
	< 640				1				1												
ecotipo 6	> 1010							1													

Establecimiento de las condiciones de referencia

Composición	AB1			AB2			AB3			AB4		
	<i>Alo Pet Che Pla Ang Sal Gas</i>	<i>Alo mar lab fle ang sal gym</i>	<i>Bar Pho Sal Cot Lam</i>	<i>Bar Cho Cob Sal Cob</i>	<i>Bar gra mie cal flu pal</i>	<i>Bar Cho Squ haa arc cep</i>						
ecotipo 7	Altitud (m)											
	> 870	1		1	1	1						
ecotipo 8	Altitud (m)											
	> 910			1	1	1						
ecotipo 9	Altitud (m)											
	> 900	1		1	1	1						
ecotipo 10	Altitud (m)											
	> 600					(1)						
ecotipo 11	Altitud (m)											
	< 600				(1)							
ecotipo 12	Altitud (m)											
	> 610					1						
ecotipo 13	Altitud (m)											
	500 - 610	1		1	1	1						
ecotipo 14	Altitud (m)											
	< 500	1		1	1	1						
ecotipo 15	Altitud (m)											
	> 430			1	1	1						
ecotipo 16	Altitud (m)											
	380 - 430			1	1	1						
ecotipo 17	Altitud (m)											
	< 380	1		1	1	1						
ecotipo 18	Altitud (m)											
	230 - 360	1		1	1	1						

**Tabla 6.2. Condiciones de referencia (abundancia-peces).- Abundancia relativa (dom.=dominante; abun.=abundante; pres.=presente; ocas.=ocasional) por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis de síntesis de los 4 métodos. ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie). Los valores entre paréntesis indican estacionalidad.**

Abundancia	AB1			AB2			AB3			AB4						
	<i>Alo</i>	<i>Pet</i>	<i>Che Pla Ang</i>	<i>Sal Gas</i>	<i>Bar</i>	<i>Pho</i>	<i>Sal</i>	<i>Cot Lam</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Cob</i>	<i>Sal</i>	<i>Cob</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Squ</i>
Ecotipo	Altitud (m)	<i>mar</i>	<i>lab fle ang</i>	<i>sal gym</i>	<i>bar</i>	<i>pho</i>	<i>tru</i>	<i>gob pla</i>	<i>gra</i>	<i>mie</i>	<i>cal</i>	<i>flu</i>	<i>pal</i>	<i>haa</i>	<i>arc</i>	<i>cep</i>
ecotipo 1	280-950						dom.									
	170-280		abun.			dom.	abun.									
	10-170					abun.	pres.									
ecotipo 2	400-1260						dom.									
ecotipo 3																
	650-1100						dom.									
	600-650					abun.	dom.								pres.	
	580-600				pres.	abun.	dom.								pres.	
	500-580				pres.	abun.	abun.		pres.	abun.					abun.	
	450-500				abun.	abun.	pres.		abun.	dom.					abun.	
	400-450				pres.	pres.	pres.		abun.	abun.					abun.	
	700-1270						dom.									
	600-700					abun.	dom.			pres.						
	500-600				ocas.	abun.	abun.			dom.					ocas.	
	390-500				pres.	abun.	pres.		pres.	dom.					ocas.	
	900-1560						dom.									
	740-900					dom.	dom.		pres.	pres.						
	800-1410						dom.									
	600-800				pres.	dom.	dom.			pres.					pres.	

