



VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Facultat de Ciències Biològiques (òz)

Desarrollo de un modelo matemático para la evaluación del proceso de crecimiento y engorde en los cultivos comerciales de dorada (*Sparus aurata*, L.)

Juan Antonio Rielo Zurita  
TESIS DOCTORAL

Valencia 2013





VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Universitat de Ciències Biològiques (òz)

Jaume Pérez Sánchez, Profesor de Investigación del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, CSIC, y

José F. Pertusa Grau, Profesor Titular de Biología Funcional de la Universitat de Valencia

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo realizado por D. Juan Antonio Rielo Zurita que constituye el contenido de esta memoria de tesis doctoral se realizó en las instalaciones del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, y bajo nuestra dirección.

Jaume Pérez Sánchez

José F. Pertusa Grau



A mi esposa e hijos

*El que sabe cerrar la boca posee el principio de la Ciencia  
(Libro de los Proverbios)*



## AGRADECIMIENTOS

¡Cómo no mostrar mi gratitud y cariño a mis directores de tesis los doctores Jaime Pérez y José Francisco Pertusa! Ellos me han conducido por este mar de imágenes y datos que al revés de lo que suele parecer se mostraron abstractas en la distancia y fueron tomando aspecto real cuando nos acercamos lo suficiente a ellas. Como discípulo, vulgar, espero ser mejor amigo.

Mi reconocimiento y gratitud al Consejo Superior de Investigaciones Científicas que me permitió y me animó al uso de sus instalaciones para realizar este trabajo en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal cuando el doctor Francisco Amat era su director.

Agradezco a todo el personal del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal la paciencia que ha mostrado conmigo, no sólo en la realización de este trabajo, sino todo el tiempo que compartimos con enfados, discusiones, alegrías, desencuentros y reconciliaciones, malos entendidos y perdones. Infinitas gracias que hago especiales a los equipos de Animalario y Mantenimiento por la proximidad de nuestro trabajo. Recuerdo con especial cariño a los que se jubilaron: San Feliú, Santiago y Pilar...Ramón y José María.

Gracias queridos amigos por vuestro: “ Y tú ¿Cuándo acabas eso de los peces?”

Gracias, querido “Ciro”. Hoy sólo tú sabes quien eres y el origen este nombre: ¡ojalá cada piedra del Camino de Santiago reconozca tu verdadero y pases de descreído a creyente!

Queridos suegros y cuñados gracias por vuestra aceptación...cada vez seré más de la Elipa. Querida suegra Irene que en el cielo me has concedido mejores gracias que las que me regalaste aquí, perdóname lo que no pueda hacer por vuestra hija. Gracias Izabella por mostrarte “asombrada” cuando te contaba cosas

del trabajo. Querida Carmen, escribo estos agradecimientos hoy que hemos enterrado tu cuerpo, a ti te encargo que esto se acabe pronto, y sobre todo que intercedas para que pueda completar el cariño que echa de menos tu hermana. No pretendo ser un biólogo brillante (¡Ya quisiera!)....

Gracias queridos padres y hermanos que supisteis manteneros cercanos en la distancia. De vosotros recibí que siempre hay que levantarse...y, si es posible, levantarse temprano. Debo incluir aquí a mi tía Adora y a mi tío Mateo. Estoy inmensamente orgulloso de vosotros. Reconozco de qué madera estoy hecho.

Gracias queridos hermanos en la Fe que siempre me mostrasteis la Verdad sumergiéndome en el mar de la humildad aunque fuese, a veces, a base de ahogadillas.

Gracias Alfonso y Manuela que con vuestros hijos habéis mantenido siempre el riego necesario de estas semillas para que no se secasen sin fruto. Gracias Alfonso porque sólo la Fe en Dios es capaz de mantener hasta el final a fe en un hombre.

Gracias amada Irene y amados hijos, Irene Estrella, Laura y Samuel con Victoria y Natalia, Juan, Rut, María con Mario, Pedro, Paula, Rafael, Almudena, Manuel, Carmen y Raquel porque sin vosotros seguramente habría terminado una tesis hace mucho tiempo, pero no sería ésta que sólo tiene para nosotros una finalidad: No dejemos de hacer lo que podamos hacer, aunque parezca tarde. Abandonad sólo lo que no vale: haced, por tanto, siempre, lo bueno. A vosotros además debo pedirlos mil veces perdón por no haber terminado antes. Es cierto que me he rendido muchas veces... y si había vanidad cuando empecé, os aseguro que solo queda el respeto a vosotros. Irene, querida, seguramente hubiese hecho mejores cosas ocupándome de cuestiones más domésticas: en un alto grado el mérito de este trabajo es tuyo. Por esto, gracias. Es de justicia el reconocimiento público a tu trabajo manteniendo el ordenador en orden, haciendo copias de seguridad y recuperando archivos perdidos y aguantando mis arrebatos de mal



genio por estupideces que solo tú supiste enjugar. Y, si esto sale como no nos gusta... la culpa es sólo mía.

Gracias a Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo.



# ÍNDICE

<u>0.- PREAMBULO</u>	1
<u>1.-INTRODUCCION GENERAL</u>	5
1.1.- HISTORIA NATURAL Y BIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO DE LA DORADA	7
1.1.1. HISTORIA NATURAL	7
1.1.2. CRECIMIENTO SOMATICO MUSCULAR Y OSEO.	15
1.1.3. FACTORES AMBIENTALES. FOTOPERIODO Y TEMPERATURA	17
1.1.4. CRECIMIENTO COMPENSATORIO	21
1.1.5. UTILIZACION DE LAS FUENTES DE ENERGIA: RESERVA ENERGETICA Y CONTROL DE LOS NIVELES DE ADIPOSIDAD	22
1.1.6. DISPONIBILIDAD ENERGETICA Y ESTADO INMUNITARIO.	26
1.2. PROYECCIÓN E IMPORTANCIA DE LAS PESQUERÍAS,	27
1.2.1. PRODUCCION	27
1.2.2. CONSUMO	31
1.2.3. PRODUCCION MUNDIAL DE ACUICULTURA	34
1.2.4. SOSTENIBILIDAD DE LA ACUICULTURA	40
1.2.5. PESCA Y ACUICULTURA EN EL MEDITERRANEO Y EN ESPAÑA. TENDENCIAS Y EL CASO CONCRETO DE LA DORADA.	47
1.3.- ESTADO TECNICO ACTUAL DEL CULTIVO DE LA DORADA: LOS ROBLEMAS DE LA REPRODUCCIÓN, LA CRÍA Y EL DESARROLLO LARVARIO PARA LA INDUSTRIA DE CULTIVO ACUICOLA.	66
1.3.1. REPRODUCCIÓN	66
1.3.2. CULTIVO LARVARIO.	68
1.3.3. ENGORDE.	85
<u>2.- OBJETIVOS</u>	89
<u>3.- MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES</u>	93
3.1.- INSTALACIONES	95
3.2. PARAMETROS EN ESTUDIO	96
3.3.- CAPTACIÓN DE IMAGENES. HITOS. ADQUISICIÓN DE DATOS MORFOMETRICOS	105
3.4.- ALOMETRÍA Y COMPONENTES PRINCIPALES	106
3.5.- EL ANÁLISIS DEL PERFIL, PROCRUSTES Y EL ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES RELATIVAS. (SHAPE, GLS, RW y TPS)	111
3.6.- CÁLCULO DEL FACTOR PARTICULAR DE ALOMETRÍA, e <sup>c</sup> .	115
3.7.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO	118
<u>4.-RESULTADOS - PARTE I: EFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES DE ENGORDE EN LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA Y EN LA MORFOMETRIA DE LA DORADA</u>	121
4.1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS PARCIALES	123
4.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL	124
4.3.- CURVAS DE CRECIMIENTO	126
4.3.1. RESULTADOS	126
4.4.- COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA	134
4.5. MORFOMETRÍA	135
4.5.1. RESULTADOS	136
4.6.- DISCUSIÓN	143
<u>5.- RESULTADOS - PARTE II: LA MORFOMETRÍA Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE ENGORDE</u>	149
5.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	151
5.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL	155
5.3.- PARÁMETROS DEL CULTIVO Y COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA	157
5.3.1. RESULTADOS	157

5.4.- EL TAMAÑO DEL CENTROIDE	173
5.4.1 RESULTADOS	173
5.5.- MORFOLOGÍAS DE LOS ANIMALES AL INICIO Y AL FINAL DEL CULTIVO	190
5.6.- MORFOLOGÍA DEL CRECIMIENTO. VISUALIZACIÓN	219
5.6.1. RESULTADOS	219
5.7.- RELACIONES DE ALOMETRÍA	226
5.7.1. RESULTADOS	226
5.8.- MODELO ALOMÉTRICO DE CRECIMIENTO. ESTANDARIZACIÓN	229
5.8.1. RESULTADOS	230
5.9.- MODELO PARA LA MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE CRECIMIENTO	271
5.9.1. RESULTADOS	272
5.10.- MODELO DE PREDICCIÓN DEL PESO Y DE LA TALLA EN FUNCIÓN DE LA MORFOMETRÍA	294
5.10.1. RESULTADOS	294
5.11.- VALIDACIONES	303
5.11.1. ANTECEDENTES	303
5.11.2. RESULTADOS	304
<hr/> 6.- DISCUSIÓN GENERAL E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.	311
<hr/> 7.- CONCLUSIONES	319
<hr/> 8.- BIBLIOGRAFÍA	323
Anexo I. Tablas completas del capítulo V.	347
Anexo II. PATENTE:	365

## **0.- PREAMBULO**



Este trabajo surge para intentar responder técnicamente a algunas de las preguntas más frecuentes que los industriales de nuestro entorno nos han planteado repetidamente. Somos conscientes de que, en muchas ocasiones, las respuestas que les hemos brindado les han debido de parecer ambiguas o retóricas, tal vez por la falta de formación especializada de aquellos industriales. A medida que las empresas han ido contratando personal especializado, la comunicación con los centros de información ha ido siendo más fluida, aunque, sometidos a la presión de la producción, hubiesen preferido respuestas concretas que les supusiese una actuación rápida sobre el problema del momento. La industria busca una respuesta de tipo clínico: ¿qué pasa?, ¿qué hago?, ¿qué medicamento suministro? ...Pero la mayor parte de las decisiones que se toman en muchas ocasiones, como por ejemplo en el proceso de engorde, donde no está implicada directamente una patología concreta, se deben llevar a cabo juzgando de manera instantánea cierta cantidad de variados factores; esto es especialmente evidente en el ejemplo citado del proceso de engorde de un animal que resulta ser poiquiloterma, como es el caso de la dorada, con una dependencia muy grande de las condiciones ambientales, todavía más acusadas en latitudes como las nuestras, que presentan un marcado cambio estacional. Sólo después de años de trabajo en el sector es cuando los técnicos, biólogos, ingenieros o veterinarios, empiezan a integrar en sus decisiones todas estas valoraciones aprendidas de modo empírico, como resultado de la acumulación de sus experiencias.

El hecho de trabajar con animales acuáticos, que no se pueden observar con facilidad como ocurre en las zootecnias de aves o mamíferos, y cuyos tiempos de manipulación han de ser cortos y delicados, es lo que me anima a plantear una pequeña discusión de los experimentos realizados sobre el engorde de dorada y a plantear unas bases para diseñar instrumentos, que podemos denominar como de “teletrabajo”, para observar sin manipular directamente los animales y tener un criterio objetivo que dirija nuestras decisiones en las estrategias de alimentación.

S se ha incluido un pequeño resumen de la historia natural de la dorada, como conocimiento básico y punto de partida para afrontar el estudio de cualquier aspecto de la biología de esta especie o de su cultivo para explotación comercial. En atención a los objetivos de esta tesis, los aspectos que influyen en la fase de engorde, como los modelos de crecimiento, se abordará de forma más detallada.

También se esboza, al principio, algunos apuntes sobre el estado actual y las perspectivas de la acuicultura a nivel internacional y del cultivo de la dorada en el área mediterránea y su dimensión comercial, para que se pueda entender y, si ello es posible, se pueda aceptar la trascendencia y la dificultad que supone potenciar la industria de la piscicultura. Es posible que algunos de los datos queden algo desfasados ya que el trabajo experimental se terminó en 2008 y la primera presentación se realizó en 2010. Lamentablemente los cambios normativos y legislativos han influido retrasando la presentación de la tesis y puede que algunos, pocos, datos referentes a la producción hayan variado aunque no de modo sustancial.

Por último, considerando el estado actual de la legislación europea, nos alegramos de que los resultados de esta tesis puedan incidir en el desarrollo de normativas de bienestar animal tanto en el aspecto ético como en el productivo.



# **1.-INTRODUCCION GENERAL**



## **1.1.- HISTORIA NATURAL Y BIOLOGÍA DEL CRECIMIENTO DE LA DORADA**

### **1.1.1. HISTORIA NATURAL**

La dorada, *Sparus aurata* L. (1758), es un teleósteo perciforme de la familia de los espáridos (*Sparidae*).

Presenta un cuerpo ligeramente aplastado en sentido sagital. La cabeza, muy redondeada, presenta un perfil convexo poco inclinado hacia el dorso; el labio superior sobresale ligeramente del inferior. El extremo posterior del hueso maxilar llega hasta una línea vertical imaginaria trazada desde el borde anterior del ojo. No tienen espinas en el opérculo ni el preopérculo. En ambas mandíbulas los dientes anteriores, a modo de caninos, son fuertes y puntiagudos. Mientras que en la mandíbula superior hay 4 ó 5 filas de dientes molariformes en cada hemimandíbula, tanto más fuertes cuanto más exterior es su situación, en la mandíbula inferior suele haber entre 3 y 4 filas. El diente mas caudal de las filas posteriores está especialmente desarrollado en ambas mandíbulas (Whitehead *et al.* 1986).

La aleta caudal es escotada. La aleta dorsal se extiende desde la misma altura donde se inicia inserción de la aleta pectoral, hasta el pedúnculo caudal.

El animal es de color gris-azulado, oscuro en el dorso y aclarándose en los flancos. El vientre es blanco. Los alevines presentan franjas oscuras en los flancos que se conservan tenuemente en algunos individuos jóvenes. La aleta caudal

termina en una banda negra y las aletas pectorales presentan tonalidades amarillentas, a veces muy vivas. En el origen de línea lateral presenta una mancha oscura. En la zona frontal presenta la característica mancha dorada que le da nombre. Entre los ojos se aprecia una franja negra que, con frecuencia, está acompañada de una línea roja en la parte inferior.

La fórmula de las aletas es: D XI + 13-14. A II +11-12.

En la línea lateral presenta de 73 a 85 escamas.

La espina dorsal está formada por 24 vértebras: 10 cervicales y 14 caudales. Los arcos branquiales presentan branquispinas cortas con el borde superior cubierto por diminutas espinas. En el primer arco branquial el número de branquispinas es de 21 ó 22. (Arias, 1976).

Puede alcanzar más de 10 kilos de peso, pero en algunas zonas del Mediterráneo oriental no se encuentran ejemplares mayores de 2 o 3 kilos.

Su distribución geográfica es amplia. Típicamente de aguas templadas, alcanza las costas Escocesas, por el norte, y el paralelo 15° (Senegal), por el Sur. Es muy común en el Mediterráneo, el Adriático y el Egeo; también es frecuente en el Mar Rojo, pero es rara su presencia en el Mar Muerto.

Es una especie costera que vive en cualquier tipo de fondo, especialmente el de las praderas de posidonia. Es eurihalina, ocupando tanto lagunas hipersalinas, como estuarios donde la salinidad se sitúa en torno al 0'2%; durante el verano coloniza las lagunas litorales y las zonas de estuarios.

No se pesca a profundidades mayores de 100 metros; lo normal es pescarla hasta los 70 metros de profundidad. No suele situarse en el fondo sino entre aguas, excepto en las praderas de posidonia.

Los jóvenes alevines colonizan estanques costeros donde permanecen, bien en el estanque, bien en sus proximidades, hasta alcanzar la edad de maduración sexual, desplazándose entonces hacia zonas más profundas.

Las larvas se alimentan principalmente de zooplancton, incluyendo en la dieta estadios larvarios de cualquier animal: moluscos, cirrípedos, poliquetos y

huevos de otros peces; también ingieren partículas vegetales como polen. Cuando crecen adquieren una alimentación basada en la fauna bentónica, como poliquetos, moluscos y restos de plantas; en el estado adulto se hace netamente carnívoro, consumiendo crustáceos, poliquetos, moluscos, también otros peces y, frecuentemente, restos vegetales (Arias, 1976; Suau y López, 1976; Ferrari y Chierigato, 1981).

La freza tiene lugar en mar abierto, pero también se reproducen en el interior de aquellas lagunas arriba mencionadas. Este hecho ha sido aprovechado tradicionalmente por los pescadores, que explotan éstas zonas en donde, con menor salinidad y profundidad, los animales presentan mayores tasas de crecimiento que en mar abierto. En los meses posteriores a la puesta, de diciembre a marzo, se permite el paso de fauna desde el mar a las lagunas litorales y esteros; luego se cierran con redes o empalizadas de cañas y al final del verano, septiembre u octubre, se pescan las doradas que han alcanzado talla comercial; las demás se mantiene en un estanque anexos, o "chiquero", junto con los individuos grandes que servirán de reproductores y que luego se devolverán al estero junto con los animales que lo colonicen la siguiente temporada (Arias, 1976; Suau y López, 1976).

La dorada es hermafrodita proterándrico sucesivo. La madurez la alcanza después del segundo verano. La primera madurez es siempre masculina; luego, parte de la población revierte el sexo a hembra, pero el número de individuos en los que tiene lugar el cambio es variable en cada estación. Una vez que el animal ha madurado como hembra, no regresan otra vez al estado de macho. Es probable que el cambio se produzca por efecto de las feromonas, en función del número de individuos de cada sexo en la población; es posible que la proporción de sexos determinen el número de inversiones sexuales, como lo ponen de manifiesto las experiencias de Happe y Zoar (1988). La inversión sexual se produce solamente durante un período sensible, entre mayo y septiembre, es decir, justo después de la puesta, lo que hace suponer más firmemente el carácter hormonal de éste cambio.

Los peces vuelven al estado sexual indiferenciado en la fase de reposo sexual. En las gónadas de individuos que luego se desarrollarán como machos se puede observar cierto número de oogonias durante las etapas premadurativas, aunque éstas no progresen más allá del estado perinuclear. Estos oocitos previtelogénicos degeneran cuando los individuos desarrollan la recrudescencia testicular. El fenómeno de feminización es frecuente en los machos, y viene acompañado por elevados niveles de estradiol. Un fenómeno similar se produce en machos en regresión antes de entrar en la fase de reposo gonadal (Kadmon et al. 1985). Esta situación es común en otros espáridos proterándricos como *Sparidentex sp.*, según capturas registradas hasta en las costas de Kubaít. Parece ser que después de la época de reproducción los animales entran en una fase de inversión en la que todos parecen desarrollar estadios oogoniales antes de la fase de reposo; luego se produce un momento de “indecisión” hormonal, una etapa de equilibrio entre la influencia de estrógenos y andrógenos producidos por la gónadas hermafroditas. Este equilibrio podría romperse por la influencia de feromonas del tipo andrógenos-conjugados, como los derivados de la conjugación de los ácidos glucurónicos con la testosterona, producidos por la presencia de machos fenotípicos funcionales que inducirían el cambio de individuos jóvenes machos hacia hembras funcionales.

El cambio de sexo en los individuos del mar Rojo se produce entre los 15 y 16 meses de edad, y las hembras son funcionales entre los meses 17 al 24, mientras que en el Mediterráneo las hembras no son funcionales, en general, hasta después de los dos años; en la zona atlántica no se observan hembras con menos de 1000g, lo que puede suponer, para individuos salvajes, una edad de no menos de 4 años (Zoar, 1978; Devauchelle, 1980).

En las costas españolas y francesas la puesta se realiza de octubre a diciembre (Lumare, 1978), mientras que en el Mediterráneo oriental la puesta se produce entre enero y abril. En ambos casos se siguen el patrón de alejamiento de la costa para la freza y la aproximación de los alevines a aguas poco profundas.

La puesta no parece tener lugar por debajo de 12 grados; normalmente ocurre por encima de 14 grados y especialmente se produce, a partir de éste mínimo, con subidas bruscas de temperatura de dos o tres grados. También se observa que la maduración se retrasa si las temperaturas vuelven a descender.

Tampoco se han observado puestas naturales por encima de los 18°C. Parece que la maduración gonadal y las posibilidades de puesta se producen a por debajo de los 19°C y que la maduración se detiene cuando las temperaturas descienden por debajo de los 14°C. (Alessio y Bronzi, 1974; Pascual *et al.*, 1989). El estrecho margen de temperaturas aptas para la maduración gonadal podría explicar la razón de las migraciones de las doradas a aguas profundas: los animales no esperarían a que la temperatura del ambiente marcara la pauta de maduración, sino que una vez que el fotoperiodo ha marcado la señal, las doradas buscarían activamente las temperaturas que les permitieran terminar el desarrollo gonadal y la puesta. Esto explicaría también las diferencias de las pautas estacionales de maduración y etología de las poblaciones de dorada en las distintas zonas del Mediterráneo. Pero estas pautas etológicas están claramente diferenciadas biogeográficamente (Lumare, 1978)

La puesta es del orden de 20.000 a 50.000 huevos por kg. de progenitor y día. La puesta no es única sino secuencial y se alarga durante un período variable, que va desde algunos días hasta varias semanas o, incluso, meses, en función de factores ambientales e individuales. Los huevos son pelágicos, con diámetros entre 0'9 y 1'05mm.