Establecimiento de las condiciones de referencia

Abundancia	AB1				AB2				AB3				AB4												
	<i>Alo</i>	<i>Pet</i>	<i>Che</i>	<i>Pla</i>	<i>Ang</i>	<i>Sal</i>	<i>Gas</i>	<i>bar</i>	<i>pho</i>	<i>Sal</i>	<i>Cot</i>	<i>Lam</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Cob</i>	<i>Sal</i>	<i>Cob</i>	<i>Cho</i>	<i>Cob</i>	<i>Sal</i>	<i>Cob</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Squ</i>	
Ecotipo	Altitud (m)																								
	500-600							dom.	dom.	pres.		pres.	pres.	abun.				pres.				pres.			
	410-500							pres.	dom.	pres.		dom.	dom.	abun.				pres.				pres.			
ecotipo 8	> 600 < 600												(dom.)										(dom.)		
	600-1000																								
	500-600							pres.	pres.	ocas.		abun.	abun.	abun.									dom.	dom.	
ecotipo 9	400-500							pres.	pres.	ocas.		abun.	abun.	abun.									pres.	dom.	
	350-400							pres.	pres.	ocas.		abun.	abun.	abun.									pres.	dom.	
	300-350							pres.	pres.	ocas.		dom.	dom.	dom.									pres.	pres.	
ecotipo 10	300-480 270-300							pres.	abun.			dom.	dom.	dom.								pres.			
	300-360							pres.	abun.			dom.	dom.	dom.								pres.			
ecotipo 11	250-300 230-250							pres.	pres.			dom.	dom.	pres.							pres.				
								pres.	pres.			dom.	dom.	abun.							pres.				
								pres.	pres.			dom.	dom.	abun.							pres.				
								pres.	pres.			dom.	dom.	abun.							pres.				
								pres.	pres.			dom.	dom.	abun.							pres.				

**Tabla 6.3. Condiciones de referencia (estructura-peces).- Estructura de edades (alev.=alevinaje; crec.=crecimiento; mad.=madurez) por especies de la comunidad de peces en condiciones de referencia , por ecotipos fluviales y altitudes, obtenidas del análisis de síntesis de los 4 métodos. ABi representa a la asociación básica i. Las especies se citan por sus nombres latinos abreviados (3 primeras letras de género y especie).**

Estructura	AB1			AB2			AB3			AB4											
	<i>Alo</i>	<i>Pet</i>	<i>Che</i>	<i>Pla</i>	<i>Ang</i>	<i>Sal</i>	<i>Gas</i>	<i>Bar</i>	<i>Pho</i>	<i>Sal</i>	<i>Cot</i>	<i>Lam</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Cob</i>	<i>Sal</i>	<i>Cob</i>	<i>Bar</i>	<i>Cho</i>	<i>Squ</i>	
<b>Ecotipo</b>	<i>mar</i>	<i>lab</i>	<i>fle</i>	<i>ang</i>	<i>sal</i>	<i>gym</i>		<i>bar</i>	<i>pho</i>	<i>tru</i>	<i>gob</i>	<i>pla</i>	<i>gra</i>	<i>mie</i>	<i>cal</i>	<i>flu</i>	<i>pal</i>	<i>haa</i>	<i>arc</i>	<i>cep</i>	
ecotipo 1								alev. crec.													
ecotipo 2																					
ecotipo 3								crec.						alev.							
ecotipo 4								alev.													
ecotipo 5								alev.						alev.							
ecotipo 5								mad. alev.						alev. crec.							
ecotipo 6								crec. crec.													
ecotipo 7								alev. crec.						mad. crec.							
ecotipo 8																					
ecotipo 9								crec. crec.						mad. crec.							
ecotipo 10																					
ecotipo 11																					

## **7. ESTABLECIMIENTO DE LAS FRONTERAS ENTRE CLASES DE ESTADO ECOLÓGICO BASADAS EN EL ÍNDICE DE CALIDAD ECOLÓGICA EQR**

La Directiva Marco del Agua se refiere al establecimiento de fronteras entre clases de estado ecológico en las siguientes secciones:

### Anexo V: 1.4.1 (ii) Comparabilidad de resultados de evaluación biológica

*Con el fin de asegurar la comparabilidad de tales sistemas de evaluación, los resultados de los sistemas utilizados por cada Estado Miembro quedarán expresados como índices de calidad ecológica a los efectos de la clasificación del estado ecológico. Estos índices representarán la relación entre los valores de los parámetros observados para una determinada masa de agua superficial y los valores de esos parámetros en las condiciones de referencia aplicables a dicha masa. El índice será expresado como un valor numérico entre cero y uno, de forma que el muy buen estado ecológico quede representado por valores cercanos a uno y el mal estado ecológico por valores cercanos a cero.*

### Anexo V: 1.4.1 (iii)

*Cada Estado Miembro dividirá la escala del índice de calidad ecológica para su sistema de evaluación para cada categoría de agua superficial en cinco clases entre el muy buen estado ecológico y el mal estado ecológico, como se define en la Sección 1.2, asignando un valor numérico a cada frontera entre clases. El valor para la frontera entre las clases muy bueno y buen estado ecológico, y el valor para la frontera entre bueno y aceptable serán establecidos mediante el ejercicio de intercalibración descrito [en la Directiva].*

### **7.1. Metodología**

#### ***Índices de Similitud***

El empleo de índices bióticos para definir las condiciones de referencia biológicas puede ser discutible en muchos casos por diversos motivos. La principal objeción que se puede poner a la tendencia reduccionista de usar índices de integridad biológica es que se puede apreciar una pérdida de información y de precisión cuando la lista de composición de especies, la abundancia y la estructura de la población se expresa en un único número.

TOWNSEND & RILEY (1999) señalan la ausencia de concordancia entre un único índice y varias características fundamentales del funcionamiento del ecosistema fluvial. La capacidad indicadores de las comunidades biológicas suele quedar enmascarada en índices bióticos que a menudo no reflejan la variación espacial y temporal de muchos tipos de alteraciones antropogénicas.

Se podría concluir que los índices bióticos tradicionales basados en la tolerancia de taxones a determinadas, y en algunos casos muy concretos, alteraciones tiene fuertes limitaciones para evaluar el estado ecológico de ríos en el contexto de la DMA.

Por otro lado, la DMA propone la recuperación de las comunidades originales anteriores a la alteración antropogénica, y la evaluación biológica tiene que enfatizarse en si todas las especies relevantes que debería haber en el río están realmente en él, y en cuanto difiere la comunidad presente en la actualidad de la comunidad original o de la definida como de referencia. Asimismo, es conveniente que la pérdida o enmascaramiento de información sea mínimo, con el fin de detectar y representar la complejidad del ecosistema fluvial.

Otra fuente de error y/o de pérdida de información cuando se evalúa el estado de una comunidad biológica es la generalización que origina el uso de modelos desarrollados para un ámbito geográfico muy amplio. Es el caso del modelo adjunto al Índice de Peces Europeos (EFI) desarrollado por el proyecto FAME. Se trata de un modelo metodológico basado en una gran base de datos de ámbito europeo que cuantifica la desviación de una serie de métricas respecto a unas condiciones simuladas que considera de referencia. El modelo es muy sensible a diferencias de estados de calidad cuando se aplica a ámbitos grandes, en los que se requieren resultados generales y no una excesiva precisión. Sin embargo, su aplicación a áreas de estudio pequeñas, en las que se busca una precisión de los resultados que permita apreciar diferencias entre estaciones geográficamente muy cercanas, puede dar lugar a poca capacidad de discernimiento entre las condiciones de una estación y otra.

Como el área de estudio de este trabajo es de reducida extensión, se ha considerado conveniente aplicar, además de la metodología recomendada por el

MMA, una que permite extraer resultados con una pérdida menor de información y con una sensibilidad mayor a pequeñas diferencias de estados.

La metodología que se ha decidido utilizar, por tanto, se basa en el empleo de índices de similitud entre las condiciones observadas y las condiciones de referencia (GARCÍA DE JALÓN & GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, 2005). De esta forma se ajustan los análisis del estado de calidad ecológica a la idea de cuantificar la desviación de las condiciones actuales respecto a las de referencia expresada en la DMA.