La vitelogénesis y la recrudescencia testicular tienen lugar cuando los animales, independientemente de su biogeografía, se dirigen a aguas profundas para realizar la reproducción. (Ben tuvia, 1979; Kadmon *et al.*, 1985)

En experimentos realizados con animales en cautividad y manipulación de fotoperiodo se corrobora que es éste, como ya se ha indicado antes, el principal factor inductor de la maduración genital. Por un lado, animales mantenidos en cautividad con fotoperiodos constantes, no son capaces de conseguir la

maduración; y, por otro lado, parece ser que la caída del fotoperiodo desde su máximo (simulando el solsticio de verano) hasta el punto de inflexión (simulando el equinoccio de otoño) y la velocidad a la que se simula este cambio es lo que induce la vitelogénesis y la maduración (Ben tuvia, 1979; Kadmon *et al.*, 1985). Una vez terminada la maduración, la estabilización del fotoperíodo prepararía los animales para la puesta.

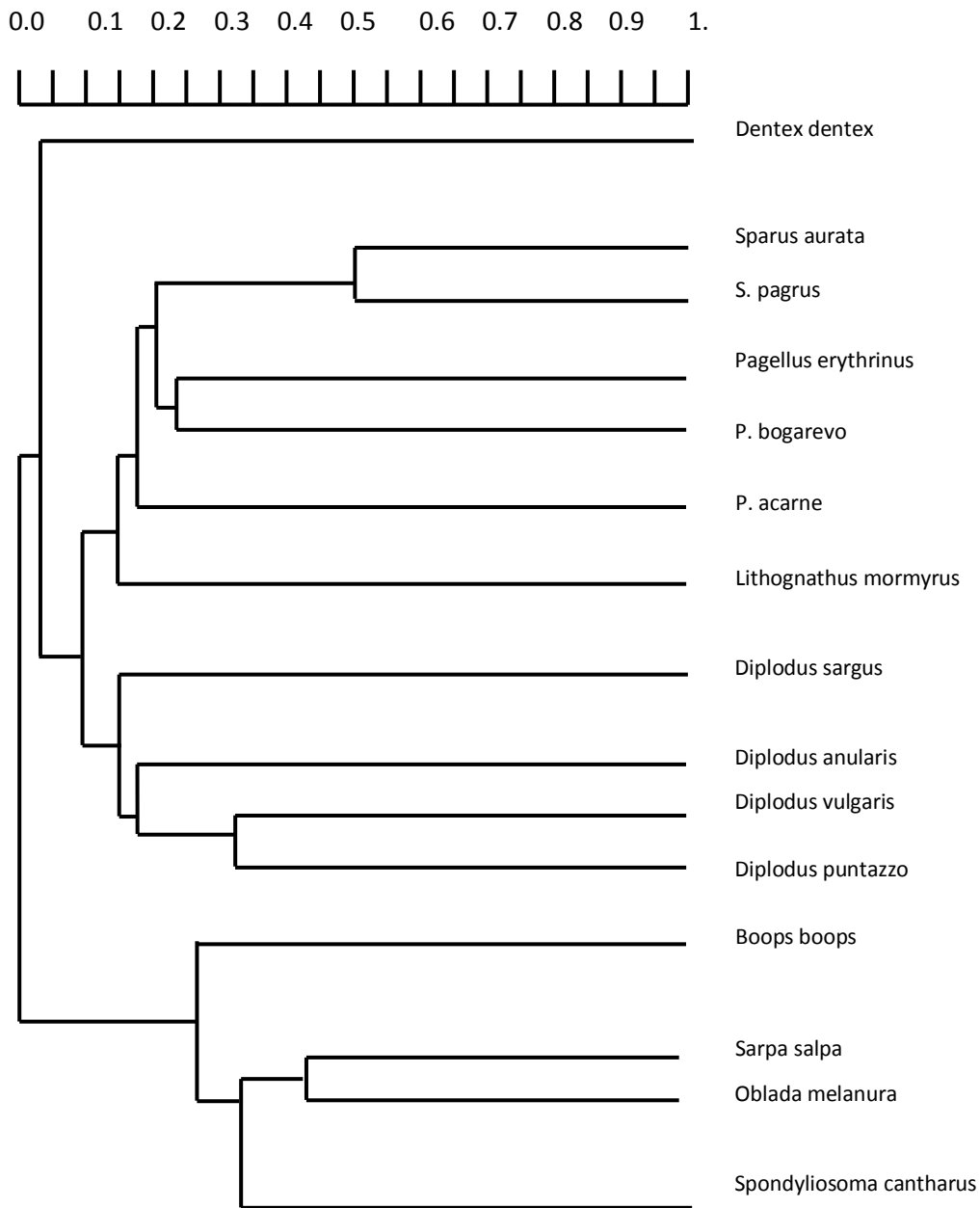
En la lubina, en cambio, una vez alcanzado el fotoperiodo más corto, parece ser la estabilización de las temperaturas entre 12° y 14 °C y la rampa de aumento del fotoperiodo lo que induce la puesta. Tanto en la dorada como en la lubina es necesario, en las simulaciones, un período de tiempo suficiente entre el inicio de la maduración y la inducción a la puesta para que se desarrolle adecuadamente la síntesis de las vitelogeninas como sucede en la naturaleza (Bromage, 1985)

Este patrón general de desarrollo gonadal está influido por la disponibilidad de alimento. Muchos peces, como la lubina o el salmón, apenas ingieren alimento durante las últimas fases de maduración ovárica y deben utilizar las reservas que hayan adquirido en las fases previtelogénicas y de vitelogénesis inicial, esto es, durante las últimas etapas de la estación cálida, para incorporar la gran cantidad de lípidos y proteínas que requieren los oocitos (lo que pueden llegar a constituir entre el 20% y el 30% del peso del animal). En cambio, la dorada permanece activa capturando alimento a lo largo de su dilatada época de puesta. Esta disponibilidad de alimento puede ser otro de los factores que influyen en la variación de la época de puesta y puede marcar las diferencias reproductivas de las poblaciones occidentales y orientales de la dorada en el Mediterráneo, sobre todo cuando se comparan poblaciones que normalmente ocupan medios lagunares.

Muchas veces la clasificación de una especie se ve alterada cuando se quiere apoyar en otros criterios, más o menos sólidos, que los meramente morfológicos (en ocasiones se consideran variaciones geográficas como especies o cepas distintas, agrupando especies en un mismo género o a la inversa); sin embargo, la actual clasificación de las especies de la cuenca mediterránea incluidas



en la familia *Sparidae* se puede considerar acertada. Si nos hacemos eco de los trabajos de Basaglia (1992), en los que se utiliza el análisis electroforéticos de las proteínas musculares de distintas especies de espáridos, comprobamos este acierto, reforzado, además, por criterios etológicos y fisiológicos referidos al desarrollo sexual. El coeficiente de similitud, sobre músculo rojo, calculado según Ferguson (1980), así como la relación de franjas comunes a dos especies frente al número máximo de franjas de un individuo obtenidas por isoelectroenfoque, nos indican la proximidad genética de las distintas especies; esto confirma el taxón anatómico por el que se rige su sistemática (individuos de la misma especie tendrían coeficientes iguales a la unidad). Si tomásemos como referencia las bandas electroforéticas del músculo blanco, las distancias variarían ligeramente en lo cuantitativo, pero se mantendría la sistemática y la división en las subfamilias *Dentecinae* (género *Dentex*), *Sparinae* (géneros *Sparus*, *Pagellus*, *Diplodus* y *Lithognathus*) y *Boopsinae* (géneros *Boops*, *Sarpa* y *Spondyliosoma*) queda perfectamente justificada.



**Figura 1.1. Familia *Sparidae*. Dendrograma con las distancias relativas basadas en análisis genéticos según Ferguson (1980).**

### 1.1.2. CRECIMIENTO SOMÁTICO MUSCULAR Y ÓSEO.

A diferencia de los mamíferos, los peces óseos presentan un patrón de crecimiento continuo a lo largo de toda su vida (Mommsen y Moon, 2001), aunque las velocidades de crecimiento varíen en función de factores ambientales, nutricionales y genéticos.

Los peces no alcanzan su talla máxima al llegar a la madurez sexual, o alrededor de ese momento, tal y como ocurre en aves y mamíferos, por lo que es necesario diferenciar, a lo largo de toda la vida del animal, el crecimiento somático (crecimiento óseo y muscular) del reproductivo (producción de oocitos y esperma, con sus reservas energéticas). Además, muchas veces no se inicia el proceso reproductivo hasta que no se alcanza un tamaño adecuado y, a la inversa, los procesos reproductivos alteran las pautas de crecimiento o, incluso, se detienen durante el crecimiento somático. En éste sentido es de gran importancia, como también sucede en mamíferos, la disponibilidad energética, ya sea porque se tiene fácil acceso al alimento o porque ya se disponen de suficientes reservas lipídicas. (Jobling, 1994).

El crecimiento somático resulta de la alternancia de dos procesos celulares del músculo esquelético: la hiperplasia, o aumento del número de células, y la hipertrofia, o aumento del tamaño celular. El crecimiento óseo acompaña sincrónicamente al crecimiento muscular mediante un proceso hiperplásico de creación de nuevas células, los osteoblastos, y de su maduración hacia osteocitos.

El número de fibras musculares está altamente determinado por los genes en los mamíferos y queda prácticamente fijado desde el nacimiento, por lo que el crecimiento muscular se debe sobre todo a los fenómenos de hipertrofia celular (Higgins y Thorpe, 1990; Johnston *et al.*, 1998; Stickland *et al.*, 1988); en los peces, en cambio, la hiperplasia se mantiene durante toda la vida del animal y, aunque el ritmo de formación de nuevos núcleos y células disminuye con la edad, los procesos de hipertrofia se mantienen durante más tiempo. Es decir, con el

tamaño del animal, la contribución de la hipertrofia en el crecimiento es mayor (Brooks y Johnston, 1993). Entender esto es de vital importancia para plantear estrategias de alimentación en piscicultura, porque el crecimiento comercial se produce antes de la madurez sexual, cuando es más importante la contribución de la hiperplasia (Stickland *et al.*, 1988; Nathanailides *et al.*, 1996).

El músculo de los peces no forma paquetes o haces musculares acabados en tendones, sino que sus fibras se disponen paralelas al eje anteroposterior del animal y son separadas por tabiques de tejido conectivo, los mioseptos, que están unidos a la piel y al esqueleto. Los mioseptos forman estructuras que recorren el cuerpo del animal en sentido dorsoventral, en líneas de aspecto sigmoidal. Las fibras musculares se unen a los mioseptos formando segmentos musculares: los llamados miotomos. Esta arquitectura muscular de anclaje óseo-dérmico proporciona a los peces una capacidad de movimiento ondulatorio extraordinario, fundamental para la natación, donde las aletas sólo sirven, salvo la caudal (excepción hecha de adaptaciones particulares de algunas especies), como timones o estabilizadores (Huss, 1998); de ahí que los peces no necesiten estructuras de anclaje músculo-esquelético tan potentes como los tendones de los mamíferos, que ha de soportar la fuerza de la gravedad.

El tipo de músculo que forma la mayor parte de la carcasa es músculo blanco, aunque también se presenta una fracción de músculo rojo. Esta variedad roja de tejido muscular se encuentra situada inmediatamente bajo la piel, en sendas bandas laterales de los costados del cuerpo en posición medial, siguiendo, aproximadamente, el trazado de la línea lateral. Las bandas musculares son más gruesas cerca de la piel y se va estrechando conforme se acercan a la espina dorsal. La proporción de músculo rojo y músculo blanco depende de la especie y de la actividad del animal. El músculo blanco está adaptado para los potentes movimientos súbitos de huida o de caza, con una adaptación metabólica para el catabolismo anaeróbico. El músculo rojo está especializado en el metabolismo aeróbico de los lípidos; está muy irrigado y presenta altas concentraciones de

hemoglobina; es el músculo que constantemente utiliza el pez en su locomoción (Huss, 1998; Sanger y Stoiber, 2001)

En el proceso de crecimiento por hiperplasia interviene las células satélites situadas bajo la lámina basal. Estas células satélites permanecen altamente activas en los periodos de rápido crecimiento (Fauconneau y Paboeuf, 2001) y en los momentos de regeneraci3n tisular, como los implicados en la reparaci3n de tejidos dañados por enfermedades o heridas (Stockdale, 1992; Schultz, 1996).

Cuando se reparan tejidos dañados por proliferaci3n de las células satélites e incorporaci3n de las hijas al sincitio muscular de nuevos núcleos a las fibras musculares, parece haber una importante expresi3n de desmina, una proteína muscular que tambi3n aparece en elevadas concentraciones cuando se diferencian los mioblastos; despu3s, la expresi3n de desmina cae y se sintetiza mayoritariamente miosina. En la regeneraci3n tisular prácticamente se repiten, localmente y a pequeña escala, los mismos procesos que en la embriog3nesis. (Sartore *et al.*, 1982; Helliwell, 1988; Rowleron *et al.*, 1997).

### **1.1.3. FACTORES AMBIENTALES. FOTOPERIODO Y TEMPERATURA**

Los peces son animales poiquilotermos o ectot3rmicos, por lo que su metabolismo está muy mediatizado por las condiciones ambientales, sobre todo por la temperatura. El fotoperiodo tiene un efecto especialmente sincronizador o “disparador” de algunos procesos fisiol3gicos, como la reproducci3n y el crecimiento (Imsland y Jonassen, 2001); sin embargo parece tener un efecto menor sobre la tasa metab3lica, por tratarse de un efecto constante que se repite prácticamente con exactitud diaria. Sin embargo el fotoperiodo es especialmente importante para los animales que viven en las zonas templadas, por los acusados cambios estacionales, mientras que en las zonas tropicales los desencadenantes del ciclo reproductor son la temperatura y el r3gimen de lluvias (Bromage *et al.*, 2001).

Los fotoperiodos largos inducen, en general, un incremento de la ingesta y, sobre todo, una mejor tasa de conversión del alimento (Boeuf y Le Bail, 1999). Esta mejora puede estar mediatizada por la inhibición de la melatonina que en carpines parece actuar como una señal de saciedad (Pinillos *et al.*, 2001).

La producción de melatonina se activa a través de receptores en la retina y en la glándula pineal en todos los vertebrados (Barness *et al.*, 1993). En los peces, la melatonina sólo se produce en la glándula pineal y los niveles circulantes parecen caer durante el día al bloquearse por la luz la enzima serotonina acetil transferasa, que transforma la serotonina en melatonina. La serotonina tiene efecto antagónico a la melatonina y mantiene niveles elevados durante el día, mientras que los de melatonina se mantienen elevados durante la noche (Harvey y Daughaday, 1995; Ekstrom y Meissl, 1997). De éste modo el fotoperiódodo podría inferir comportamientos rítmicos circadianos y circanuales.

La manipulación del fotoperiodo permite adelantar o retrasar las puestas, lo que en piscicultura permite disponer de larvas durante una prolongada parte del año y evitar así que se concentre todo el esfuerzo en un período corto del año (Bromage *et al.*, 2001).

El desove de la dorada puede prolongarse desde septiembre hasta mayo mediante la manipulación del fotoperiodo, utilizando distintos lotes de progenitores; es decir, a cada progenitor se le debe de mantener activo durante un tiempo de puesta similar al natural: unos 3 meses. La manipulación del fotoperiodo debe aplicarse a lotes distintos de reproductores, para evitar agotar a los individuos. Después de la época de puesta, los animales tardan varios meses en regularizar su composición bioquímica corporal y su peso, cuya pérdida puede ser del 2% del peso que tenía antes del periodo reproductivo, produciendo un peso en huevos hasta dos veces su propio peso corporal (Zoahar *et al.*, 1995).

En relación al crecimiento y engorde, la manipulación del fotoperiodo puede tener efectos en el retraso de la pubertad lo que en salmones, por ejemplo, se

traduce en un aumento del periodo de rápido crecimiento (Bonnet *et al.*, 1996; Einen *et al.*, 1998).

Definimos como temperatura óptima de crecimiento aquella a la que se alcanza el máximo desarrollo del animal. No suele coincidir con la temperatura en la que la ingesta de alimento es máxima (Brett, 1979; Gadomski y Caddell, 1991; Jobling, 1991), lo que significa que no todos los procesos metabólicos están regulados con la misma intensidad ni que todos son dependientes sólo de la temperatura; posiblemente, no sólo se afectan por la temperatura y el fotoperiodo, sino que puede haber otros parámetros, como la salinidad, la concentración de oxígeno, el ejercicio físico, o diversos factores internos, que interactúen entre sí para ejercer un efecto aditivo.

En la dorada, la temperatura óptima oscila entre los 20° y los 23°C, disminuyendo, dentro de éste rango, con la edad y con el tamaño (Pedersen y Jobling, 1989; Fonds *et al.*, 1992). Esta adaptación parece favorecer la hipótesis de que las tasas altas de crecimiento dependen más de los procesos de hiperplasia que de hipertrofia. Esta situación puede deberse a que el número de células satélite o la producción de núcleos a partir de ellas, disminuya o que, aunque se mantenga constante, no sea suficiente su número para mantener la tasa de formación de fibras. La disminución de la temperatura óptima se podía entender como una adaptación para mantener el metabolismo de un organismo más voluminoso, que necesitaría una mayor ingesta de alimentos (aunque menor porcentaje de ración), o simplemente como una consecuencia metabólica ya que, al no necesitar tanta proteína para la hipertrofia, los niveles de ingesta podrían ser menores y, por lo tanto, la temperatura a la que se ingiere solo la ración que se necesita, menor (Pedersen y Jobling, 1989; Fonds *et al.*, 1992).

Los efectos de la temperatura en el crecimiento son distintos en cada especie. En algunas como el arenque, el aumento de la temperatura durante el desarrollo larvario se refleja en una mayor actividad hiperplásica y una menor hipertrófica (Johnston *et al.*, 1995). En cambio, en otras especies, como el bacalao,

se produce justo la situación contraria. La razón de esto puede depender de muchos factores, desde los propiamente genéticos, hasta los adaptativos, la edad y el tamaño de los peces. Podría parecer que la temperatura afecta con más intensidad a la replicación del ADN que a la síntesis de proteína (Van der Have y de Jong, 1996). También puede afectar produciendo la reducción de los niveles y la disponibilidad de oxígeno. Podríamos llegar a tesis conjuntas donde la temperatura favorece en cada momento aquellos fenómenos dominantes; así, durante la edad temprana se favorece la hiperplasia y durante la edad adulta se favorece la hipertrofia.

Establecer una relación entre ingesta y temperatura con el crecimiento es difícil; generalmente el ayuno o la restricción de la ingesta en larvas de peces se traducen en una disminución del crecimiento hiperplásico, pero no del hipertrófico (Alami-Durante *et al.*, 1997; Galloway *et al.*, 1999). En otras ocasiones los efectos no son opuestos y tanto hiperplasia como hipertrofia se ven afectados del mismo modo (Brooks y Johnston, 1993).

En la dorada, la caída de la ingesta en invierno puede producir el “síndrome invernal” en animales jóvenes, una enfermedad que cursa con aumento de cortisol en plasma, comportamiento apático, natación algo errática y, a nivel tisular, degeneración de la mucosa intestinal con edemas en la lámina basal y distensión. El origen puede estar en un desequilibrio nutricional y energético que somete al pez a una situación de estrés metabólico y depresión inmunitaria. (Tort *et al.*, 1998, a y b; Padrós *et al.*, 1998; Contessi *et al.*, 2000).

Una última observación puede puntualizar la interpretación de todo lo dicho con anterioridad: temperatura y fotoperiodo afectan simultáneamente, es decir que toda variación en uno de los factores vendrá potenciada o moderada por la variación del otro; por ejemplo, no podemos inducir la puesta manipulando el fotoperiodo, si lo hacemos manteniendo temperaturas estivales, ni podremos mejorar la conversión con el aumento de la temperatura (aun estando dentro del límite de temperaturas óptimas), si mantenemos fotoperiodos muy cortos.



#### 1.1.4. CRECIMIENTO COMPENSATORIO

Kennedy propuso a principio de los años cincuenta una teoría por la que el volumen de tejido adiposo ejercía una retroalimentación negativa sobre la cantidad de ingesta y se regulaban así los ritmos metabólicos y la termogénesis (Kennedy, 1953). Desde entonces se han propuesto multitud de mecanismos mediatizados hormonal o químicamente para explicar cómo se puede regular la ingesta a través del sistema nervioso (Hervey, 1969; Cabanac y Richard 1996; Boersma y Wit, 1997; Friedman, 1998; Jobling y Johansen, 1999).

Surgió así el concepto de crecimiento compensatorio que sostiene que el desvío de la curva de crecimiento propia de una especie por enfermedad o a escasez de alimento, es compensado por un crecimiento más rápido en un período posterior, acompañado con aumento de la ingesta (hiperfagia), mejoras en la conversión del alimento y mayores tasas de acreción proteica. En estos procesos estarían implicados vaciados y rellenados de las reservas lipídicas. Este proceso de crecimiento compensatorio restauraría, en un período relativamente corto de tiempo, la curva teórica de crecimiento. El tiempo de este período de crecimiento compensatorio dependería, para cada especie, de factores tales como el tamaño, edad y sexo del animal, las condiciones de cultivo y la disponibilidad de alimento (Summer *et al.*, 1990; Marai *et al.*, 1991; Jones y Farell, 1992)

El crecimiento compensatorio se ha utilizado experimentalmente en acuicultura para mejorar las tasas de conversión y crecimiento en varias especies de peces, como el pez gato (Gaylor y Gatlin, 2000), la trucha arco-iris (Quinton y Blake, 1990; Jobling y Koskela, 1999) y el salmón (Nicieza y Metcalfe, 1997). De modo general el crecimiento compensatorio es más patente y duradero en especies de aguas frías, quizás por la adaptación a etapas de escasa actividad (Kim y Lovell, 1995). Se ha observado que en algunas especies no se llega a recuperar totalmente la curva de crecimiento (Pirhonen y Forsman, 1999). Considerando que los peces

tienen un crecimiento continuo, la acuicultura podría utilizar esta capacidad de crecimiento compensatorio para potenciar los fenómenos de hipertrofia, una vez se han completado los procesos de hiperplasia, especialmente en las épocas de baja temperatura, si el nivel de adiposidad no ha inhibido la tasa de ingesta.