Los índices de similitud fueron propuestos por HELLAWELL (1986) para ser usados en estudios de evaluación de ríos, especialmente para organismos acuáticos, y más recientemente WINWARD (2000) ha recomendado su uso para evaluación de recursos vegetales en zonas riparias. Los índices de similitud pueden ser muy útiles para comparar cuantitativamente las condiciones actuales con las condiciones de referencia, mediante la identificación de especies clave y la comparación de su abundancia y distribución espacio-temporal en condiciones actuales con aquellas consideradas como "naturales".

Los índices de similitud que fluctúan matemáticamente entre cero y uno se adaptan bien a los requerimientos de la DMA. Pueden usar datos cualitativos (presencia/ausencia de especies, como los de Jaccard, Sorensen, etc.), o cuantitativos (abundancias relativas de especies, como el propuesto por Raabe, o abundancias absolutas como el propuesto por Czekanowski). Por tanto, los índices cualitativos pueden ser muy apropiados para evaluar el estado de la composición de la comunidad, mientras que los cuantitativos pueden usarse para evaluar el estado de la abundancia.

Además, estos índices de similitud pueden ser usados directamente como EQR (Ecological Quality Ratio, Índice de Calidad Ecológica) para cada métrica, ya que el valor del índice para las condiciones de referencia es siempre uno (la identidad), y el valor del índice sería directamente el del EQR. Más aún, si hay diferentes estaciones de referencia para el mismo tipo de río, el problema de la determinación del umbral entre estado ecológico "muy bueno" y "bueno" se puede solucionar usando el valor de similitud mínimo de las comunidades de dichas estaciones de referencia.

La utilización de los índices de similitud para la evaluación del estado ecológico de un tramo de río debe adaptarse a las características de la estación estudiada (datos disponibles, particularidades de la comunidad, etc.), pero todas estas adaptaciones requieren los siguientes pasos comunes:

1º. Análisis de las características del elemento que hay que evaluar (p.e. en el caso de la comunidad de peces: composición, abundancia y estructura de edades).

2º. Definición de las condiciones de referencia para cada característica del elemento de calidad a estudiar.

3º. Cálculo del valor del índice de similitud de cada característica. Se pueden utilizar índices de similitud cualitativos o cuantitativos. Los resultados obtenidos permiten por sí mismos una evaluación del estado de cada característica, sin pérdida de información.

4º. Si se cree conveniente se puede plantear una síntesis de los valores de los índices de cada una de las características en un único índice (p.e. media aritmética, media ponderada, etc., o bien el cálculo de otro índice cuantitativo que sintetice los resultados de los índices de cada característica). Sin perjuicio de que los resultados del paso anterior puedan (deban) ser utilizados para establecer el estado ecológico de la estación, un valor sintético puede ayudar a dar una estimación global.

5º. Definición de los umbrales de las clases de estado ecológico y asignación de la estación a un estado ecológico en los términos que dicta la DMA.

En el caso particular que nos ocupa los índices de similitud utilizados para cada característica estudiada son los siguientes:

Composición: índice cualitativo de Sorensen (1948).

$$I = \frac{2c}{p+r}$$

donde: r= nº de especies de la composición de referencia

$c = n^{\circ}$  de especies comunes en la composición actual y la de referencia

$p = n^{\circ}$  de especies presentes en la composición actual.

Con el fin de tomar en consideración la información aportada por todos los métodos utilizados en la determinación de las condiciones de referencia, se han ponderado las variables  $r$ ,  $c$  y  $p$  con el número de métodos que estiman la presencia de una determinada especie en la comunidad en condiciones de referencia, valor que queda recogido en la matriz de síntesis de los resultados (ver figura 1). Ello se ha hecho modificando ligeramente sus definiciones, quedando como sigue:

$r =$  suma de los valores de la matriz de síntesis de los cuatro métodos de establecimiento de la composición de referencia de las especies presentes en dicha composición de referencia.

$p =$  suma de los valores que presentan en la matriz de síntesis las especies presentes en la composición actual de la comunidad de peces.

$c =$  suma de los valores que presentan en la matriz de síntesis las especies comunes en la composición actual y la de referencia.

Una consecuencia importante de esta valoración ponderada respecto al número de métodos que detectan una especie en la comunidad en condiciones de referencia es que permite que la variación de las condiciones de referencia con la altitud quede suavizada. Es decir, que entre una altitud y otra consecutiva no se pasa de un valor de ausencia absoluta (0) a un valor de presencia absoluta (1), sino que se pasa de un valor de ausencia (0) a un valor de baja probabilidad de presencia (0,1). Esto permite respetar la variabilidad natural de las condiciones reales, sin penalizar a una estación que no responda exactamente a la variación altitudinal de la composición de referencia estimada.

Abundancia y estructura de edades: índice cuantitativo de Raabe (1952).

$$I = \sum \min(h_{iP}, h_{iR})$$

donde:  $h_{iR} = \frac{n_{iR}}{N_R}$  abundancia relativa en tanto por uno de la especie i en condiciones de referencia, es decir: número de individuos de la especie i ( $n_{iR}$ ) partido por el número total de individuos de la comunidad de referencia ( $N_R$ ); y  $h_{iP} = \frac{n_{iP}}{N_P}$  abundancia relativa en tanto por uno de la especie i en la comunidad actual.

Al tratarse de un índice cuantitativo que considera la ausencia de una especie como un valor de abundancia cero, cuantifica la similitud entre la composición y abundancia de referencia y la composición y abundancia actuales, por lo que puede considerarse en alguna medida como un índice de similitud sintético de ambas características del elemento de calidad estudiado.

La modificación que esta expresión hace sobre la original de Raabe está en el cociente con la suma de abundancias relativas de referencia. De esta forma, al igual que con la modificación del índice de Sorensen, se evalúa la diferencia del estado actual respecto del de referencia en los términos planteados en las condiciones de referencia, entendidas éstas como un criterio de mínimos. Este punto de vista permite que las especies que aparezcan en la composición actual además de las de referencia no penalicen en el índice, y se consideren variaciones naturales en el ecosistema.

Los valores cuantitativos utilizados para determinar este índice se han establecido como la media aritmética de los límites de cada clase de abundancias (dominante, abundante, presente y ocasional), tal como se indica en la tabla 7.1.

**Tabla 7.1.** Valores de abundancia relativa de las especies en términos de porcentaje, que las definen como dominantes, abundantes, presentes y ocasionales.

<b>Abundancia</b>	<b>Peces</b>
Dominante	>50%
Abundante	25%-50%
Presente	15%-25%
Ocasional	<15%

Síntesis de la similitud de todas las características: Media aritmética de los valores de los índices de similitud para la composición y para la abundancia.

### ***Establecimiento de fronteras entre clases de calidad ecológica***

Para establecer los umbrales entre clases de calidad ecológica en los términos en que se expresa la DMA, se han cuantificado los valores de los índices de similitud expuestos en los párrafos anteriores para los datos de los elementos de calidad disponibles en este trabajo. De esta forma se ha obtenido una serie de datos de similitud entre los valores actuales de cada característica de cada elemento de calidad y los valores de referencia de dichas características.

Mediante el estudio de la distribución de los valores así obtenidos para cada estación de muestreo se puede clasificar la serie de valores de similitud de cada característica en una serie de regiones dentro de su distribución, y por tanto en clases de similitud entre las condiciones actuales y las de referencia.

La clasificación de los datos en clases de similitud se lleva a cabo en dos pasos y de igual forma para cada característica (composición y abundancia) y la síntesis de ambas:

1º paso: establecimiento de la frontera entre "muy buen" y "buen" estado ecológico. Esta frontera se determina mediante el estudio de los valores de los índices de similitud en las estaciones en las que no se han detectado presiones e impactos. Se puede considerar que el valor mínimo que tomen los índices de similitud en este grupo de estaciones de muestreo va a marcar el valor mínimo que puede tomar el índice de similitud debido a la variabilidad natural no debida a la acción humana de las condiciones, y por tanto podrá ser considerado el valor umbral entre la clase muy buen y buen estado ecológico. Atendiendo a las instrucciones de la guía (Working Group 2.3 – REFCOND, 2003), se pueden descartar aquellas estaciones que, libres de presiones e impactos, den un valor del EQR significativamente bajo. En este contexto no se han tenido en cuenta los valores de los índices de similitud de cada característica para los cuales existe una discontinuidad significativa con el resto de valores de dicho índice entre las estaciones libres de presiones e impactos.