#### **1.1.5. UTILIZACION DE LAS FUENTES DE ENERGIA: RESERVA ENERGETICA Y CONTROL DE LOS NIVELES DE ADIPOSIDAD**

Los peces son mayoritariamente carnívoros, más del 80% de las especies, y los contenidos proteicos en su dieta son más elevados que en las dietas de mamíferos y aves (Cowey, 1994). La proporción oscila entre el 35% y el 45% para las especies omnívoras, y entre el 40% y el 50% para las carnívoras. Esto puede ser una adaptación a la depredación en ecosistemas tan improductivos como el océano, contemplado en su conjunto, o bien podría ser el indicativo de una baja necesidad energética derivada del nicho ecológico que ocupan, donde la locomoción y la excreción del nitrógeno en forma de amonio, son de menor coste energético que la que se hace en mamífero y aves, como urea o ácido úrico, junto a un gasto nulo en termorregulación (Kaushik y Cowey, 1991). Por esta razón, la mayor parte de la energía puede destinarse al crecimiento y la acreción proteica. Aun así, la proporción de proteína/energía varía, para una misma especie, con la edad y con el tamaño del animal.

Se ha evidenciado, pero no tipificado, que la temperatura y el volumen de la ingesta influyen en esta proporción óptima entre proteína y energía (Company *et al.*, 1999 a): la tasa de conversión no mejora si se alimenta hasta la saciedad a animales con dietas de alto contenido proteico, pero cuando se disminuye la relación proteína/energía, utilizando piensos con alto contenido lipídico, hay que reducir la ingesta para mantener las conversiones en niveles adecuados. Esto no ha conducido a la aceptación de que, sea cual sea la composición de un pienso, la alimentación a saciedad no supone la mejor estrategia ni para el crecimiento ni

para la mejora de la conversión del alimento; a lo sumo, y sólo durante cierto período de tiempo, produce la ganancia de peso. Está en entredicho el concepto de “sparing”, de “sustitución” de las proteínas por los lípidos, que de algún modo fomentó la introducción de los piensos hiperenergéticos con alto contenido graso. De hecho, el uso inadecuado de estas dietas conlleva un aumento de grasa en los tejidos y un exceso de tejido adiposo que puede llegar a comprometer, no sólo la salud y la interrupción del crecimiento, si no también la calidad del producto final; esto acaba afectando tanto al valor nutritivo, a sus características organolépticas y a su grado de conservación (Gjedrem, 1997; Einen y Skrede, 1998). Los problemas en algunas producciones de peces han sido tales que se ha tenido que optar en someterlos a un período de ayuno antes de ponerlos en el mercado (Bonnet *et al.*, 1996; Einen *et al.*, 1998).

Suministrar dietas con alto contenido graso ha de suponer que los animales tienen la capacidad de metabolizarla de modo adecuado; pero, desde el punto de vista industrial, tienen que hacerlo al ritmo que se les suministra y en el período de tiempo de la edad juvenil, que es cuando se realiza el engorde comercial.

La principal función del tejido adiposo, como depósito de lípidos en el reino animal, es la de servir de reserva energética y de almacén de algunos ácidos grasos necesarios para formación de membranas (González-Hita *et al.*, 2002). El tipo de tejido adiposo y su localización varía con el grupo animal. El tejido adiposo blanco concentra sobre todo triglicéridos e, histológicamente, tiene la capacidad disminuir su volumen y distribuirse por el organismo formando depósitos que se localizan específicamente según la especie y el sexo; esto es común a muchos animales. En aquellos mamíferos que se han adaptado a la hibernación y a los ecosistemas fríos aparece un tipo de tejido especial destinado a la termorregulación, el tejido adiposo pardo, que también está presente en las crías de los mamíferos; muy vascularizado, se acumula sobre todo en masas subcutáneas de la porción dorsal del cuello y en la cavidad torácica (Linberg, 1970). Las aves

acumulan grasa subcutánea o en los músculos pectorales para las migraciones (Marsh, 1984).

Los peces acumulan lípidos en el hígado, músculo, región dérmica, cavidad abdominal e, incluso, como los salmones, en el tejido óseo. (Jobling *et al.*, 1998); pero la utilización y la formación de cada tipo de depósito varía en función de la especie. En general existe una correlación negativa entre los depósitos hepáticos y los musculares. No parece que la adaptación a un ecosistema explique la distinta distribución de los depósitos grasos en distintas especies; así, por ejemplo, caballa y arenque acumulan lípidos en la musculatura, mientras el bacalao lo hace sobre todo en el hígado, hasta alcanzar el 70% del peso de éste órgano; estas tres especies coinciden en el mismo ecosistema. La dorada estaría dentro de los peces grasos, como la caballa y el salmón, que acumulan grasas en el músculo esquelético, hasta el 10% del peso fresco, y en la cavidad abdominal; por el contrario, presentan un hígado poco graso. La lubina, otro pez del mismo ecosistema, también acumula grasa en la musculatura, pero también tiene un hígado bastante graso cuando ha acumulado reservas (Santinha *et al.*, 1999; Takana *et al.*, 1994). Parece que cada especie ha desarrollado unas estrategias de acumular y reutilizar sus reservas energéticas, estrategias que persisten sin que una haya desplazado a la otra dentro de un ecosistema.

Los salmones durante la esmoltificación, cuando se dirigen al mar, preservan y acumulan mayoritariamente grasa visceral, mientras que cuando van a terminar el desarrollo gonadal, la grasa se forma lentamente hasta que se han alcanzado niveles altos de depósitos grasos de la musculatura (Sheridan *et al.* 1989). Esto podría indicar la menor necesidad de energía disponible del salmón en el mar, frente a la gran cantidad de energía que tiene que utilizar la musculatura cuando el animal tiene que migrar para desovar. Es decir, dependiendo de la especie se produce un “llenado” y un “vaciado” ordenado jerárquicamente de estos depósitos grasos (muscular, hepático y visceral) en función de la fisiología propia de la especie o de su comportamiento (Sheridan, 1999).

Los recientes estudios sobre el papel de la leptina en mamíferos han permitido comprender los mecanismos de utilización de las reservas de grasas y su relación con la ingesta (Frubeck *et al.*, 2001; Moreno y Martínez, 2002). El uso de leptinas de mamíferos en la alimentación de peces ha producido moderados efectos en carpa, administrando concentraciones elevadas (Volkoff y Peter, 2001), pero no ha inducido cambios reseñables en la utilización de los depósitos grasos en salmones (Silverstein y Plisetskaya, 2000). Sin embargo parece que la aportación de leptinas en la dieta de la trucha ejercer un efecto potenciador de la secreción de somatolactina por la hipófisis (Peyon *et al.*, 2003), posiblemente por tratarse de una leptina heteróloga.

Si la acción de la leptina tuviese una función lipolítica más que como señalizador de niveles elevados de reservas que produciría la reducción de la ingesta (Ahima y Flier, 2000), serían necesarios experimentos diseñados a largo plazo, experimentos que incluyesen situaciones de ayuno prolongado, dado el bajo metabolismo de los peces y la lenta movilización de las reservas lipídicas, para determinar el papel de las leptinas en la movilización de las reservas y el control de la ingesta. La interrelación entre leptina (o moléculas análogas) y somatolactina podría aportar luz sobre la utilización y control de los depósitos energéticos en los peces, ya que la somatolactina presenta niveles elevados en el período otoñal (Mingarro *et al.*, 2003), cuando son bajos los niveles de GH e IGFs; la somatolactina parece estar implicada en la regulación de las reservas lipídicas formadas en el verano durante los períodos otoñal e invernal. Una evidencia que apoya esta relación es que la restricción del alimento, que comporta un menor engorde, conlleva el retraso de la aparición de los picos de somatolactina (Mingarro *et al.*, 2004).

Tanto en humanos como en mamíferos puede manifestarse la imposibilidad de utilizar los depósitos grasos, bien por defectos en las señales de engrasamiento, bien por defectos en las rutas catabólicas de los lípidos, que se agudizaría con la edad, y que parece dependiente de la genética de cada individuo; esto produciría en

los individuos que lo padeciesen un apetito constante para obtener energía y ácidos grasos.

#### **1.1.6. DISPONIBILIDAD ENERGETICA Y ESTADO INMUNITARIO.**

Varios trabajos realizados con vertebrados superiores relacionan el aumento de tejido graso con algunas formas de inmunodepresión (Calder, 1998; Lamas *et al.*, 2002). En humanos y en otros mamíferos, la obesidad está ligada a múltiples problemas de salud, especialmente a enfermedades cardiovasculares, pero también a enfermedades metabólicas, como diabetes, lipoptosis de las células pancreáticas y algunos tipos de cáncer. Parece evidente que mantener un bajo grado de adiposidad es beneficioso para el animal, tanto desde el punto de vista metabólico como clínico, aunque no estén bien definidas las rutas metabólicas que corroboren estas correlaciones.

Los órganos de los peces que más implicados están en la respuesta inmune son el riñón anterior, el bazo y el timo, que parece tener competencia en la formación de los linfocitos T como en otros vertebrados. La producción de anticuerpos es lenta y no está bien desarrollada, por lo que el mayor peso de la respuesta inmune la asume la repuesta no específica basada en la producción de leucocitos de distintos tipos (Linfocitos y Macrófagos). El riñón anterior es el tejido hematopoyético más importante, descargando la función excretora sobre el riñón posterior. El bazo participa en la eritropoyesis y parece ser que en la formación de macrófagos (Manning, 1994, van Muiswinkel *et al.*, 1991; Shoemaker *et al.*, 2001). Los centros melanomacrofágicos del bazo podrían ser responsables de parte de la respuesta específica antigénica y también de que ésta se prolongo durante largos períodos de más de un año. Experimentos realizados con lubinas han permitido establecer una correlación significativa entre la composición de la dieta y la prevalencia de infecciones causadas por algunos microsporidios (Sitjá Bobadilla y Pérez Sánchez, 1999) de modo que la prevalencia de la infección

es mayor en los animales alimentados con dietas de alta energía, de modo similar a como sucede en otros peces (Whali *et al.*, 1995) y mamíferos (Coop y Holmes, 1996).

## **1.2.- PROYECCIÓN E IMPORTANCIA DE LAS PESQUERÍAS, LA PRODUCCIÓN ACUICOLA Y EL CONSUMO**

### **1.2.1. PRODUCCION**

Las previsiones de la FAO (FAO 2002, 2004,2006, 2008; APROMAR 2012, OESA 2012) sobre la tendencia en la producción de pescado hasta 2030 apuntan a que América Latina, Europa y China serán los principales suministradores de pescado y que la aportación de la acuicultura al conjunto superará el 65%. Las especies de peces pelágicos pequeños continuarán siendo las más utilizadas como insumos para la producción de la acuicultura, como componente de harina de pescado en los piensos. América Latina hará la mayor contribución al aumento de la producción mundial de capturas durante el período al que se refiere la proyección y confirmará su posición como principal productor de la pesca de captura y principal exportador neto, aunque seguirán siendo China y otros países asiáticos los mayores productores. Los peces pelágicos pequeños y los demersales seguirán constituyendo los grupos principales en el total de la pesca de captura. En el año 2004 Perú y Chile ocupaban ya el segundo y cuarto puesto de productores de pescado, con 9'6 y 9'4 millones de toneladas respectivamente. La producción mundial en 2010 se estimó en 168'4 millones de toneladas, de los que 78'9 millones fueron aportados por la acuicultura. Se destinaron al consumo humano 143 millones de toneladas, lo que supuso un suministro medio de 18'4kg de pescado *per cápita* al año.

Durante los últimos años se ha producido un estancamiento de la pesca de captura europea y un notable crecimiento de la acuicultura; la producción por

capturas de los 28 países de la Comunidad Europea ha oscilado estos últimos años entre los 8'6 millones de toneladas, alcanzado en 1990, y los 5'7 millones de 2010. De este valor, el 15% consistía en peces pelágicos pequeños y el 23% en peces demersales. Durante el mismo período, la proporción de la producción acuícola aumentó constantemente del 10% del total en 1989, al 25% en 1998; solamente Noruega se encuentra entre los 10 mayores productores de captura, con una producción de 1'1 millones de toneladas en 2010. (FAO. APROMAR 2012)

Japón alcanzó una producción máxima (pesca+acuicultura) de 12 millones de toneladas en 1974 y posteriormente se ha ido reduciendo casi hasta la mitad (6'72 millones de toneladas en 1997); en 2006 se mantuvo en 5 millones y se prevé que la producción de la pesca de captura se mantendrá en este nivel los próximos años. Se pronostica que su producción en acuicultura se duplicará hasta 2030, ascendiendo a 1'5 millones de toneladas. La producción total aumentará un 11% en el período de 30 años, y los peces pelágicos pequeños, los demersales y los moluscos seguirán siendo los tres grupos de especies que más se produzcan en ese país.

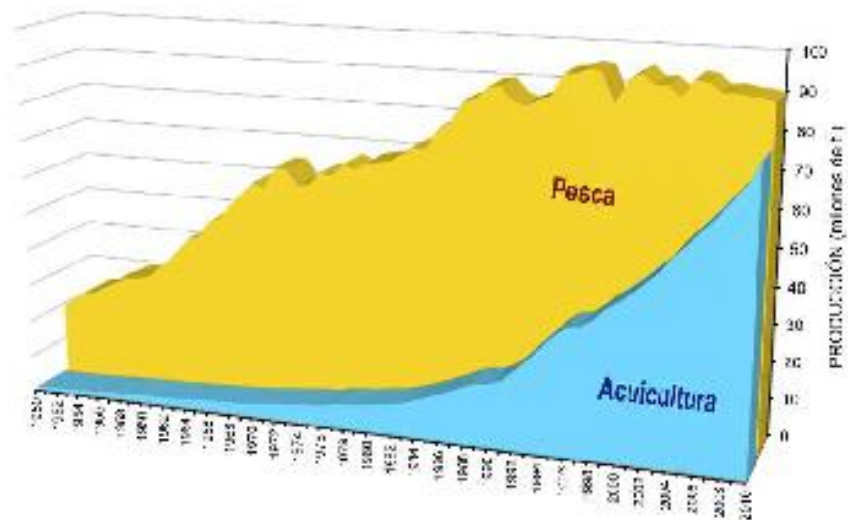
Como ejemplo de la interacción mercado y producción, y por lo amplio de su mercado, queremos comentar el caso de los Estados Unidos. Se prevé que la producción, el consumo y el comercio de alimentos de origen marino variarán mucho según las distintas especies de que se trate. También serán diferentes las tendencias de mercado o de producción como consecuencia de cambios “del lado de la oferta” en la pesca de captura y de diferencias en la medida en que crezca la acuicultura y aumente su producción, así como de diferencias “del lado de la demanda” entre las especies provocadas por cambios en las preferencias de los consumidores. A medida que aumentan los ingresos *per cápita* en los Estados Unidos, es probable que la demanda se transfiera de las especies de precio inferior a las de precio superior. El crecimiento de la producción de la acuicultura y el crecimiento de la demanda son más altos en el resto del mundo que en los Estados



Unidos, que se mantiene en el tercer puesto de productores de captura. Se pronostican relativamente pocos cambios en la producción del país para 2030.

De modo general, la acuicultura creció más que cualquier sector de producción animal. Desde 1970 hasta la actualidad ha crecido un 11% anual frente al 2'8% anual que ha crecido la producción de carne en tierra.

China, con 17 millones de toneladas capturadas y 47'8 millones de toneladas derivadas de la acuicultura en 2010 es, con diferencia, el líder mundial y el que presenta mayor estabilidad de capturas. En 2010 China revisó sus datos de producción de pesca y de acuicultura, estableciendo un incremento del 3% en sus capturas y del 5'6% en su producción acuícola respecto al año anterior, sin incluir las plantas.



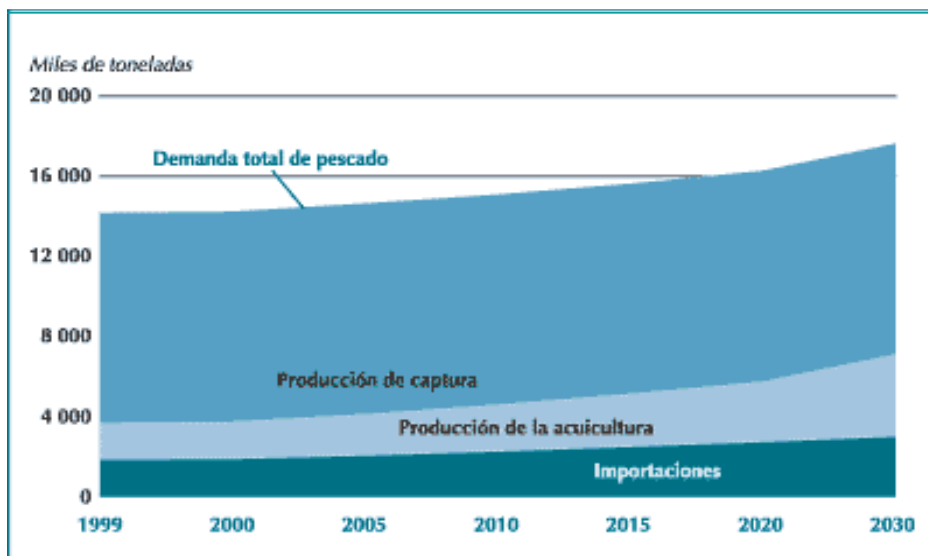
**Figura 1.2.1.1. Evolución de la producción mundial de la pesca y de la acuicultura. Fuente: FAO.**

La producción mundial de la pesca de captura ascendió a 92 millones de toneladas, de los que 82 millones derivan de la pesca marina y los otros 10 de la pesca continental, y entre estos, 2'5 obtenidos por China. Los incrementos en la producción de la acuicultura mundial se deberían a la mayor producción de China,

mientras que Asia meridional, América Latina y el Caribe y Europa aportarían aumentos menores. Las especies de agua dulce predominarán en la producción acuícola.

En cambio, se estima que los aumentos del volumen de la producción total necesarios para satisfacer las necesidades crecientes del consumo proyectadas en Europa, se realizarán principalmente en la producción de la acuicultura. De hecho, se estima que la producción de la piscicultura se duplicará para 2030, superando los 2'5 millones de toneladas en 2015 y alcanzando los 4 millones de toneladas en 2030.

Es probable que la producción de la acuicultura crezca con menor rapidez en los Estados Unidos que en otros países, debido a los costos más elevados de la mano de obra y a la existencia de reglamentos más estrictos en materia ambiental, sanitaria y de inocuidad de los alimentos. Como consecuencia de ello, se prevé que una parte cada vez mayor de las necesidades de consumo de pescado en los Estados Unidos se satisfará con importaciones.



**Figura 1.2.1.2. Previsiones de la producción mundial de pescado.**

**Fuente: FAO.**

### 1.2.2. CONSUMO

Aunque, según las proyecciones, el consumo anual mundial *per cápita* aumentará al cabo del tiempo, pasando de los actuales 16 kg a un consumo de entre 19 y 21 kg (equivalente de peso en vivo) en 2030, la imagen por regiones será muy diferente. Las proyecciones indican que el consumo de pescado por persona aumentará en Asia meridional (hasta casi un 60%), América Latina y el Caribe (hasta casi un 50%) y China (hasta más del 84%), mientras que podría estancarse o disminuir en otras zonas como África (3% menos), Cercano Oriente en Asia (17% menos), Oceanía en desarrollo (8% menos), y los países de las repúblicas de la antigua Unión Soviética (4% menos). La utilización de pescado para usos distintos del consumo humano crecerá más lentamente que el suministro total, por lo que su proporción irá disminuyendo a lo largo del tiempo.

A nivel mundial, los cambios en las pautas del consumo reflejan el crecimiento de la demanda de productos listos para cocinarlos o listos para el consumo. El aumento de la proporción de los alimentos de origen marino que se distribuyen a través de supermercados continúa facilitando una mayor penetración de tales productos en zonas alejadas de la mar. La mayor sensibilidad con respecto a la salud ha modificado también las pautas de consumo y ha obligado al sector de la elaboración de la industria pesquera a ajustarse a esta nueva demanda y ha demostrado su capacidad de ajuste e innovación.

La demanda de productos pesqueros ha ido aumentando en Asia debida, en parte, al crecimiento de la población y al incremento de los ingresos medios. Japón es el país con el mayor consumo *per cápita* de la región, ya que registra niveles históricos de unos 70 kg, lo que constituye aproximadamente el 10% de la demanda mundial de productos pesqueros.

En Japón se encontraron bajas tasas de sustitución del pescado por otras fuentes de proteínas y, si bien se prevé que el consumo *per cápita* aumentará un 16%, también se prevé que aumentarán al cabo del tiempo los precios del pescado

y que el precio de los peces demersales y animales acuáticos se duplicará con creces.

Hay que considerar, de todos modos, que este incremento en el consumo no es uniforme. Permanece constante en África subsahariana mientras se está incrementando de modo notable en África Septentrional y Cercano Oriente y de modo drástico en Asia Oriental. Así, actualmente (FAO 2010) mientras en África subsahariana no se llega a los 5 kg de pescado *per cápita*, la media de África se aproxima a los 8 kg, en China el consumo se acerca a los 27 kg *per cápita*. En América Central y del Norte y en Europa se consumen más de 20 kg *per cápita*. En los países en vías de desarrollo, sin contar China el consumo se aproxima a los 10 kg *per cápita*.

El pescado aporta el 15% de las proteínas animales consumidas y en algunos países de tipo insular y otros como Camboya, Guinea Ecuatorial, la Guayana francesa, Indonesia o Sierra Leona supera el 50% de las proteínas animales en gran medida debido a la pesca continental. En América central y del Norte el pescado aporta el 8%; el 11% en Europa y en África el 19%. En Asia si no incluimos China supone el 19% del aporte proteico. En China supone más del 23%.

Las principales especies consumidas en Europa desde 1998 eran los mejillones (7% de todo el consumo), seguidos del bacalao (7%), el atún (6%), el arenque (6%), los cefalópodos (calamares, pulpos y sepias: 5%), la sardina (5%) y el salmón (4%). Otras especies importantes eran el camarón (4%) y la trucha (3%). En cuanto a la cantidad total consumida, los peces pelágicos pequeños, como arenques, sardinas, anchovetas y anchoas, son el principal grupo de especies, y representaban el 15% del consumo total, pero su parte de mercado en valor es relativamente baja debido a sus bajos precios unitarios, y son las especies más consumidas en el área mediterránea junto con los cefalópodos y los crustáceos.

En cambio, los peces demersales (en particular, el grupo de especies de pescado blanco) son el principal grupo de especies en valor, tanto en lo que

respecta al consumo directo como a su uso en las industrias primarias y secundarias de elaboración de Europa y América Central. En 1998, este grupo representó el 15% del consumo en volumen, pero en valor su parte del mercado fue notablemente superior. De modo global, en el año 2006 los peces supusieron el 74% del “pescado” consumido, de los que el 25% son especies continentales o diadromas. Los moluscos no cefalópodos alcanzaron el 13%, los crustáceos el 9’5% y los cefalópodos el 3’5%.

Según las estimaciones, en términos absolutos, se reducirá el consumo de pescado como alimento sólo en tres países (Estonia, Letonia y España), pero, como consecuencia de cambios demográficos, además de en esos tres países, disminuirá también en Noruega, Portugal y Suecia. Los peces marinos (túnicos, pelágicos pequeños, demersales y otros) proporcionarán la mayor parte del consumo total; sin embargo, será mayor el crecimiento del consumo de cefalópodos, crustáceos, peces de agua dulce y peces anadromos. Los productos pesqueros congelados preparados y/o en conserva serán la clase de pescado predominante para el consumo humano.

En Estados Unidos, las proyecciones indican que aumentarán las importaciones y consumo netos, pero que el crecimiento del consumo total de pescado será relativamente modesto, siendo de menos del 25% en las predicciones más optimistas. La desaceleración del crecimiento de la acuicultura hace que el consumo sea también menor. El aumento de la demanda en el resto del mundo hace también que el consumo y las importaciones crezcan menos en los Estados Unidos, con lo que la disminución del comercio de pescado provoca un crecimiento menor de las importaciones y, en consecuencia, del consumo. En realidad, tanto los volúmenes de pescado potencialmente disponibles para el consumo en los Estados Unidos como los precios del pescado en relación con los de otras proteínas animales estarán influidos en gran medida, si no determinados, por la producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura. La tendencia

más clara a largo plazo es la de un crecimiento del consumo *per cápita* de productos de la acuicultura, como camarones, salmón y bagre.

### **1.2.3. PRODUCCION MUNDIAL DE ACUICULTURA**

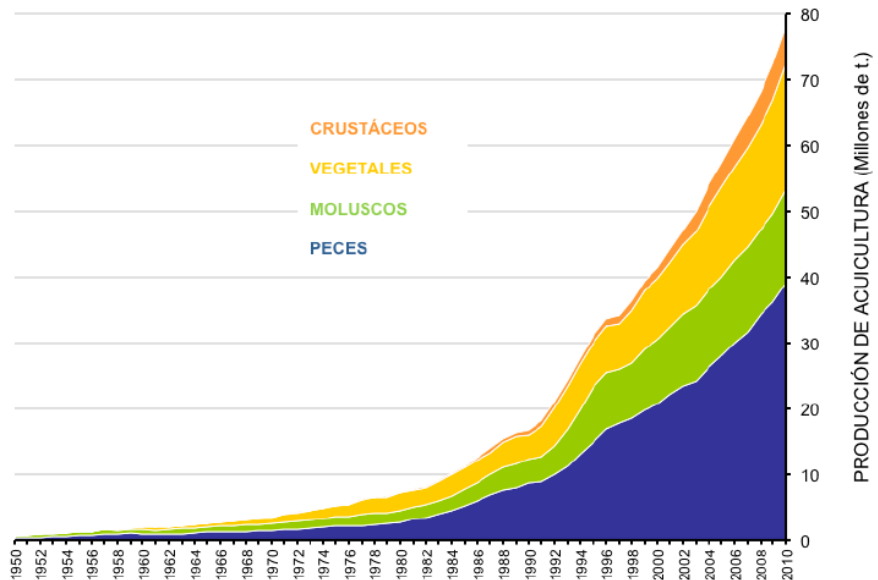
Según previsiones de la FAO se estima que la producción de la piscicultura se duplicará para 2030, superando los 2'5 millones de toneladas en 2015, y alcanzando los 4 millones de toneladas en 2030.

Según las estadísticas de la FAO, la contribución de la acuicultura al suministro mundial de pescado, crustáceos y moluscos continuó creciendo, ya que pasó del 3'9% de la producción total en peso en 1970 al 27'3% en 2000, al 32'4% en 2004 y al 47% en 2010. La acuicultura crece con mayor rapidez que todos los demás sectores de producción de alimentos de origen animal. En el ámbito mundial, el sector ha aumentado por término medio a la tasa compuesta del 9'2% al año desde 1970, frente al crecimiento de sólo el 1'4% registrado en la pesca de captura y el 2'8% en los sistemas terrestres de producción de carne a base de cría de animales. El aumento de la producción acuícola en aguas continentales ha sido particularmente grande en China, donde alcanzó el promedio del 11'5% al año entre 1970 y 2000, frente al 7% al año en el resto del mundo durante el mismo período, alcanzando las 59'5 millones de toneladas entre animales y plantas en 2004. La producción actual ha descendido respecto a este pico, 47'8 millones de toneladas, pero es un 5'6% mayor que la de 2009, La producción de la maricultura en China aumenta a la tasa media anual del 14%, frente a la del 5'4% del resto del mundo. No obstante, es posible que la producción acuícola de China, especialmente su crecimiento desde comienzos de los años noventa, haya sido sobreestimada en las estadísticas.

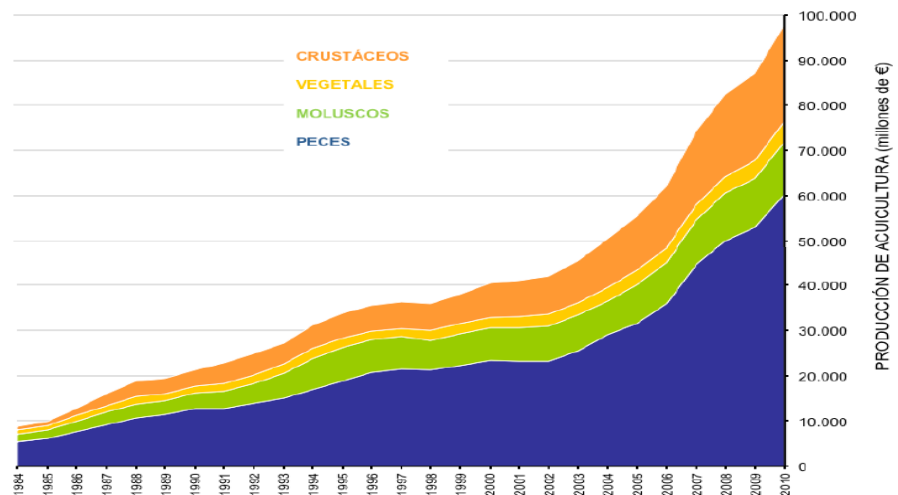
En 2010, China produjo el 71% del volumen total y el 49'8% del valor total de la acuicultura. Casi el 51% de la producción total mundial de la acuicultura en 2010 consistió en peces propiamente dichos, y continúa hasta la fecha el aumento de la producción de los principales grupos de especies sin que

se registre ningún descenso aparente (Figura 1.2.3.1). La producción mundial de plantas acuáticas ascendió a 21'1 millones de toneladas (5.600 millones de dólares), de las que el 70% se produjo en China.

Entre China y la costa del pacífico se producen el 97'5% de los ciprínidos, el 99'8% de las plantas, el 87'4% de los peneidos y el 93'5 de las ostras.



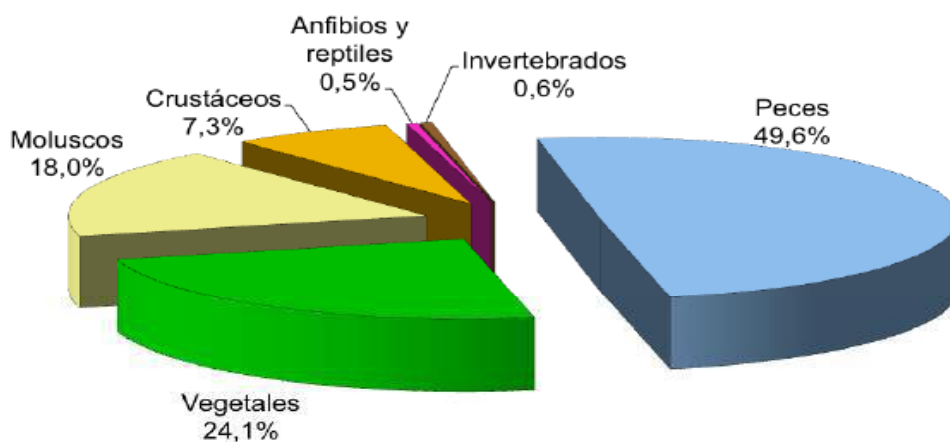
**Figura 1.2.3.1 Tendencias de la producción mundial de acuicultura en los últimos años por grupos de especies en millones de toneladas. Fuente: FAO. APROMAR.**



**Figura 1.2.3.2. Valor de la producción mundial de acuicultura en los últimos años por grupos de especies en millones de euros. Fuente: FAO. APROMAR**

En contraposición a los sistemas de explotación agrícola terrestre, en los que la mayor parte de la producción mundial se obtiene de un número limitado de especies de animales y plantas, ya en 2000 se señalaron más de 210 especies de plantas y animales acuáticos cultivados. Esta gran diversidad se debe al gran número de especies acuáticas que pueden adaptarse fácilmente a la amplia gama de sistemas y condiciones de producción existentes en los distintos países y regiones del mundo. Hay que señalar asimismo que el número de especies cultivadas es probablemente mucho mayor que el notificado, ya que, en 2000, no se detalló la especie con respecto a más de 9'7 millones de toneladas (21'2%) de la producción acuícola mundial. Este grupo "sin especificar" incluye probablemente especies que no se han registrado como cultivadas.

En 2000, más de la mitad de la producción acuícola mundial se obtuvo en aguas costeras marinas o salobres. Sin embargo, la mayor tasa media de

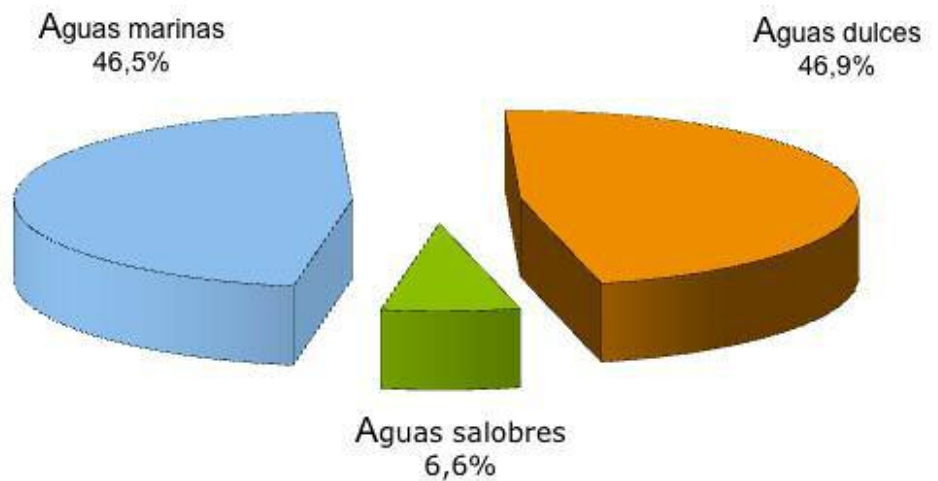


**Figura 1.2.3.3 Distribución porcentual de la producción de acuicultura mundial (t) en 2010 por grupos (FAO).**

crecimiento anual desde 1970 se obtuvo en la producción dulceacuícola. La producción en aguas salobres representó, en peso, sólo el 4'6% de la producción acuícola mundial en 2000, pero alcanzó el 15'7% de su valor total. En 2010 supuso



el 6'5% del total de producción. Los principales grupos de especies criados en agua dulce fueron los de peces propiamente dichos. En las aguas salobres predominan los crustáceos y peces de valor elevado, mientras que en aguas marinas se producen sobre todo moluscos y plantas acuáticas (Figura 1.2.3.3). En las tablas 1.2.3.1 a 1.2.3.4 se indica la producción en cantidad y valor de los principales países productores y los principales grupos de especies.



**Figura 1.2.3.4. Distribución porcentual de la producción (t.) de acuicultura mundial en 2010 por sustratos (FAO).**

Es especialmente significativo que la producción acuícola de los países en desarrollo y países de bajos ingresos y con déficit de alimentos (PBIDA) ha crecido constantemente, a la tasa anual media del 10% aproximadamente desde 1970. Sin embargo, el crecimiento de la producción (tanto en cantidad como en valor) en los PBIDA, si se excluye a China, ha sido más lento que en los que no son PBIDA. En cambio, la producción acuícola de los países desarrollados ha crecido a la tasa anual media de sólo el 3'7% desde 1970, registrándose incluso una reducción del 2'4% de 1999 a 2000. Desde 2000, la mayor parte de la producción acuícola de los países en desarrollo consistió, con la excepción de camarones marinos, en peces omnívoros/herbívoros o especies que se alimentan

por filtración. En cambio, el 73'7% de la producción piscícola de los países desarrollados fue de especies carnívoras.

En lo que respecta al suministro de pescado para el consumo humano (es decir, productos de peces y mariscos acuáticos para consumo humano, enteros y en peso en vivo, excluidas las plantas acuáticas), el sector acuícola mundial, con exclusión de China, produjo en 2000 alrededor de 11 millones de toneladas de productos acuáticos cultivados, frente a unos 52 millones de toneladas que se obtuvieron de la pesca de captura. Las cifras comunicadas por China son 20 millones de toneladas aproximadamente de la acuicultura y 7 millones de la pesca de captura, lo que indica claramente el predominio de la acuicultura en China. Fuera de China, el suministro de pescado per cápita para el consumo humano obtenido de la acuicultura se ha quintuplicado, pasando de 0'6 kg en 1970 a 2'9 kg en 2010.

**Tabla 1.2.3.1. Principales países productores de acuicultura por toneladas anuales en 2010 y tasa de variación interanual (FAO).**

Pais	Toneladas	% crec. anual
<i>China</i>	47,829.610	5'6
<i>Indonesia</i>	6,277.924	33'2
<i>India</i>	4,653.093	22'5
<i>Vietnan</i>	2,706.800	4'5
<i>Filipinas</i>	2,545.967	2'8
<i>Corea</i>	1,377.233	3'4
<i>Bangladesh</i>	1,308.515	22'9
<i>Tailandia</i>	1,286.122	-9'2
<i>Japón</i>	1.151.080	-7'4
<i>Noruega</i>	1.008.010	4'8
<b>TOTAL 10 ESPECIES PRINCIPALES</b>	<b>70,144.354</b>	<b>8'1</b>
<b>RESTO PAISES</b>	<b>8,798.647</b>	<b>7'1</b>
<b>TOTAL ACUICULTURA MUNDIAL</b>	<b>78,943.004</b>	<b>8'0</b>
España (Ranking 20º )	252.352	-5'4

**Tabla 1.2.3.2. Principales países productores de acuicultura por valor de la producción anual (millones de euros) en 2010 (FAO) y tasa de variación interanual**

Pais	Valor (M€)	% crec. anual
<i>China</i>	49.351	7'3
<i>India</i>	7.268	60'8
<i>Indonesia</i>	4.954	53'8
<i>Vietnam</i>	4.134	39'8
<i>Noruega</i>	4.016	4'8
<i>Japón</i>	3.736	-3'8
<i>Chile</i>	3.015	-21'2
<i>Bangladesh</i>	2.272	20'8
<i>Tailandia</i>	2.254	7'4
<i>Filipinas</i>	1.456	7'9
TOTAL 10 PAISES PRINCIPALES	82.456	12'2
RESTO PAISES	17.723	11'8
TOTAL ACUICULTURA MUNDIAL	100.179	8'0
España (Ranking 27º)	417	0'2

**Tabla 1.2.3.3. Principales especies producidas mediante acuicultura en el mundo (en toneladas) en 2010 (FAO) y tasa de variación interanual**

Especie	Nombre científico	Toneladas	% crec. anual
Laminaria japonesa	<i>Undaria pinnatifida</i>	5,146.883	4'4
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	4,337.114	3'7
Carpa plateada	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4,116.835	0'4
Carpa catla	<i>Gibelion catla</i>	3,869.984	58'6
Ostra japonesa	<i>Crassostrea gigas</i>	3,677.691	4'0
Almeja japonesa	<i>Ruditapes philippinarum</i>	3,604.246	10'9
Alga Eucheuma	<i>Eucheuma sp.</i>	3,489.388	21'3
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	3,444.203	6'7
Langostino blanco	<i>Litopenaeus vannamei</i>	2,720.929	12'0
Carpa cabezona	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	2,585.962	4'8
TOTAL 10 ESPECIES PRINCIPALES		36,993.235	10'6
RESTO ESPECIES		41,949.769	5'8
TOTAL ACUICULTURA MUNDIAL		78,943.004	8,0
Dorada Ranking 65ª)	<i>Sparus aurata</i>	139.187	2'2
Lubina (Ranking 70ª)	<i>Dicentrarchus labrax</i>	125.902	12'2
Rodaballo (Ranking 88ª)	<i>Pseta máxima</i>	68.890	-0'2

**Tabla 1.2.3.4. Principales especies por valor (millones de euros) producidas mediante acuicultura en el mundo en 2010 (FAO) y variación interanual.**

Especie	Nombre científico	Valor (M )	% crec. anual
Langostino blanco	<i>Litopenaeus vannamei</i>	9.028	17'9
Salmón atlántico	<i>Salmo salar</i>	6.254	21'7
Carpa catla	<i>Gibelion catla</i>	5.726	94'6
Carpa herbívora	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	4.426	3'8
Carpa plateada	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	4.297	2'0
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>	3.641	7'9
Cangrejo de canal chino	<i>Eriocheir sinensis</i>	3.304	3'3
Tilapia del Nilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	3.215	17'1
Langostino tigre	<i>Penaeus monodon</i>	3.168	8'4
Trucha arco iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	2.733	-0'2
TOTAL 10 ESPECIES PRINCIPALES		45.792	16'8
RESTO ESPECIES		54.387	8'4
TOTAL		100.179	8'4
Dorada	<i>Sparus aurata</i>	627	8'4
Lubina	<i>Dicentrarchus labrax</i>	580	9'1
Rodaballo	<i>Pseta máxima</i>	423	0'9

#### 1.2.4. SOSTENIBILIDAD DE LA ACUICULTURA

Durante los tres últimos decenios, la acuicultura ha crecido, se ha diversificado, se ha intensificado y ha incorporado diversos adelantos tecnológicos. El potencial de estos avances para mejorar la seguridad alimentaria local, mitigar la pobreza y mejorar los medios de subsistencia rurales es ampliamente reconocido. La nutrición humana y la alimentación animal ocupan un lugar central y fundamental en el desarrollo sostenible del sector de la acuicultura. Tanto la cultura de subsistencia como la orientada a la búsqueda de beneficios y basada en el uso de piensos no deben considerarse como prácticas incompatibles ni mutuamente excluyentes, aunque la disponibilidad y costos de piensos y

fertilizantes constituyen un obstáculo para el desarrollo y expansión de la acuicultura en pequeña escala.

La utilización actual y la importancia de los recursos pesqueros marinos en los piensos compuestos utilizados en la acuicultura es motivo general de preocupación. Si bien no se prevé una escasez de harina de pescado en los 25 próximos años, incluso con la tasa actual de crecimiento de la acuicultura existe el claro riesgo de escasez de aceites marinos a corto plazo (entre 5 y 10 años).

La Declaración y Estrategia de Bangkok sobre acuicultura (NACA 2000 y FAO 2000. Informe de la Conferencia sobre la Acuicultura en el Tercer Milenio. Bangkok, Tailandia, 20-25 de febrero de 2000) subraya la necesidad de que el sector acuícola continúe desarrollándose hasta alcanzar todo su potencial, y de que aporte una contribución neta a la disponibilidad de alimentos mundial, la seguridad alimentaria interna, el crecimiento económico, el comercio y la mejora de los niveles de vida. (NACA son las siglas en inglés de **Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific**).

El engorde es la fase del cultivo en la que se desarrolla éste trabajo y la última propiamente zootécnica antes de la comercialización y consumo por eso lo que continua es una exposición resumida de algunas de las recomendaciones que la FAO propone para alcanzar el estado de sostenibilidad de la acuicultura que más afectan al proceso de engorde.

Para que la acuicultura alcance un estado de sostenibilidad hay que desarrollar políticas adecuadas, creando marcos de reglamentación inspirados en criterios socioeconómicos y ambientales honestos y eliminando la corrupción en los procesos administrativos y de supervisión. La acuicultura viene influida por un abanico amplio de factores, desde las necesidades de la población (empleo local, seguridad alimentaria y mitigación de la pobreza) hasta las necesidades de los distintos sectores de actividad (con particular atención a los beneficios, productividad y la calidad del producto y calidad de la metodología)

En este siglo, la escasez de recursos hídricos adquirirá carácter crítico después del 2015 y ya no será posible pensar en una “vuelta a la normalidad” con la inevitable dura competencia por este recurso. La escasez de agua potable afectará a un gran número de personas no más tarde del 2025.