2º paso: determinado el umbral entre muy buen y buen estado ecológico, el resto de la distribución de los valores de similitud de la serie de estaciones de muestreo se clasifica en cuatro clases (bueno, aceptable, deficiente y malo) tomando los umbrales dividiendo en cuatro tramos iguales el tramo de cero a el umbral entre bueno y muy bueno ya determinado. Por tanto, se proponen como umbrales tramos equidistantes de todo el rango de variación del índice EQR (de 0 al umbral de muy bueno). Corresponderá al ejercicio de intercalibración la estandarización de éstos umbrales con los de otras cuencas y regiones. Nosotros en este trabajo hemos utilizado el segundo criterio.

Nótese que la Directiva prescribe que se determinen los citados umbrales entre clases de calidad para cada ecotipo en que se han clasificado las masas de agua en el sistema de evaluación. Debido a la escasa disponibilidad de estaciones de muestreo en algunos de los ecotipos clasificados, no se han podido establecer estas fronteras específicas para cada ecotipo fluvial con una significación suficiente. Por ello se ha creído más correcto establecer unas fronteras comunes a todos los ecotipos, utilizando toda la serie completa de datos disponibles que, para tal efecto, sí permiten obtener unos resultados robustos y fiables. Estos resultados pueden ser mejorados determinándose las fronteras específicas para cada ecotipo cuando se disponga de una red completa de estaciones de muestreo en todos los ecotipos, empleando en ello la misma metodología que la utilizada en este caso.

## 7.2. Resultados

Los umbrales de las clases de calidad hallados se exponen en la tabla 7.2.

**Tabla 7.2. Valores de las fronteras entre clases de calidad ecológica para cada característica (composición y abundancia) y la síntesis de ambas, del elemento de calidad peces.**

<b>Ictiofauna</b>			
	Composición	Abundancia	Síntesis
Muy bueno	1,000 - 0,700	1,000 - 0,333	1,000 – 0,609
Bueno	0,700 - 0,525	0,333 - 0,250	0,609 – 0,457
Aceptable	0,525 - 0,350	0,250 - 0,167	0,457 – 0,305
Deficiente	0,350 - 0,175	0,167 - 0,083	0,305 – 0,152

Malo	0,175 - 0,000	0,083 - 0,000	0,152 - 0,000
------	---------------	---------------	---------------

Las fronteras entre clases establecidas en este trabajo tienen un carácter local, la extrapolación de las mismas y su comparación con las obtenidas en otros trabajos y/o en otras cuencas o regiones podrá hacerse una vez se halla realizado el ejercicio de intercalibración. En él se verá si los valores clasificados en las clases de calidad bueno, aceptable, deficiente y malo se pueden incluir realmente en dichas clases. Los valores clasificados como muy buen estado sí son comparables con otras cuencas, puesto que su valor se ha determinado con base en datos reales de variabilidad natural de las condiciones de los elementos de calidad estudiados.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- CEDEX, 2005. Caracterización los tipos de ríos y lagos. Versión 1.0.". Ministerio De Fomento. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999a. Delimitación de regiones ecológicas en la cuenca del Ebro. Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 1999b. Objetivos de estado ecológico en los ríos de la cuenca del Ebro. Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona.
- Confederación Hidrográfica del Ebro, 2004. Determinación de los regímenes que satisfagan las necesidades ecológicas mínimas de la cuenca del Ebro - 2ª fase. URS, Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona y Anbiotek. 95 pp.
- Díaz-Lázaro-Carrasco, J.A. 2002. Las redes de calidad del agua en la C.H. del Tajo. El papel de la vigilancia y control de las Confederaciones Hidrográficas en Jornadas de "La Gestión y el control del Agua frente a la Directiva Marco". UAM. Canal de Isabel II.
- Estrella, T. 2004. Water Management and water Framework Directive: Issues and Problems. Fifth International Symposium on Ecohydraulic. Madrid 2004.
- Extence, C.A., D.M. Balbi y R.P. Chadd. 1999. River Flow Indexing using British benthic Macroinvertebrates: a framework for setting Hydroecological objectives. Regulated Rivers: Research and Management 15: 543-574.
- Ferreira M.T., J. Oliveira, F. Godinho, A. Sostoa, F. Casals y N. Caiola. 2004. Fish-Based Ecological Quality Assessment on Iberian Rivers. XII Congreso de