La acuicultura incorpora elementos esenciales de atención a las poblaciones acuáticas, requiere el confinamiento o la asignación de emplazamientos, aísla en mayor o menor medida a las poblaciones cultivadas del entorno exterior, permite varios niveles de control interno de los sistemas y requiere la asignación de cierta forma de propiedad. Como cualquier otro sistema acuícola debe entenderse en relación e interacción con los sistemas de recursos naturales: efectos de la acuicultura en otros usuarios de los recursos hídricos, y repercusiones de los otros en la acuicultura.

La acuicultura se desarrolla en sistemas que pueden ir desde los muy extensivos hasta los hiperintensivos, pasando por los semiintensivos y muy intensivos, aunque los niveles de intensificación representan un espectro continuo y no siempre es fácil separar uno de otro. El modo de desarrollar estos cultivos puede ser muy distinto desde el punto de vista tecnológico. Tenemos sistemas acuáticos (jaulas y recintos costeros o de altura, jaulas continentales), sistemas terrestres (estanques convencionales, sistemas de circulación continua estanques, tanques y canales), sistemas de reciclado (alta tecnología, sistemas acuícolas compartimentados), sistemas integrados donde los estanques se utilizan para cultivar varias especies y varios usos compartidos, por ejemplo, con el riego, o compaginar el cultivo de peces con los moluscos, etc.).

### **Recomendaciones referentes al sistema y especies de cultivo**

- Las tecnologías para el desarrollo sostenible de la acuicultura deberían ofrecer un instrumental diversificado y adaptable al que se pueda recurrir para diseñar

el sistema que mejor responda a las necesidades y oportunidades y obstáculos del entorno local.

- Para hacer realidad esas técnicas, se necesitan redes eficientes de comunicación, datos fiables sobre las ventajas e inconvenientes de los distintos planteamientos y ayuda en el proceso de toma de decisiones a través del cual las personas establecen sus sistemas de producción.
- Utilización del agua de manera más eficiente.
- Mayor integración de la producción acuática con la agricultura (por ejemplo, cultivos y ganado), sobre todo en las áreas donde estos planteamientos no son práctica habitual.
- Intercambio o complementariedad con otros usuarios de los recursos hídricos.
- Utilizar para la acuicultura el agua que sea menos idónea para otras finalidades.
- En los sistemas que impliquen la aplicación de nuevas o sofisticadas tecnologías, la investigación y comprobación a escala piloto y a escala completa, en situaciones reales, de los nuevos sistemas de cultivo antes de su adopción por los usuarios.
- Aplicación de criterios normalizados para los materiales, procedimientos y márgenes de seguridad aplicados en los nuevos sistemas de cultivo.
- Utilización de códigos que definan prácticas concretas para sistemas de cultivo específicos.
- Desarrollo de sistemas de recirculación eficaces en función de los costos, aplicables a varias especies.
- Desarrollo de las técnicas de recirculación para aguas turbias o de fondo, así como para sistemas en aguas limpias.
- Investigación y desarrollo sobre instrumentos fiables de seguimiento y ordenación que vayan más allá de los actuales criterios limitados de calidad

del agua (por ejemplo, biomasa, mortalidad, crecimiento, comportamiento, acontecimientos críticos).

- Tratamiento biológico de las aguas residuales, que daría lugar a mejoras en el diseño, fiabilidad y eficacia en función de los costos de dichos sistemas, y métodos para la eliminación de los fangos.
- Desarrollo de piensos que reduzcan en lo posible los desechos y la excreción de nutrientes, y faciliten un tratamiento más eficiente de los desechos (por ejemplo, separación de las heces).
- Utilización de efluentes, incluidos los sedimentos, en otros procesos agrícolas o cultivo de algas o arrecifes.
- Investigación sobre el comportamiento de los animales cultivados en respuesta a las condiciones de cultivo, lo que daría lugar a la optimización del sistema y, en particular, a una mayor compatibilidad de las especies en los sistemas de policultivo.
- Investigación sobre reducción del estrés y otras respuestas fisiológicas negativas a las condiciones de cultivo y al proceso de recolección;
- Domesticación y selección de animales para mejorar el rendimiento en condiciones de cultivo.
- Desarrollo del cultivo de especies viables autóctonas, con preferencia sobre las exóticas.
- Uso de especies adicionales en regiones geográficas donde no se hayan cubierto todavía importantes nichos de mercado (por ejemplo, las regiones de aguas frías y el Mediterráneo).
- Cierre de los ciclos vitales de las especies que ya se están desarrollando a escala considerable.
- Utilización de especies ícticas aerobias aptas por el cultivo en sistemas con tecnologías poco desarrolladas y escasa calidad del agua.



- Utilización de una mayor variedad de especies, con inclusión de moluscos y crustáceos, para el cultivo en agua dulce.
- Se puede conseguir una mayor eficiencia económica de la acuicultura mediante el desarrollo de productos adicionales de las especies cultivadas. Recomendamos una mayor investigación y desarrollo sobre los productos químicos finos y productos farmacéuticos de organismos cultivados, incluidos los peces e invertebrados, así como las algas y microorganismos.
- Realización de una investigación exploratoria suficiente para conseguir un salto de calidad en la productividad de la acuicultura, sea mediante la utilización de nuevos sistemas y nuevas especies, mediante el desarrollo de nuevos productos, la aplicación de la genética y la biotecnología o por otro procedimiento.
- Desarrollo por los organismos pertinentes de programas para la formación y capacitación de los productores y los proveedores de servicios acuícolas.
- Garantía de la calidad de la capacitación mediante normas de competencia para todo el sector, la acreditación de cursos y la organización de actividades frecuentes de readiestramiento para los mismos formadores.
- Difusión eficaz de información entre otras personas que pueden influir en el progreso de la acuicultura, como autoridades, funcionarios, inversionistas, ingenieros, periodistas y el público en general.

### **Recomendaciones que afectan a la nutrición humana y alimentación animal**

- Es preciso llegar a una mejor comprensión de los requisitos de nutrientes dietéticos de las especies cultivadas, incluida su aplicación a las condiciones prácticas de cultivo.

- Hay que tratar de comprender mejor el sistema de explotación acuícola (extensivo, semiintensivo o intensivo; cerrado o abierto) y de las posibles cargas de nutrientes y pérdidas para el ambiente, con el fin de lograr la máxima eficiencia en la retención de nutrientes.
- Es preciso llegar a comprender y supervisar mejor la dinámica de los flujos y sumideros de nutrientes dentro de los sistemas acuícolas basados en estanques y evaluar la calidad de los piensos comerciales y producidos en la propia explotación actualmente disponible en el cultivo en estanques en pequeña escala.
- Se necesita una mayor eficiencia en la utilización de los recursos en la acuicultura mediante una utilización más adecuada de los subproductos/desechos agrícolas y pesqueros y materiales alimentarios no aptos para el consumo humano, y basar las estrategias de alimentación de los peces, cuando sea posible, en el uso de ingredientes renovables cuya producción pueda crecer al mismo ritmo que el sector.
- Es preciso llegar a una mejor comprensión de la biodisponibilidad de nutrientes y las interacciones de los ingredientes comúnmente utilizados en la alimentación animal.
- Es preciso llegar a una mejor comprensión de los mecanismos de modulación de nutrientes y de resistencia a las enfermedades, así como formular estrategias mejoradas para reducir la toxicidad de los alimentos y otros compuestos de origen alimentario.
- Es preciso elaborar dietas para reproductores de especies concretas que permitan la total domesticación y la máxima reproductividad y calidad de las larvas.
- Hay que llegar a una mejor comprensión de los requisitos nutricionales de las larvas con el fin de elaborar dietas compuestas adecuadas, que reduzcan todavía más la necesidad de alimentos vivos.

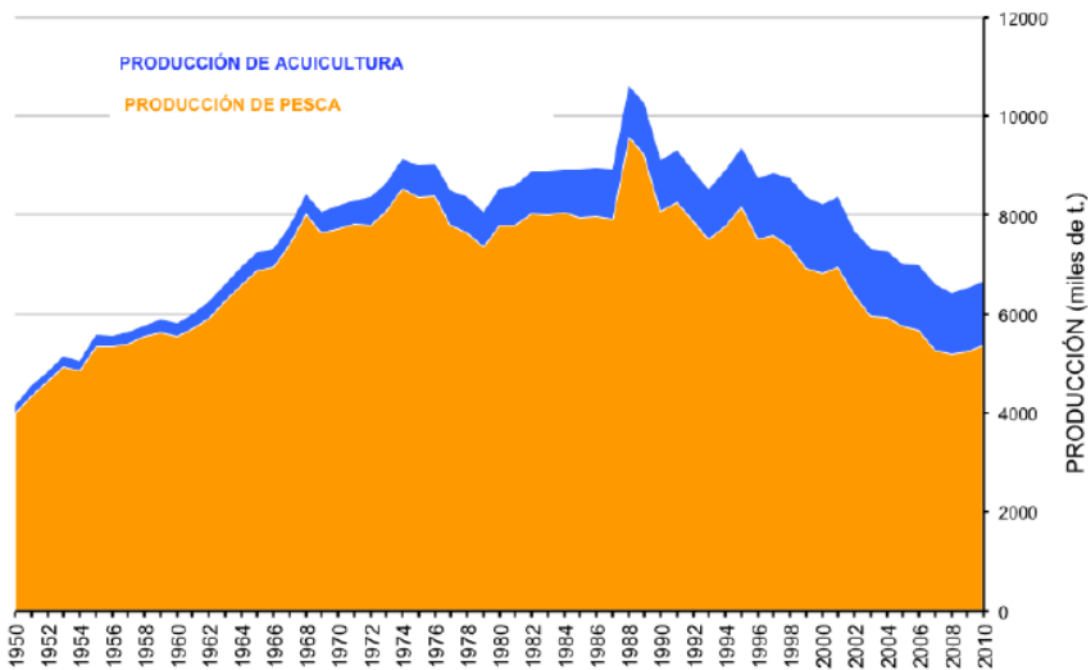
- Hay que promover la aplicación del Código de Conducta para la Pesca Responsable, de la FAO, mediante la elaboración de directrices técnicas en apoyo del desarrollo de la acuicultura y, en particular, en lo que se refiere a las prácticas adecuadas de manufactura de piensos para agricultura y gestión adecuada de los piensos en la explotación.
- Es preciso reconocer la importancia de las cuestiones relacionadas con la inocuidad de los piensos y alimentos (independientemente del sistema de cultivo) y las crecientes preocupaciones de los consumidores, y garantizar la posibilidad de rastreo de los materiales utilizados en la alimentación animal y los métodos de producción.
- Es preciso considerar los efectos de la dieta de los animales en la calidad de los productos y las características nutricionales positivas del producto final, desde el punto de vista de la nutrición humana (a saber, ácidos grasos Omega 3, yodo, selenio, zinc, calcio, fósforo, vitamina A y D).

#### **1.2.5. PESCA Y ACUICULTURA EN EL MEDITERRANEO Y EN ESPAÑA. TENDENCIAS Y EL CASO CONCRETO DE LA DORADA.**

En la Unión Europea la pesca sigue siendo el principal medio de obtención de productos marinos, pero cada vez más la acuicultura sustituye a las pesquerías especialmente en aquellas especies destinadas directamente al consumo humano (Figura 1.2.5.1) como es el caso concreto de la dorada. Los datos y gráficos de este capítulo han sido tomados de los informes de APROMAR y OESA de 2012 y de los distintos informes de la FAO.

La acuicultura puede responder a algunas de las exhortaciones de la FAO, según indica el Consejo General de Pesca para el Mediterráneo, contribuyendo a

reducir la presión de captura de las especies comerciales, evitando la agresión y el deterioro que producen las labores con los distintos artes de pesca sobre los hábitats marinos y evitando la captura de especies que, aun sin interés comercial, son de indiscutible valor ecológico.



**Figura 1.2.5.1. Evolución de la producción acuática total (acuicultura y pesca; en miles de toneladas) en los 27 Estados Miembros de la Unión Europea entre 1950 y 2010 (FAO).**

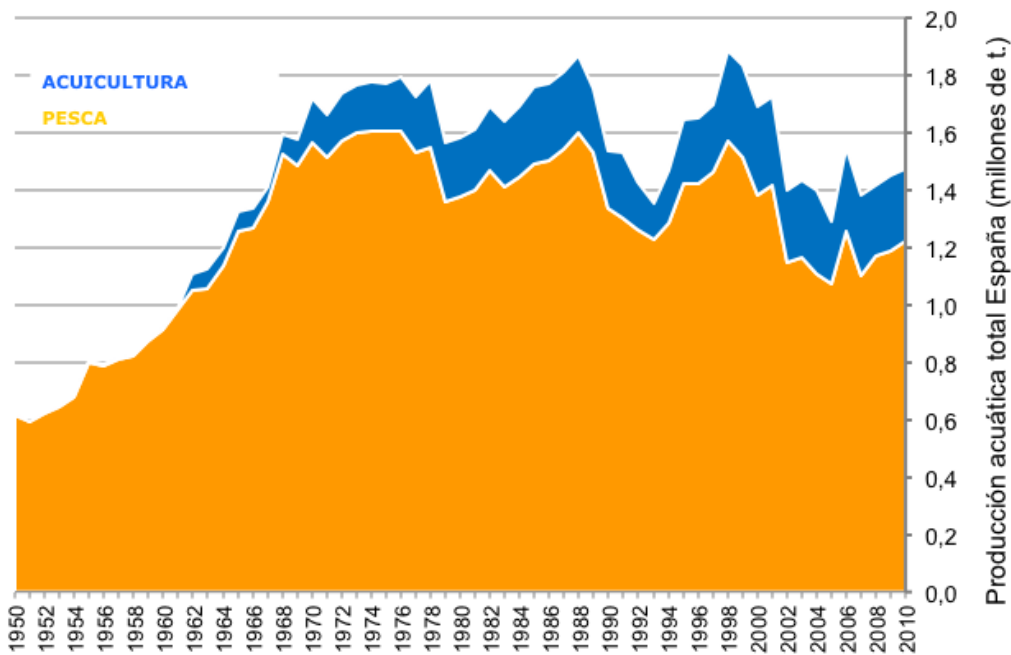
A partir de finales de la década pasada comenzó una fuerte evolución industrial de la acuicultura, que trajo como consecuencia el importante número de industrias de acuicultura consolidadas en nuestro entorno, que, en algunos casos, han superado en dimensiones a las industrias pesqueras. Se utiliza tecnología de producción muy avanzada que ha permitido realizar un gran crecimiento del sector acuícola. Las especies que más se están produciendo en la actualidad son aquellas

que alcanzan un mayor valor en el mercado y permiten soportar importantes inversiones económicas (lubina, dorada y otros espáridos, salmón, corvina...).

Cabe destacar los ejemplos de algunos países que han experimentado un espectacular despegue, como Noruega, que pasó de producir 8.600 toneladas de salmón en 1981 a 436.736 toneladas en 2000; o Grecia, que ha experimentado en los últimos años un crecimiento considerable en la producción de dorada y lubina, pasando de una producción total de 330 toneladas en 1988 a más de 65.000 en 2000, cuando actualmente produce más de 60.000 toneladas sólo de dorada y 43.000 toneladas de lubina. Aunque estos datos hay que valorarlos con cautela considerando las causas y consecuencias de la actual crisis económica mundial. Hay que subrayar el hecho de que España, que tenía una considerable producción piscícola cuando estos países aún no habían comenzado a despuntar, ha visto en pocos años cómo ha sido ampliamente superada por el desarrollo de éstos, que les ha llevado, en el caso de Noruega, a situarse entre los primeros de su entorno. La acuicultura española ocupaba, en 1998, el primer puesto en producción dentro del Unión Europea. En 1997 alcanzó el 1% de la producción mundial, en volumen, y el 20% de la producción de la Unión Europea (FAO 2008. JACUMAR 2009. “Datos de Producción de la Junta asesora de Cultivos Marinos”. Ministerio de Medio ambiente y medio rural y marino). Fuera de la Unión Europea y Asia hay que destacar el caso de Chile, donde a unas condiciones naturales adecuadas y a una tecnología de producción conocida, se han sumado unas medidas legislativas favorecedoras de la actividad y la existencia de unos mercados que han podido soportar el desarrollo de esta industria. Chile, ha pasado de producir 9.200 toneladas en 1988, sin incluir algas, a más de 385.000 en 2000, con lo cual en tan sólo 10 años ha creado una nueva industria y se ha situado como el tercer país del mundo productor de salmón.

Dentro de este panorama, España está situada (FAO, 2010) en el puesto 20 de lista mundial de productores de acuicultura, en orden de importancia, cuando por delante de nuestro país, en 1999, en Europa, sólo se encontraba Noruega; y en

un puesto cercano al de España, pero por detrás, quedaba Francia. Sin embargo, el “ranking” de producción en valor es distinto, situándose España detrás de los países mencionados, a una cierta distancia



**Figura 1.2.5.2. Evolución de la producción acuática total (acuicultura y pesca; en miles de toneladas) en España entre 1950 y 2010 (FAO).**

En España se sigue esta misma tendencia. Aunque en los últimos años se ha estabilizado la proporción de las producciones de pesquería y de la acuicultura, poco a poco parece que la acuicultura, a pesar de los problemas de la actual situación de crisis, al menos en términos de la producción, no regresa.

En el caso de la dorada destinada exclusivamente al consumo humano la producción de la pesca es casi meramente testimonial (Figura 1.2.5.3)

Para la pesca de los espáridos, en general son preferibles los días en los que la mar presenta un estado próximo a los 4° Beaufort. (Divanach, 1985)

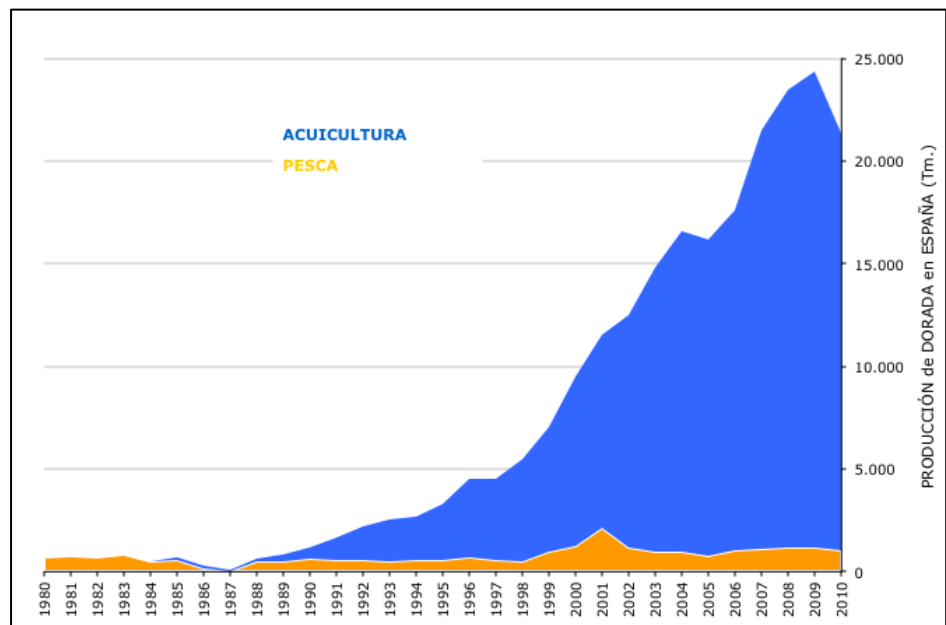
Aquellos vientos de tierra que mantienen el mar en la costa en la zona de 4° Beaufort o los correspondientes a los de postemporal con vientos de mar, pueden

llegar a multiplicar por 10 las capturas de la dorada respecto a los días de bonanza. Esta influencia puede ser debida a la adaptación trófica dentro de la franja vertical en la que normalmente se mueven ya que el oleaje pone al descubierto muchas de las presas bénticas (crustáceos, moluscos, anélidos, etc.) que normalmente permanecen camufladas en el fondo (Divanach, 1985).

Debido a que la dorada no habita netamente el fondo, no son muy abundantes las pescas con artes de arrastre si la altura del copo no es importante.

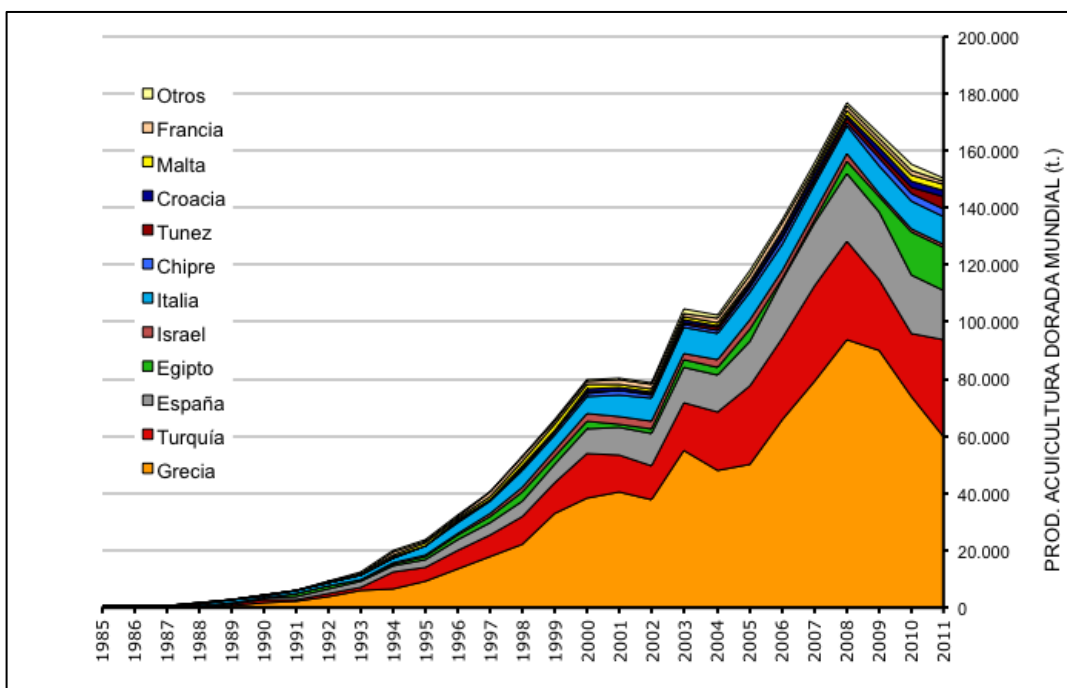
Según datos facilitados personalmente por la Cofradía de Pescadores de Castellón vemos que la media anual de capturas de dorada entre los años 1989 y 1999 se aproximaba a 16.000kg, con un máximo en 1993 de 23.000kg. Los máximos se situaban alrededor del mes de noviembre, época natural de puestas

Observando estos datos es fácil reconocer que las mayores capturas se producen en los meses de noviembre y diciembre, es decir que confirman la época de reproducción que Suau y Arias determinan en sus estudios. Es decir que la dorada se adentra en el mar en la época de reproducción y es entonces cuando es capturada en cantidades apreciables.



**Figura 1.2.5.3. Evolución de las fuentes de obtención de dorada (*Sparus aurata*) en España: acuicultura y pesca, en el periodo 1980-2010 (FAO).**

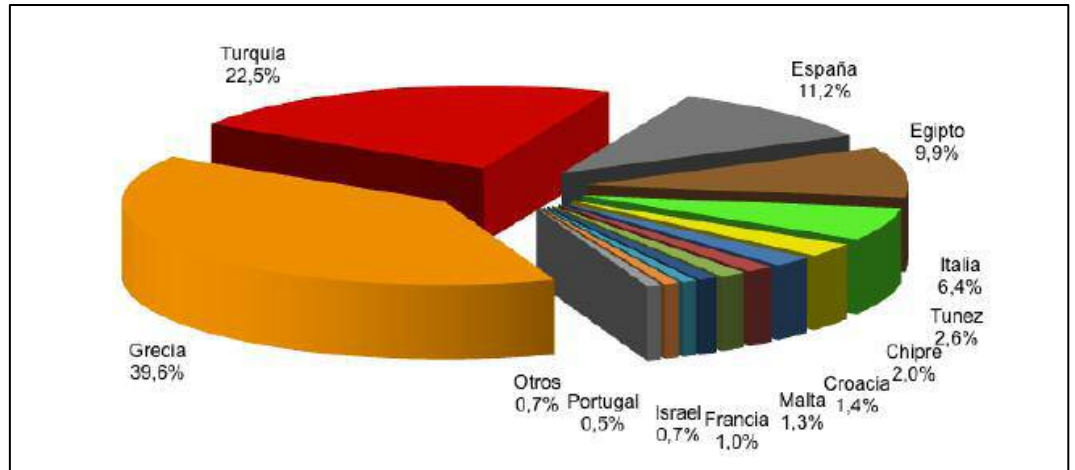
Si consideramos los datos económicos que nos ofrece la Cofradía, vemos como son muy pequeños si los enfrentamos a los valores de producción de una sola empresa de Acuicultura. Una empresa que gestionase una producción basada en 10 jaulas de 10 metros de diámetro podría facturar del orden de 250 a 350 toneladas anuales, frente a las 20 toneladas anuales que toda la flota del puerto de Castellón ha desembarcado, por término medio, los últimos diez años. Pero lo más importante es que la acuicultura ofrece la posibilidad de ir reduciendo poco a poco la presión de la pesca sobre aquellas especies que no se pueden cultivar o cuya pesca esté muy especializada para evitar capturas indeseables que luego terminan de nuevo en el mar, como por ejemplo la sardina.



**Figura 1.2.5.4 Evolución de la producción de acuicultura de dorada en el área mediterránea y el resto del mundo (Sobre datos FAO, FEAP y APROMAR). Producción total:150.000Tm. (178.000 Tm en 2008)**

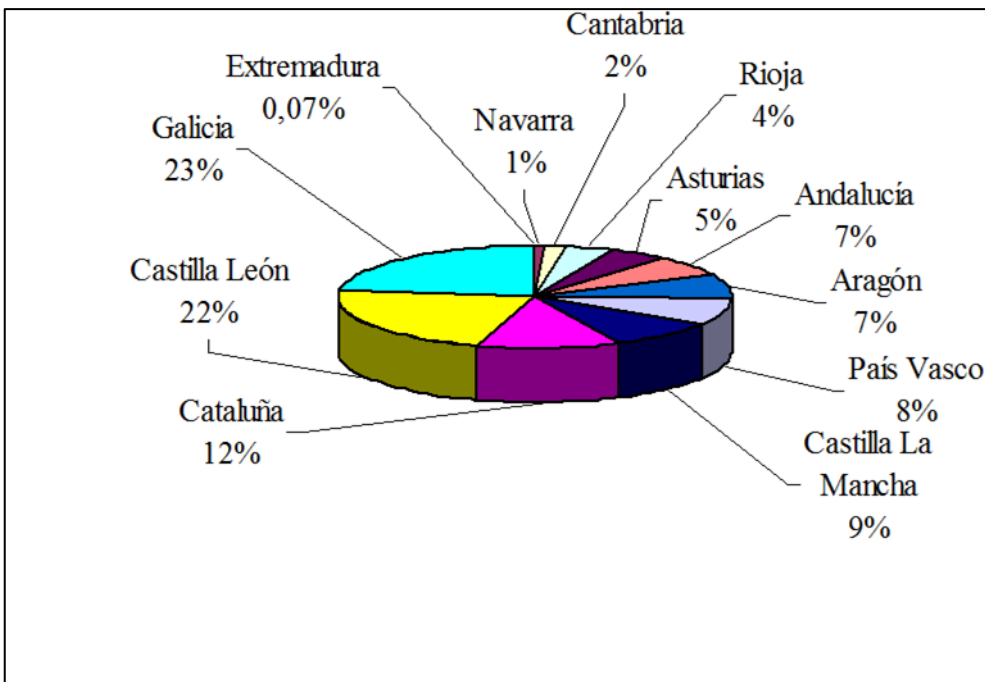


puedan ir cultivándose distintas especies, especialmente las autóctonas. Parece que esta conciencia se extiende en todo el mundo, tanto por motivos medioambientales como comerciales.



**Figura 1.2.5.5. Distribución porcentual en 2011, de la producción de acuicultura de dorada en el área mediterránea y el resto del mundo (FAO,**

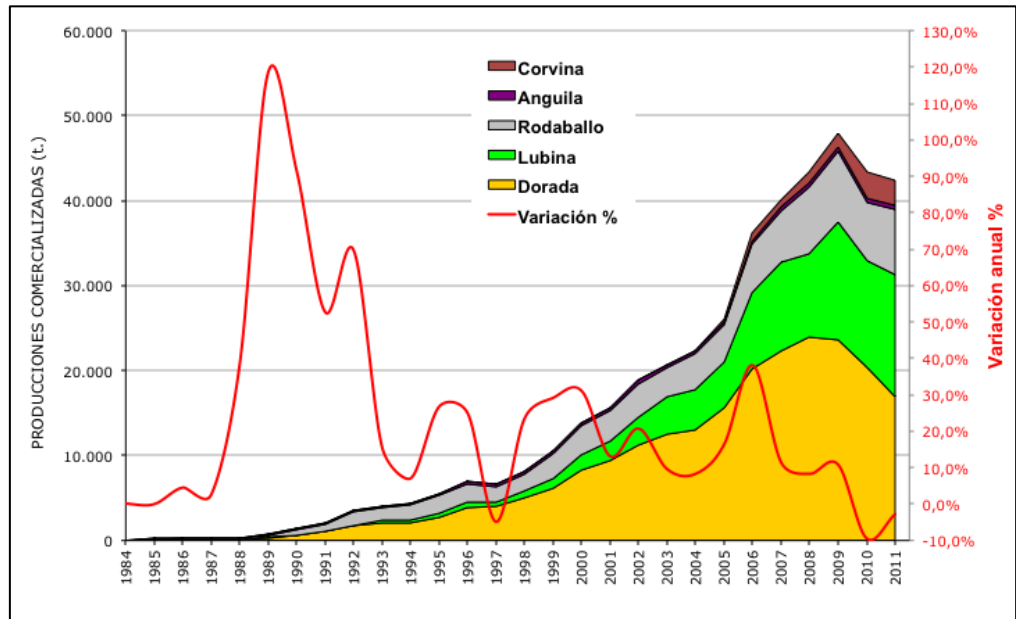
La producción española de acuicultura en 2010 (OESA 2012) fue superior a las 253.000 toneladas, de las que 231.000 toneladas (91'3%) correspondieron a los cultivos marinos y el 82% de éstos a los moluscos, mejillón básicamente y almejas y ostrones. La producción de moluscos ha descendido desde 2001 (257.000Tm) por motivos de precio en mercado. La producción de peces supone el 17'6 % de la producción marina total, unas 44.000 toneladas, quedando el resto para crustáceos y plantas (0'02%). Hay que observar que la producción del mejillón es más sensible a las características del medio, por el tipo de cultivo, y por tanto más fluctuante que la producción de peces, mas sometida al mercado.



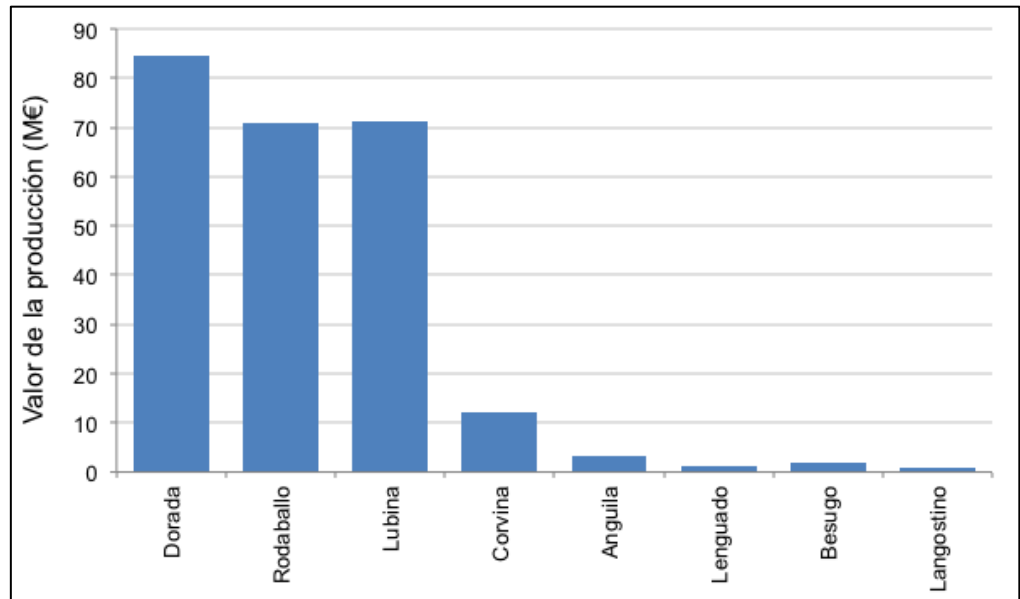
**Figura 1.2.5.6. Producción total nacional de la acuicultura continental en toneladas y por regiones en 2010. Fuente: Jacumar.**

La producción de la acuicultura continental supone en nuestro país el 7'1% del total de la acuicultura, destinada prácticamente en exclusiva al cultivo de la trucha y testimonialmente a la tenca y anguila.

Si nos centramos en el cultivo de peces (60.917 Tm), las producciones de dorada (33%), trucha (28'5%) lubina (18'8%) y rodaballo (11'3%) suponen el 92% del total. Cabe destacar la inclusión de la corvina que ya alcanza el 3% de la producción de peces.



**Figura 1.2.5.7. Evolución de las producciones de peces marinos de acuicultura en España hasta 2011. La línea roja muestra la variación interanual (APROMAR 2012)**



**Figura 1.2.5.8. Valor de la producción (primera venta) de los pescados de acuicultura marina en España en 2011 (en millones de euros). De APROMAR 2012**

El mercado es un importante modelador de las tendencias en acuicultura porque desvía la producción hacia aquella acuicultura más rentable, desde el punto de vista empresarial. Esto se debe a que la producción en valor es distinta a la producción en biomasa. En las anteriores figuras 1.2.5.8 y 1.2.5.9 podemos observar como el valor de la producción de rodaballo y la corvina son muy superiores en proporción a las de dorada y lubina. Y aunque de momento sus costes de producción sean algo mas elevados provocará que en aquellas regiones donde el cultivo de ciertas especies sea ventajoso se inducirán cambios las especies cultivadas y en los sistemas de producción.

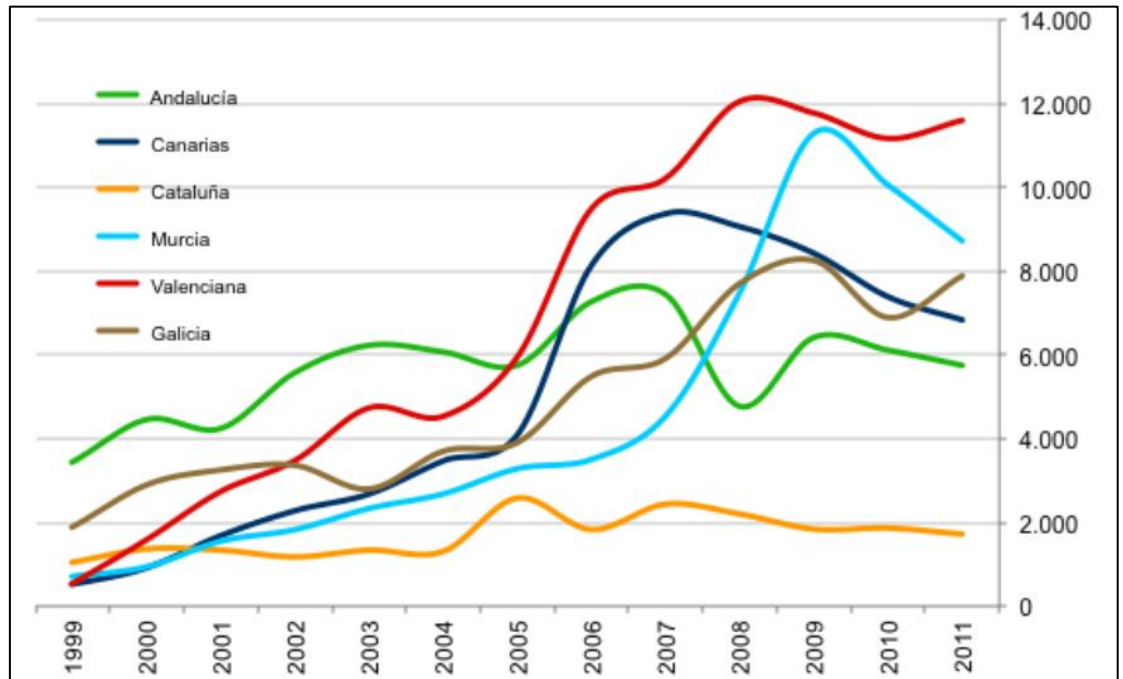
Al comenzar la década de los ochenta, el perfil de la acuicultura española era el de un sector centrado en pequeñas empresas de economías familiares y muy tradicionales. Tres tipos de cultivo caracterizaban a esta actividad: el cultivo de trucha arcoíris, cuyo despegue tuvo lugar durante la década de los sesenta y cuya producción se ha estabilizado en torno a las 16.000 Toneladas posiblemente por razones comerciales; el cultivo del mejillón en las rías gallegas, cuyo inicio fue en los años cuarenta y su desarrollo tuvo lugar desde mediados de los sesenta a mediados de los setenta; y la acuicultura de los esteros gaditanos, iniciada a comienzos de los cuarenta al entrar la industria salinera local en una grave crisis y cuyo desarrollo, muy lento al principio no alcanzó su despegue definitivo sino hasta finales de los setenta.

En los últimos 20 años, a estas modalidades tradicionales se ha incorporado un nuevo sector, altamente industrializado y en rápida expansión. Sus exponentes más característicos son el cultivo del rodaballo en el norte y noroeste, en instalaciones intensivas en tierra, y el de la lubina y dorada, en jaulas flotantes en el Mediterráneo, región sur atlántica y Canarias y en estas mismas zonas el cultivo de corvina

Acompañando este impulso se está produciendo una fuerte modernización en el cultivo del mejillón, así como una mayor industrialización, incorporando

conceptos empresariales más actuales, en los cultivos de trucha y en los esteros de la región sur atlántica.

El tipo de cultivo en cada zona se ha desarrollado en función de sus características biogeográficas. Se describen a continuación algunas de las características más destacadas de la distribución de la acuicultura marina por áreas geográficas



**Figura 1.2.5.9. Evolución de las producciones de pescados de crianza en las principales Comunidades Autónomas entre 1999 y 2011.**

En la cornisa cantábrica y la región noroeste predomina el cultivo del mejillón en bateas y el rodaballo en granjas en tierra. Otras especies destacables son las ostras, cultivadas en bateas u otros tipos de estructuras flotantes, y las almejas y berberechos en parques de cultivo. Con importancia secundaria cabe mencionar pectínidos, salmón y, de forma emergente, el pulpo, del cual se han

realizado cultivos experimentales. Como especies de futuro, además del pulpo, debe mencionarse el besugo. La Comunidad Autónoma que centra la casi totalidad de estos cultivos es Galicia.

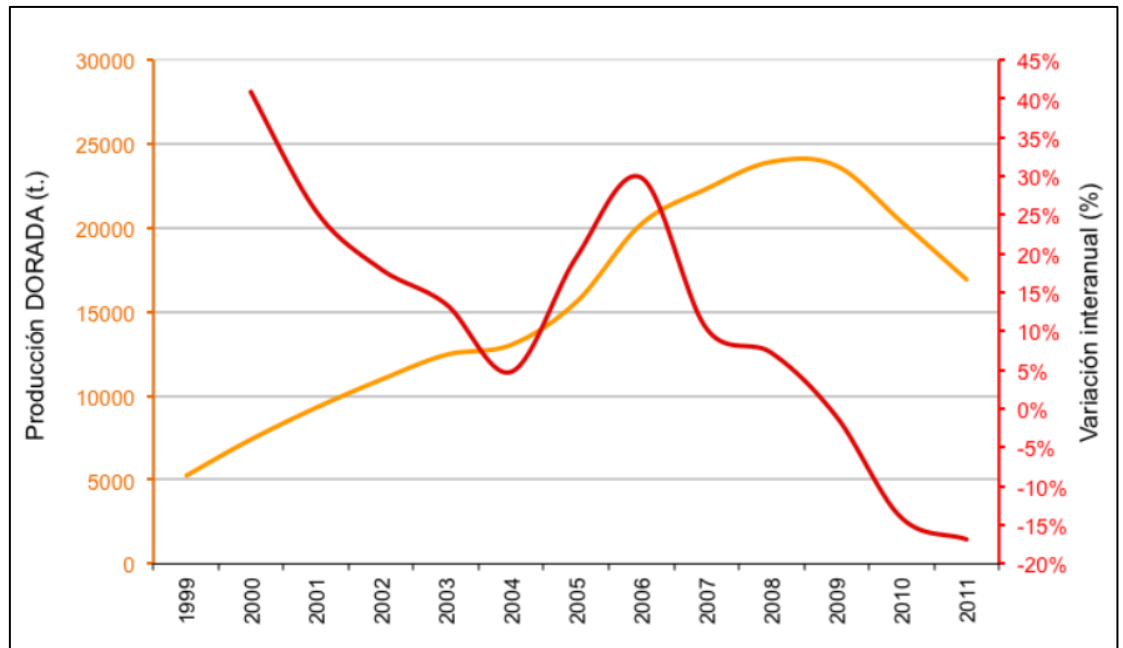
Las zonas mediterránea y sur atlántica, de aguas más templadas, han desarrollado principalmente el cultivo de dorada, lubina y corvina, tanto en granjas en tierra como en jaulas flotantes, además de otras especies, como ostras, almejas, mejillón en estructuras de “long-line” y langostino con carácter secundario. La Comunidad Valencia y Murcia destacan como líderes claros en los últimos años. Es destacable la producción en Andalucía de dorada y lubina en esteros, antiguas salinas dedicadas a la cría de peces, por sus excepcionales cualidades biogeográficas.

Canarias produce dorada, lubina y corvina en jaulas flotantes. Sus aguas templadas durante todo el año ofrecen una buena oportunidad para estos cultivos.