la Asociación Española de Limnología y IV Congreso Ibérico de Limnología. Oporto.

González del Tánago, García de Jalón, 2004. Hierarchical Classification of Rivers: a Proposal for Eco- Geomorphic Characterization of Spanish Rivers within the European Water Frame Directive. Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Madrid 2004.

Gonzalez del Tanago, M., D. García de Jalón, F. Lara, R. Garilleti y JM Varela Evaluating Ecological status of Riparian areas: A new index to qualify riparian structure & function. En el '17th Conference of the Society for Ecological Restoration International'. Zaragoza Septiembre 200

Hawkes, 1978 River Zonation and Classification. In: River Ecology (eds.). Blackwell SWc. Pub. London.

Herranz J., Alonso C., García de Jalón D., Gortázar J. 2004 Evaluación del estado ecológico de los ríos mediante el estudio de las comunidades de peces: Aproximación a un índice de integridad biológica para la cuenca del Duero. XII Congreso de la Asociación Española de Limnología y IV Congreso Ibérico de Limnología. Oporto

Prat, N., Munné, A Rieradevall, M., Bonada N. 2002 La determinación del Estado Ecológico de los Ecosistemas Acuáticos en España.

Press, S. J. and S. Wilson (1978). Choosing between logistic regression and discriminant analysis. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 73: 699-705.

Reynoldson, T.B., R.H. Norris, V.H. Resh, K.E. Day and D.M. Rosemberg. 1997. The reference condition: a comparion of multimetic and multivariable approaches to assess water-quality impairment using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16(4) 833-852.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., J. Powell y D.P. Braun. 1996. A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10(4): 1163-1174.

- Rosgen, D. 1996. Applied river morphology. Wildland Hydrology. Colorado. EEUU.
- Sánchez Navarro, J. A., Ollero A. 2004: Aplicación de la Clasificación de Rosgen al río Gallego. Confederación Hidrográfica del Ebro. Inédito.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. & Usseglio-Polatera. 2000. Invertébrés d'eau douce. CNRS Editions, Paris.
- Vizcaíno, P., C. Alonso, M. Marchamalo, D. García de Jalón. IGF: Index application to asses hydromorphological status in colluvial rivers. Case study: Morphological changes on Tormes river. En el '17th Conference of the Society for Ecological Restoration International'. Zaragoza Septiembre 2005.
- Working Group 2.2 - HMWB. (2003): "Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document nº 4 "Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies. European Communities . 118 pp.
- Working Group 2.3 – REFCOND. (2003): "Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document nº 10. Rivers and Lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems". European Communities. 94 pp.

## **ANEXO P1.**

### **CÓDIGO DE LAS ESTACIONES DE PECES**

## **ANEXO P2.**

# **DATOS DE COMPOSICIÓN TAXONÓMICA DE PECES**

## **ANEXO P3.**

### **DATOS DE ABUNDANCIA DE PECES**

## **ANEXO P4**

# **CITAS DEL DICCIONARIO MADDOZ DE PECES EN RÍOS**

## **ANEXO P5**

# **CITAS DEL DICCIONARIO MADDOZ DE PECES EN TÉRMINOS MUNICIPALES**

## **ANEXO P6**

### **TABLA DE DATOS DE CITAS DEL DICCIONARIO MADOZ**