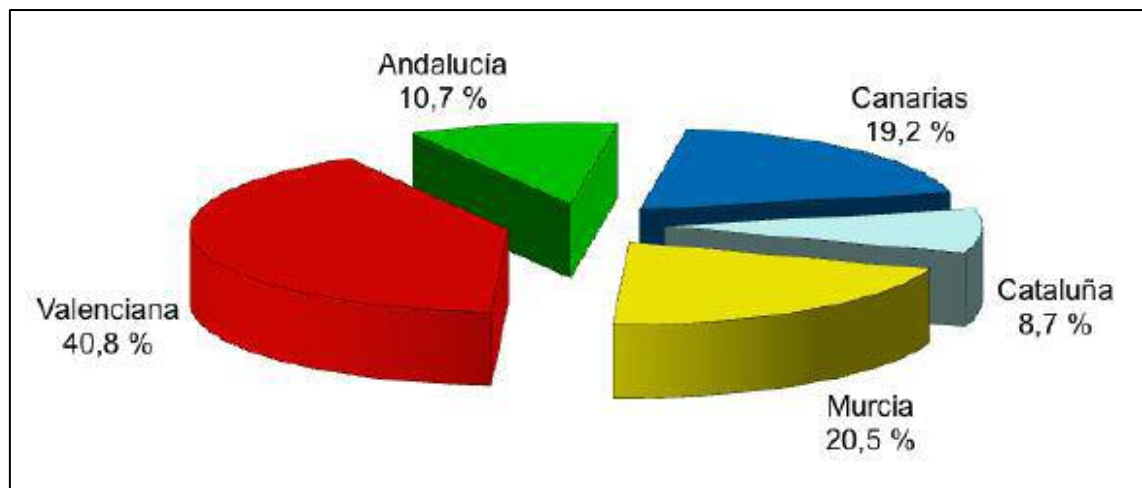
El engorde del atún rojo y la cría integral del pulpo, el besugo, el dentón, el sargo, el lenguado, son las especies que pueden desarrollarse en los próximos años

Si nos centramos en la producción de dorada observamos que hay una distribución muy distinta por regiones, la mayor parte de la producción española de dorada que hasta el año 2000 se producía mayoritariamente en Andalucía (6.000 Tm) se reparte ahora entre varias comunidades autónomas que superan a Andalucía a pesar de las 3.200Tm que esta comunidad produjo en 2009. Así, la Comunidad Valenciana ha pasado de 4.300Tm en el año 2003 a las 8.600 del año 2008 donde, hasta 2010, se alcanzaron los máximos de producción de los últimos años, y a las aproximadamente 6.913Tm (40%) de 2011 siendo actualmente el mayor productor. La Comunidad de Murcia se ha situado en segundo lugar produciendo más del 20% del total nacional. Canarias casi duplica la producción andaluza con un 19'2% de la producción en 2011, manteniendo prácticamente la producción de 2001 (3.259Tm en 2011 frente a las 3.121Tm en 2001,). Globalmente la producción de

dorada ha disminuido en los últimos 3 años aproximándonos a los niveles de 2005 y 2006, aproximadamente un 30%.



**Figura 1.2.5.10. Evolución de la producción nacional de DORADA de acuicultura, en toneladas en 2011 y por CCAA. Fuente: JACUMAR-APROMAR .**



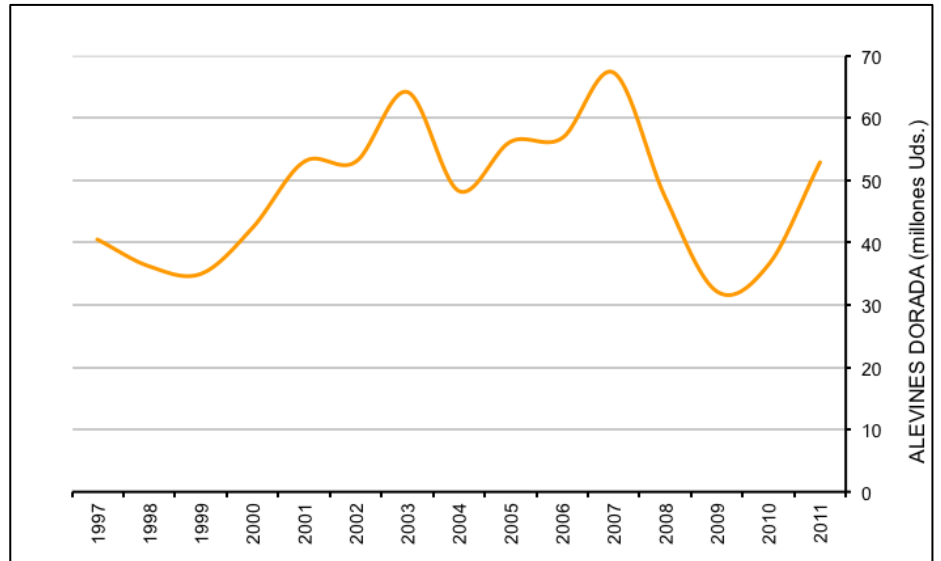
**Figura 1.2.5.11. Distribución porcentual de las producciones de dorada por CC.AA. en 2011. Fuente: JACUMAR-APROMAR.**

La producción de alevines está concentrada en unas pocas empresas y la producción se eleva a 53 millones de alevines de dorada entre las 15 "hatcheries" que actualmente funcionan en España, frente a las 9 empresas que lo hacían en 2002. Estas cifras suponen un sustancial descenso sobre las cifras de años anteriores (67'3 millones en 2007), pero un incremento del 45% respecto a 2010, lo que indica una recuperación de la producción. La caída tan grande de la producción de alevines supuso la necesidad de importación de alevines desde Francia e Italia y Grecia parece mantener una producción de peces para el consumo. La Comunidad Valenciana, que ya en el 2003- 2004, primer ciclo de producción, había producido más de 3 millones de larvas, produce actualmente el 29 % de los alevines de dorada, seguida de Cantabria (29%), Baleares (27%) y Andalucía (17%). Los severos problemas de precio de este pescado en el mercado y la ralentización de las rotaciones de lotes en las instalaciones de engorde vienen provocando desde hace años un freno en las compras de alevines. Actualmente el precio de los alevines ronda los 0'23€ por individuo de 2 gramos.

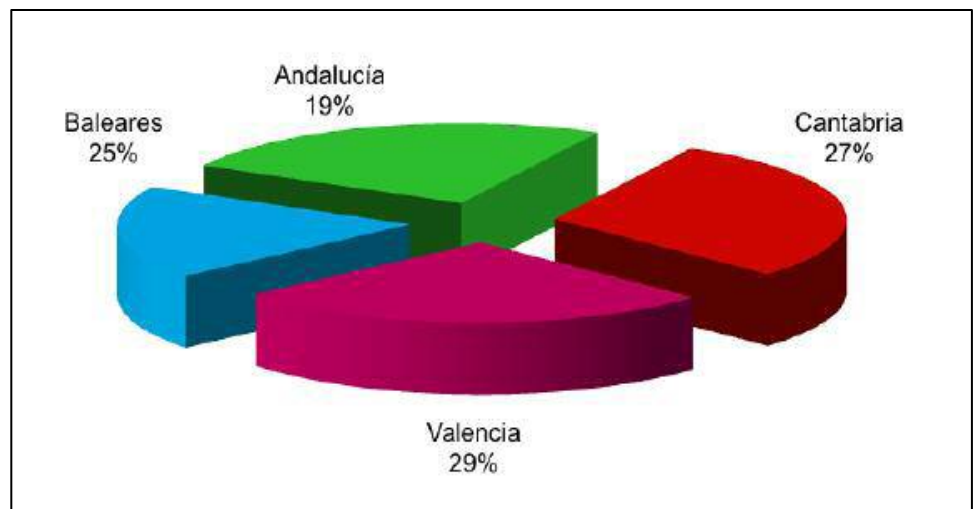
La oferta de juveniles pre-engordados de 10-15g, que hace unos años suponía un cuello de botella a la producción de dorada, se ha disparado. En prácticamente dos años, desde el 2000 al 2002, se pasó a pre-engordar la mayor parte de los juveniles introducidos en instalaciones de engorde, y esta práctica se mantiene en la actualidad. Dieciséis son las empresas que en 2002 realizaban esta actividad que conecta las "hatcheries" con las instalaciones de engorde. En la actualidad prácticamente la totalidad del engorde en jaulas o estanques se realiza después de un pre-engorde en las mismas instalaciones de cría o en instalaciones propias para este fin antes de ubicar los peces en las jaulas o estanques de engorde. El 82% de las instalaciones que actualmente están en funcionamiento, son en jaulas en el mar, siendo este el sistema que se está imponiendo en todo el Mediterráneo, sobre todo por el coste tan pequeño de las instalaciones si se comparan con las



establecidas en tierra, que se destinan prácticamente en su totalidad al cultivo larvario y al pre-engorde.



**Figura 1.2.5.12. Evolución de la producción de alevines de dorada hasta 2011.**



**Figura 1.2.5.13 Distribución porcentual de la producción de alevines de dorada por CC.AA. en 2011. (TOTAL. 52'9Tm)**

Por último se destacan, ahora, algunas de las conclusiones del informe elaborado para la Xunta de Galicia (Sánchez-Molero Fernández, J. y Baviera Puig, B., 2005. Tecnologías del Mar. Acuicultura Marina. Ed. AINIA y la fundación OPTI y la Xunta de Galicia). Este trabajo realizado en bases a encuestas presentadas a 100 expertos en todas las áreas que implican a la acuicultura, técnica, científica, política y comercialmente hablando. En este trabajo se destacan los aspectos más importantes a tener en cuenta en los próximos años, en relación con el sector de la acuicultura.

La optimización de los sistemas de alimentación y engorde de las especies, son factores clave en el sector de la acuicultura en España. El avance en los conocimientos de la biología de las especies permitirá un mayor desarrollo del sector, ya que su aplicación en la cría propiciará un aumento de la producción. En este sentido, es necesario un mayor esfuerzo en I+D, tanto por parte de centros especializados como por el sector industrial.

En particular, es necesario fomentar la investigación relacionada con el metabolismo de ciertas especies de producción en España, sobre cuya biología aún existe un gran desconocimiento. Con el fin de que los resultados sean aplicables industrialmente, es imprescindible que las investigaciones se lleven a cabo en condiciones similares a las reales de cultivo en el mar.

El uso de harinas y aceites de pescado para piensos, irá dejando paso a las alternativas de origen vegetal. Aunque ya existen experiencias en la utilización de aceites vegetales, el producto obtenido aún es de escasa calidad, ya que sus cualidades organolépticas finales se ven afectadas. La posible reacción negativa del consumidor frente a este tipo de alimentación para peces, puede suponer un freno al desarrollo de estas tecnologías.

La sustitución parcial del elemento vivo también destaca como una tendencia de futuro, que influirá en el desarrollo a medio plazo de las tecnologías encaminadas a la obtención de piensos microparticulados.

Están estudiándose nuevas alternativas a los tratamientos tradicionales, basados en el uso de productos químicos y antibióticos y la introducción de pre y probióticos que mejoren es estado inmunológico

En lo referente al bienestar animal se procurará la generalización de procedimientos que abarquen todo el proceso de producción y que sean compatibles con la sensibilidad por el trato humanitario hacia los animales muy desarrollada en otros países, cuya generalización en España es previsible a medio plazo.

El empleo de técnicas que permitan obtener progenies monosexo o estériles se generalizará en el medio-largo plazo, con el fin de acelerar el crecimiento de las mismas y evitar su maduración sexual. Sin embargo, la materialización del uso de estas técnicas a gran escala depende del crecimiento que alcancen los animales y para qué especies se logre. Las especies en las que más interés existe para la aplicación de estas técnicas son la dorada y la lubina.

La diversificación de los productos ofertados al consumidor es muy importante y el rápido crecimiento, una prioridad para todas las especies. La domesticación de nuevas especies será fundamental para la mejora de la competitividad y la conservación de las poblaciones naturales.

España tiene una alta capacidad científico-técnica para el uso de marcadores moleculares lo que puede potenciar el desarrollo de programas de selección genética y mejora de las características de especies de interés industrial. Aunque esta técnica ya se está utilizando a nivel de laboratorio falta su concreción en la aplicación industrial. Los tiempos de aplicación dependen de cada especie. A largo plazo se espera conocer la regulación génica de procesos biológicos esenciales y el genoma completo de algunas especies con el fin de aplicar este conocimiento a la superación de obstáculos en la producción acuícola.

En el área de equipamientos para diferentes sistemas y fases de producción. Se desarrollarán tecnologías que aumenten la eficiencia y alarguen la vida útil de redes y jaulas es inminente y su previsible aplicabilidad industrial es alta. Para

propiciar este desarrollo en España es necesario favorecer e incentivar la introducción de las empresas fabricantes de materiales en el sector de la acuicultura. Una mayor cooperación entre empresas y centros de I+D se configura como la herramienta clave para ello. Dado que en la selección de ubicaciones para instalaciones flotantes intervienen factores tanto técnicos como socioeconómicos, es necesario el desarrollo de un plan estratégico por parte de la Administración, para la selección de ubicaciones de piscifactorías marinas. Ello permitirá alcanzar las tasas de desarrollo esperadas en acuicultura.

Las mejoras tecnológicas en cuanto al mantenimiento, manejo, rentabilidad, etc. en las jaulas en alta mar harán que la utilización de estas estructuras aumente considerablemente en los próximos años. Como consecuencia del desarrollo de los cultivos en zonas cada vez más expuestas, se mejorarán y diseñarán equipamientos auxiliares que sirvan de apoyo a las instalaciones en el mar.

Se espera que a medio y a largo plazo sea habitual el empleo de análisis de imágenes, métodos no manipulativos, para la gestión de instalaciones que permitan obtener datos en tiempo real y reducir el trabajo manual con las especies cultivadas. Actualmente estas técnicas están desarrolladas para criadero y falta su aplicación en jaulas flotantes. Estas tecnologías permitirán la gestión y la evaluación de los procesos de crecimiento mediante la evaluación de la forma de los con tornos de las especies cultivadas para determinar su estado de crecimiento. La capacidad científica española en el desarrollo de técnicas de análisis de imágenes es favorable. Aun así, son necesarios estímulos por parte de la Administración para su aplicación a la acuicultura. Es en este marco de la tecnología en el que se desarrolla el presente trabajo de investigación.

El establecimiento de denominaciones de origen o de calidad, se emplearán como métodos de fidelización de consumidores y diferenciación de los productos. Su desarrollo avanzará en paralelo a la formación del consumidor. Por otro lado, se prevé el desarrollo de tecnologías que faciliten la implantación de sistemas de trazabilidad en el sector de la acuicultura, como respuesta a la normativa existente.

En materia de medio ambiente, el desarrollo de tecnologías está condicionado por las normativas que se dicten por parte de la Administración Nacional y la UE. Es previsible que la normativa sea cada vez más restrictiva en relación con este tema, por lo que esta tendencia irá cobrando mayor importancia a medio-largo plazo. Se espera que la aplicación práctica de estas tendencias sea una realidad antes de 2015.

La Administración puede jugar un papel fundamental en el desarrollo del sector a través de distintas medidas de apoyo al sector industrial y a los centros de investigación. Actualmente existen una serie de trabas administrativas y en este sentido, la evolución de la normativa aplicable al sector es determinante en el desarrollo de ciertas tecnologías, aunque pueda suponer un freno en algunas ocasiones. Algunos de los inconvenientes se recogen en el informe de APROMAR de 2012:

- Exceso de complicación y tiempo para la concesión de licencias de explotación.
- Las distintas legislaciones de las Comunidades autónomas perjudican el mercado.
- Las leyes de costas actuales crean inseguridad jurídica llegando a causar la pérdida de la propiedad.
- Tasas de Puertos muy elevadas.
- Leyes de protección medioambiental excesivamente severas en gran parte del litoral para una actividad poco contaminante.
- Requisitos administrativos más severos respecto a países dentro y, sobre todo, fuera de la UE, teniendo que sufrir incluso aranceles en las exportaciones a terceros países como en el caso de Turquía.
- Desventajas entre los requisitos exigidos sobre los ingredientes de los piensos a los productores de España y los de países terceros que colocan su producción en el mercado español.
- La venta de producto descongelado con la etiqueta de fresco, mina la competitividad de la acuicultura española.
- Se debe pedir al mismo tiempo a la industria, un esfuerzo de inversión en investigación y desarrollo.

### **1.3.- ESTADO TECNICO ACTUAL DEL CULTIVO DE LA DORADA: LOS ROBLEMAS DE LA REPRODUCCIÓN, LA CRÍA Y EL DESARROLLO LARVARIO PARA LA INDUSTRIA DE CULTIVO ACUICOLA.**

#### **1.3.1. REPRODUCCIÓN**

Hay tres elementos importantes en lo que se refiere a la manipulación de los cardúmenes de reproductores que requieren una especial atención por nuestra parte: la inversión sexual de los peces, la inducción de las puestas y su sincronización en el cardumen.

La inversión sexual tiene componentes ambientales y componentes hormonales y en la dorada, como en otros hermafroditas, ambos están muy estrechamente ligados. Las experiencias de Zoar (1986) muestran que si se añaden individuos jóvenes, y por lo tanto machos, a los stocks de reproductores, puede producirse que una parte importante de los individuos que se han comportado como machos en la última época de puesta reviertan a hembra; la consecuencia podría ser que podría escasear el esperma y ser insuficiente para fecundar todos los huevos que, ahora con un mayor número de hembras y de mayor tamaño, podrían frezar en mayor número. Si la estrategia de cría incluye la fecundación artificial, esta manipulación podría considerarse positiva puesto que podemos recolectar y conservar esperma suficiente para el momento de la fecundación y evitar imprevistos en la de producción de huevos.

No obstante la tendencia actual parece seguir criterios más simple y naturales, como es una buena gestión de los stocks de reproductores para mantener una correcta proporción de machos y hembras (2:1), y recurrir a métodos de sincronización y desplazamiento de puestas mediante la manipulación de la luz y la temperatura, con ayuda, en ocasiones, de inducción hormonal.

La sincronización de la época de puesta y su desplazamiento puede lograrse mediante la manipulación del fotoperíodo, siempre dentro del margen de temperaturas anteriormente comentado. Pero la mayor dificultad reside en la inducción última mediante tratamiento hormonal. Si en otras especies como la lubina o el salmón esta inducción se hace de modo rutinario, con alta efectividad, mediante la inyección de dos dosis de análogos sintéticos de GnRH de peces o de LHRH de mamíferos, para la dorada, si bien se logra inducir la puesta en un porcentaje elevado de hembras, sólo un 25% de éstas llegan a tener un período de puesta lo suficientemente prolongado como para hablar de buena fecundidad; las otras reducen sus puestas a períodos entre 1 y 6 días, quedándonos entonces lejos de los 2 o 3 millones de huevos que puede poner una dorada en estado salvaje.

El problema del uso de análogos de hormona liberadora de luteína (LHRH) u hormona liberadora de gonadotropina (GnRH) deriva de la rápida degradación enzimática y, por tanto, la poca vida activa que sufren estas hormonas en el torrente sanguíneo, puesto que se ha comprobado que la afinidad por los receptores de GnRH de la hipófisis y su actividad son incluso mayores que la de las GnRH nativas. La degradación podía ralentizarse con el uso de proteínas que, a modo de transportadores, se ligasen a los análogos estructurales superactivos. Surge por tanto otra posibilidad que es la administración de sucesivas inyecciones, hormonales o intentar otro tipo de suministro como los implantes intraperitoneales de cápsulas de copolímeros biodegradables en base a ácido poliláctico-poliglicólico o las inyecciones de liposomas o microesferas que permitan una liberación paulatina del factor hipotalámico y por lo tanto mantener durante unos días, y no sólo uno, elevados los niveles de Gonadotropinas en sangre, lo que permite actualmente mantener la predicción sobre el momento de la puesta de un 80 % de las hembras tratadas. (Broodstock management. Bromage, 1995). Los implantes pueden ayudar a obviar el problema de los ciclos diarios de los niveles de estradiol y progestinas que acompañan a la maduraciones y ovulaciones sincrónicas de las distintas generaciones de oogonias en el ovario. El estradiol

parece inducir la vitelogénesis y la  $17\alpha, 20\beta$ -OH pregnona la maduración y la ovulación: la dorada freza durante todo el periodo de puesta, cada 24 horas aproximadamente, según maduran sucesivas generaciones de oogonias. De ahí que podamos considerar a la dorada como frezador secuencial, aunque la realidad es que cada generación de oogonias madura sincrónicamente (Zoar et al. 1982. Kadmon et al. 1985. Bromage 1995). Cuando se trata de inyecciones, la elevación puntual y momentánea de los niveles de GtH puede inducir el incremento de las progestinas dentro de un ciclo diario o dos, pero no es capaz de mantener una pulsación rítmica que afecte a varios ciclos diarios. De ahí que las inyecciones sean eficaces y cómodas de utilizar en peces típicamente de freza sincrónica, como los salmónidos, la carpa o la lubina, donde existe una elevación del estradiol que rige la vitelogénesis exógena y luego, junto con la caída de éste, una elevación de progestinas que inducen la maduración final y la ovulación.

### **1.3.2. CULTIVO LARVARIO.**

Hablaremos de prelarva al referirnos al periodo que transcurre desde que el pez eclosiona hasta que comienza la alimentación exógena. Consideraremos larvas a aquellos individuos que, no dependiendo de la reservas vitelinas, todavía no tienen desarrollados todos los sistemas, anatómicamente hablando por lo menos, y no tienen todavía las mismas proporciones corporales que el adulto; podríamos decir que se alejan netamente del índice de condición de los adultos (Índice de Condición =  $\text{Peso}/\text{Longitud}^3$ ). Nos referiremos a alevines al mencionar el restante período, hasta alcanzar el año de edad. Hasta que alcanzan la madurez sexual hablaremos de juveniles.

Muchas veces en acuicultura nos referimos al cultivo larvario como cuello de botella de todo el proceso, porque hablamos siempre desde una perspectiva demasiado comercial. Pero si atendiésemos a criterios biológicos, veríamos que verdaderamente nos encontramos ante un cuello de botella mientras nos cerremos



a la actual visión basada en criterios de eficacia en cada paso del proceso: nuestros interrogantes son: ¿Cómo obtener más huevos con menos reproductores? ¿Cómo obtener mejores tasas de eclosión y supervivencia larvaria? ¿Cómo obtener mejor supervivencia? ¿Cómo obtener mejores crecimientos? Las respuestas a las dos últimas preguntas pasan por mejorar nuestro conocimiento de la biología de las especies, lo que nos permite situar a los animales, técnicamente hablando, en unas condiciones ambientales favorables que faciliten el normal desarrollo fisiológico de los peces y, con ello, ayudar a que se produzcan esos sucesos deseables; entonces se pueden controlar adecuadamente los caudales de agua, la oxigenación, los fotoperiodos, las temperaturas, la nutrición, la profilaxis, las vacunas e, incluso, los tratamientos hormonales que consiguen paliar los efectos que la cautividad induce en los animales, especialmente en los reproductores y las larvas.

En acuicultura, se produce una elevada mortalidad en las fases tempranas del desarrollo, no sólo en la eta larvaria, sino también de los huevos. El efecto tiene significación en un doble sentido: si comparamos con poblaciones salvajes nos encontramos, por un lado, que se mejora enormemente la supervivencia de los animales que no superan el gramo de peso (5% en los animales salvajes, 40% en acuicultura considerando el total de las especies cultivadas) (Lorenzen, 1996); pero a medida que el peso supera los 200g, las diferencias en la supervivencia se reducen enormemente. Esta situación nos hace pensar que el principal factor de riesgo que se elimina es, lógicamente, la depredación, de modo que cuando se alcanza un determinado tamaño, se eliminan muchos depredadores potenciales, a la vez que se adquiere una capacidad de defensa (aunque sea la mera potencia natatoria para huir). En los sistemas de estabulación acuícola también existen diferencias; los tanques permiten mejor supervivencia de las fases con menor tamaño que las jaulas o los estanques por dos motivos: la depredación no existe, exceptuando las situaciones de canibalismo, y la manipulación y control profiláctico de los animales es más sencillo.

Pero también existe un componente importante de la mortalidad natural en las poblaciones naturales, que no es el factor depredador, y que, cuando el animal no ha alcanzado el gramo en el segundo año, puede llegar hasta el 67% de toda la mortalidad natural. ¿Qué nos indica esto? Que factores que impiden el crecimiento del animal lo predisponen a morir, factores genéticos, ambientales y nutricionales.

Los animales naturalmente pequeños son objetos de presa. Las malformaciones congénitas, las condiciones ambientales (entendiendo como tales las condiciones fisicoquímicas) y la cantidad y calidad del alimento, pueden conducir a un individuo a la muerte, aunque no sea objeto de predación.

En el caso de la dorada y la lubina sabemos que no son las condiciones ambientales y conocemos algunos de los factores nutricionales, que causan un desarrollo deficiente e, incluso, malformaciones anatómicas y la muerte; sabemos que el aspecto nutritivo está en franca vía de solución. Pero no podemos esperar todavía una solución a la mortalidad debida a las malformaciones congénitas o de origen genético.

En ésta situación, la actitud más saludable es aprender de la naturaleza. Sabemos que los peces actualmente comerciales se pueden incluir en el grupo de los que adoptan estrategias reproductivas llamadas de la “r”. Es decir, no cuidan de la prole que, además, ésta indefensa, pero optan por producir un elevado número de descendientes. Pero esto implica un elevado número de procesos reproductivos a nivel celular y, por tanto, una mayor probabilidad de errores genéticos. Dicho de otro modo: el medio ambiente (incluyendo ahora factores fisicoquímicos, competencia, predación, etc...) se encarga de realizar la selección a posteriori, y por tanto podemos encontrarnos con que, una vez alcanzada la teórica estrategia perfecta de cultivo, nos encontremos que no podemos superar nunca aquella proporción de supervivencia larvaria que viene impuesta por la probabilidad de error en todos los procesos genéticos celulares destinados a producir células

germinales. Estaríamos ante un nuevo parámetro de la especie: la viabilidad larvaria.

Asumida esa viabilidad, lo más razonable sería trabajar con el número de huevos necesarios que nos permita alcanzar una determinada producción. De hecho, la estrategia de la acuicultura en Japón ha sido tradicional y artesanalmente esa: colocar los reproductores en grandes tanques o en estanques, intentando que las condiciones naturales se asemejen lo más posible a las naturales y así obtener un elevadísimo número de huevos y larvas. Asumimos, por tanto, que hemos de manipular un elevado número de huevos y, supongamos entonces, que manipulamos el número máximo de viables que permite la especie. ¿Cómo gestionarlos para no elevar ese número? ¿Cuáles son las condiciones técnicas que nos suministran un medio físicoquímico adecuado para no elevar ese número?

La estrategia de cultivo debe seleccionar inmediatamente aquellos huevos o larvas inviables y eliminarlos para no realizar un esfuerzo inútil. Nuestra intervención para adecuar éstos criterios debería buscar la máxima supervivencia larvaria, primero, y luego el mayor crecimiento de las mismas, evitando buscar afanosamente el crecimiento precoz: lo primero es conseguir larvas bien formadas.

Los huevos tienen características planctónicas más o menos modificadas por la salinidad del agua de mar: se hunden por debajo de salinidades del 25%: el 80% de las larvas permanecen en la capa superficial de agua (unos 10 cm de espesor) y sin responder a estímulos luminosos ni vibraciones aplicadas al acuario; solo algunas responden al tacto; mantienen toda la flotabilidad ventral; hasta el segundo día, a 19° C, no se observan desplazamientos voluntarios, desplazamientos que consisten únicamente en un lento descenso vertical de unos centímetros, seguido por una rápida remontada para volver a la posición de flotación ventral, pero comienzan a responder a estímulos táctiles o vibratorios con movimientos bruscos muy cortos, coincidiendo con la aparición de los neuromastos en el sistema lateral; adquieren una posición de reposo caracterizada por una flotación inmóvil, vertical, con la cabeza hacia abajo, que parece estar relacionada con cierta

sensibilidad luminosa, puesto que la adquieren especialmente durante la noche y por la situación de la gota lipídica posterior a las reservas vitelinas. Por lo tanto el grueso de la población se sigue manteniendo en la franja superficial y hasta el tercer día no son capaces de desplazarse por todo el volumen del acuario; es decir, no alcanzan hasta entonces el carácter nectónico. A partir de éste momento los desplazamientos verticales les permiten alcanzar el fondo del acuario y el control de su densidad, permanecer en las zona profundas del estanque haciendo ligeros desplazamientos horizontales en cuanto notan el contacto con el fondo. Adquieren ya una posición de flotación dorsal, pero que no mantienen con facilidad si el agua se agita. Todavía no son capaces de cambiar la dirección de la natación, pero empiezan a distinguir objetos de los que normalmente huyen en línea recta. Esto sucede coincidiendo con el inicio de la pigmentación de los ojos y con la aparición de las aletas pectorales. Y al cuarto día podemos considerar que el carácter nectónico se ha completado: la pigmentación de los ojos está muy avanzada y ya son funcionales, se ha abierto la boca, las reservas vitelinas casi no existen y los movimientos de natación permiten perseguir una teórica presa en cualquier dirección o movimientos de huida no en línea recta. La alimentación la inician algunos individuos: hasta un 20% de la población ha podido capturar alguna presa, siempre inferior a  $100\mu\text{m}$ . El quinto día se perfecciona el aprendizaje depredador y la selección de presas: primero las persiguen y luego las atacan o las abandonan si son demasiado grandes (mayores de  $150\mu\text{m}$ ). Las capturas las hacen en dirección ascendente con un ángulo de  $30^\circ$  o  $50^\circ$ . El tiempo de natación es del 80% frente a menos del 5% del segundo día y podemos considerar que la larva ya está preparada para la vida heterótrofa depredadora (Kentouri y Divanach, 1982) y es ahora cuando hemos de plantear la resolución de los problemas genéticos, ambientales zootécnicos y nutricionales.

Los trabajos de Fuiman (1983) concluían ya que el crecimiento de la fase larvaria es claramente alométrico, hasta que alcanzan el estado de alevín; a partir de entonces el crecimiento es prácticamente isométrico aunque se mantienen

ligeras alometrías hasta el estado adulto. La alometría es, por otra parte, implícita en los peces con “metamorfosis” como los pleuronectiformes. Durante la fase larvaria, e independientemente de que el hábitat sea marino o continental y salvo contadísimas excepciones, el mayor crecimiento corresponde a la zona caudal y, después, a la zona cefálica, y el menor crecimiento, a la zona torácica. Este modo de crecer facilita primeramente la natación y luego la percepción y la captura de alimento; es decir, en primer lugar la supervivencia frente a los depredadores, lo cual concuerda con el trabajo comentado anteriormente acerca de la elevada tasa de mortalidad por predación para los individuos menores de 1g. Este crecimiento es primeramente longitudinal, creciendo la altura del animal para posteriormente hacerlo en grosor, siempre en función de la disponibilidad de alimento. Después de la cabeza, la zona opercular y pectoral son las de mayor crecimiento y a lo largo de todo el tronco, decrece la velocidad de crecimiento en grosor hasta el pedúnculo caudal. Normalmente, la incubación de los huevos y el cultivo larvario se realizan en aguas calentadas, pero la elevación de la temperatura podría agudizar las diferencias de éste desarrollo alométrico hasta que se alcance el estado postlarvario, por lo que hasta terminada la organogénesis podría ser aconsejable no elevar demasiado las temperaturas.

Particular importancia cualitativa y cuantitativa tiene el desarrollo de la vejiga natatoria y la reabsorción de la vesícula de vitelo. El desarrollo embrionario está condicionado por la temperatura en la que se produce y en la que se han desarrollado los oocitos en los reproductores (Yúfera y Pacual, 1991) y por otros factores, como la disponibilidad de oxígeno y la salinidad (Tandler *et al.*, 1995). Fuera del rango de 12° a 30°C, la eclosión es nula, y entre 14° y 26°C se alcanzan eclosiones de 90 al 95%; es a temperaturas intermedias, de 16° a 19°C, donde las tasas de eclosión son cercanas a las máximas y, a la vez, la tasa de larvas con anomalías es prácticamente nula; también se alcanzan en este intervalo de temperaturas los estados de alimentación heterótrofa con menos anomalías (7%-9%) y viabilidades del 70% al 80% del total de huevos fecundados hasta

alcanzar la alimentación autónoma. La alometría no afecta solamente a la organogénesis, sino que las velocidades de las distintas rutas metabólicas se ven influenciadas en diferente proporción por los cambios de temperatura. De hecho el rango de consumo de la vesícula de vitelo aumenta con la temperatura más rápidamente que la formación de los órganos bucales y digestivos y de la formación de la vejiga natatoria (Yúfera *et al.*, 1991; Sarasquete *et al.*, 1995; Soares *et al.*, 1994) de modo que, si la temperatura es demasiado elevada, puede haberse consumido todas las reservas vitelinas antes de haber adquirido la funcionalidad depredadora, digestiva y natatoria. El mayor margen de tiempo entre la apertura y la finalización del consumo del saco de vitelo se sitúa alrededor de los 16°C, siendo a ésta temperatura donde mejor conversión de la vesícula de vitelo se obtiene. Otros estudios indican que esta temperatura óptima podría estar entorno a los 14°C (Camus y Koutsikopoulos, 1984). Pero estas variaciones pueden deberse a la temperatura en la que viven las poblaciones de reproductores y, especialmente, de la temperatura a la que ha tenido lugar la puesta. Es decir, a partir de la temperatura de puesta, el aumento de la temperatura en la incubación debe ser muy lenta hasta alcanzar el óptimo de 16° a 17°C, y esperar a que toda la organogénesis esté terminada para poner a la población a temperaturas de engorde (de 19°C en adelante) (Chatain *et al.*, 1992).

Los estudios de Tandler y colaboradores (1995) en relación al efecto de la salinidad en el desarrollo de las larvas en los 32 primeros días de vida, mostraron que las salinidades intermedias, en torno del 25 al 28 partes por mil, permitían supervivencias mayores así como más rápidos crecimientos (incremento del 16%) que las salinidades marinas o superiores (36 o 40 por mil). Las posibles causas de ésta mejora parece deberse a un incremento en la proporción de la población que desarrolla correctamente la vejiga natatoria, lo que queda corroborado porque este incremento se produce si el paso a salinidades menores se hace en los primeros días de vida, es decir, antes del desarrollo de la vejiga natatoria, ya que los aportes energéticos destinados a la regulación osmótica son menores. Las larvas de un día

de edad presentan una presión osmótica de 224 mOsm/kg frente a los 410 mOsm/kg que presentan los individuos a partir del día 13, independientemente de la salinidad del medio que ocupen; esto explica que en esos primeros días de vida tengan que enfrentarse con unas diferencias de presión osmótica mucho mayores y que un descenso de salinidad les suponga un ahorro extra de energía (14'9%). En la mayoría de las especies marinas se observa que la supervivencia de las larvas en ayuno aumenta a salinidades intermedias. También Klaoudatos y Conides (1996) confirmaron esta situación con doradas de 1g. La isotonicidad con el medio se sitúa alrededor de salinidad del 10 por mil, pero en esa situación donde el ahorro energético debido a la osmorregulación sería grande, también lo son las mortalidades; al mismo tiempo disminuye el crecimiento debido, seguramente, a que en esa situación han de invertirse las estructuras de membranas celulares para hacer un control hídrico en el otro sentido. Para la lubina, la disminución de la salinidad debe ser más acusada (Entre el 7 y el 12 por mil) para que se produzca un incremento en la tasa de animales que consiguen el primer inflado de la vejiga natatoria (Cornacchia, 1982) o, como apuntan Soares y colaboradores (1994), el inflado del primer rudimento de la. Además, la hipertrofia de la vejiga natatoria en la lubina, que es letal y se puede producir por "stress" debido a una mala manipulación o deficiente zootecnia, podría reducirse si se sitúan rápida y bruscamente los animales a bajas salinidades.

La formación de la vejiga natatoria pasa por dos estadios. En un primer momento aparece una vejiga elipsoidal paralela al eje longitudinal de la larva, sobre el intestino y bajo la notocorda, e inmediatamente posterior al hígado todavía embrionario, cuando la larva mide de 4 a 6mm, aproximadamente hacia el sexto día. Histológicamente, se encuentra tapizada por un epitelio columnar simple, como el del intestino. Es en éste estado cuando se produce la captura o deglución de una burbuja de aire para llenar esta vejiga e impedir que se colapse.

El segundo estado tarda bastante en aparecer, hacia el día 30 o 40 (en función de la temperatura), cuando la larva tiene unos 8 o 9mm. Se trata de la aparición de una segunda vejiga por detrás de la primera, tapizada por un epitelio escamoso, que terminará englobando la primera vejiga. Este segundo proceso se denomina expansión.

Las malformaciones que aparecen en el cultivo larvario son, típicamente, la hipertrofia y la atrofia. La primera es un acúmulo excesivo de aire en la vejiga debido a situaciones de estrés producidas por cambios rápidos en las condiciones fisicoquímicas del medio. También se ha aventurado la hipótesis de se produce por un exceso de deglución de aire en la superficie del medio, pero esto no concuerda con el momento de aparición: a partir del día 16, cuando el conducto neumático ya ha degenerado. La atrofia se acompaña por una invasión de la luz de la vejiga por un epitelio columnar y la vacuolización y degeneración del epitelio escamoso. En un desarrollo normal la glándula del gas se relacionaría posteriormente con este epitelio.

La hiperinflación es letal porque impide a los peces sumergirse y dificulta la natación, mientras que la atrofia no impide la natación, aunque exige de los peces una natación continua y que sólo puedan descansar en el fondo, lo cual les exige mayor energía y, por tanto, implica un retraso en el crecimiento (Soares *et al.*, 1994).

Muchas veces se ha relacionado también la ausencia de vejiga natatoria con defectos esqueléticos del tipo de lordosis y cifosis (Cornacchia *et al.*, 1984; Paperna, 1978; Chatain, 1982) Verdaderamente existe una correlación positiva, pero no siempre causal, porque muchos animales que en principio no han desarrollado la vejiga y han presentado lordosis, luego han desarrollado la vejiga natatoria por la actividad de la glándula del gas (Chatain, 1994; Andrades *et al.*, 1996); pero este tardío inflado de la vejiga natatoria no es capaz de corregir la lordosis, porque las estructuras óseas están ya muy calcificadas. En la dorada



japonesa, el hinchado tardío de la vejiga se produce cuando los animales pesan menos de 5 gramos, y llegan a corregir parcialmente la lordosis.

Andrades y colaboradores (1997) también coinciden con Chatain (1994) en que al menos el 50% de las lordosis se producen entre las vértebras 10 y 16, que es justo la zona donde la musculatura ejerce mayor presión sobre la columna durante la natación; de ahí que animales sometidos a corrientes de agua excesivas (20 cm/s) desarrollen lordosis en un 80%. Del mismo modo, la carencia de vejiga, que obliga al animal a mantener una constante natación, produce deformaciones óseas. Si la vejiga natatoria no se desarrolla, la lordosis va en aumento, llegando a alcanzar desviaciones de 120° en juveniles de 150g.

Andrades y colaboradores (1997) aclaran parcialmente esta hipótesis y, aunque admiten la correlación entre lordosis y atrofia de la vejiga, sostienen que parte importante de las lordosis son debidas a defectos en el desarrollo embrionario, antes de formarse, incluso, las vértebras, pues comprueban que la notocorda está interrumpida por septos de tejido conectivo pericordal; además, no observan que el porcentaje de lordóticos aumente cuando pasa el período de formación de la vejiga. La lordosis no es de las peores malformaciones de cara a la supervivencia; de hecho, el 5% de los animales eclosionados con cualquier malformación son en su mayoría lordóticos (Soares *et al.*, Congreso Nacional de Acuicultura de Cartagena. 1997).

Todavía quedan por estudiar muchos factores que puedan causar lordosis, además de los ya comentados; no se pueden despreciar los nutritivos, tanto en los progenitores como en las propias larvas (las carencias vitamínicas, los problemas metabólicos que implican la incorporación del triptófano a los cartílagos, o su propia deficiencia, el efecto de contaminantes sobre el metabolismo, etc.), los accidentes mecánicos debidos a la manipulación y las infecciones por microorganismos (El mixosporidio *Myxobolus cerebralis* causa deformaciones óseas postnatales en los peces (Treasurer, 1992)).

Asumido un porcentaje de individuos malformados, tenemos que establecer una estrategia de separación de los animales sin vejiga para seleccionar aquellos individuos que alcanzarán el “destete” en las mejores condiciones y luego presenten mejores características para el engorde; también tenemos que establecer el momento oportuno para realizar esta selección, para no eliminar animales válidos. La lógica nos lleva a pensar que hemos de esperar a que haya pasado con certeza el período de formación de la vejiga. Mientras, los individuos muertos pueden eliminarse mediante sifón del fondo del acuario o purgando la válvula de vaciado durante los primeros días en que las larva son planctónicas. Cuando la natación les permite colonizar la totalidad de la columna de agua es cuando se presentan los mayores problemas. Chatain y Corrao (1992) publicaron un método basado en las diferencias de flotabilidad de los animales anestesiados después de pasar un periodo de oscuridad para estimular el inflado de la vejiga; según éste proceso los animales sin vejiga se hunden, pero todavía un 2% de los animales eliminados resultaron normales.

Las actitudes preventivas son las que dan mejores resultados a largo plazo. Prevenir lordosis y atrofia de la vejiga natatoria pasa por la limpieza de la superficie del medio donde se acumula grasa que impiden a las larvas ingerir las gotas de aire para inflar el primordio de la vejiga antes de la pérdida del conducto neumático. (Soares *et al.*, Congreso nacional de Acuicultura de Cartagena. España.1997).

De cara a la adecuación de la zootecnia del cultivo y a la adopción de las estrategias de alimentación, también hemos de considerar que la organogénesis del hígado y del sistema digestivo, anatómica y funcionalmente hablando, debe seguir un proceso sincrónico. Cuando la vesícula de vitelo se ha consumido, la boca ya ha debido abrirse, el digestivo debe presentar el equipo enzimático primario indispensable, el hígado debe tener funcionalidad y estar conectado con el tubo digestivo, junto con los conductos biliares y el páncreas, y la vejiga natatoria

formada, porque hasta este momento la vesícula de vitelo le proporcionaba a la larva flotabilidad y energía.

Según Guyot y su equipo (1995), los hepatocitos no han terminado de diferenciarse de las células del tracto digestivo anterior hasta el decimo quinto día de crecimiento, aunque han ido adquiriendo progresivamente su morfología celular y su bioquímica particular, por lo que hemos de considerar también la digestibilidad de la primera alimentación. El hígado se diferencia en el tramo anterior del tubo.

Estamos observando, entonces, cómo una estrategia correcta de alimentación es importante para poder hablar de calidad de puestas y de supervivencia larvaria. Además, individuos debidamente alimentados y nutridos permitirían una manipulación más sencilla y segura y, si consideramos que el período larvario supone para la acuicultura un importante esfuerzo, evitaríamos despreciar como larvas de baja calidad aquellas que no presentan malformaciones congénitas importantes sino solamente deficiencias nutricionales.

Una buena alimentación implica cantidad y calidad adecuadas de los alimentos que se suministran, y que se haga en un orden, es decir, una buena estrategia de alimentación.

La cantidad no es fácil de dilucidar, aunque hoy es, más que otra cosa, una cuestión empírica o artística, cuando menos en el orden a obtener supervivencias. Pero las raciones a lo largo del día deben ajustarse a los ciclos de demanda de los animales y las cantidades globales no pueden separarse de las composiciones de la alimentación, como veremos más adelante.

Las necesidades proteicas y lipídicas han sido ampliamente estudiadas utilizando, básicamente, técnicas de ayuno y realimentación; se realizaba el monitorizado, a posteriori, de la supervivencia, el crecimiento y la composición corporal. La baja tasa de supervivencia mantiene todavía lejano el ajuste de las dietas, precisamente por la imposibilidad de correlacionar la mortalidad debida a esta causa con la natural o a los efectos de una alimentación deficiente.

La deficiencia en ácidos grasos esenciales se correlaciona con la aparición de animales hidrópicos y con malformaciones (Rodríguez y Pérez *et al.*, 1993). El equipo de Koven (1989) establecieron, mediante estrategias de ayuno y alimentación con rotíferos enriquecidos con *Isochrysis sp.*, que los requerimientos de n-3 PUFA (acrónimo inglés de *Ácidos grasos poliinsaturados*) en la dieta es superior al 0.05% de peso húmedo y que, en los animales ayunados, las pérdidas de los n-3 PUFA son menores, proporcionalmente, a la de otros ácidos grasos; esto implica un mecanismo bioquímico para conservar esos compuestos esenciales para la construcción y funcionalidad de las membranas (La reducción de éstos ácidos grasos es todavía menor en la fracción polar de los lípidos, que se utiliza para la formación de membranas celulares), además que el docosahexaenoico (22:6 n-3) se conserva más que el eicosapentaenoico (20:5 n-3). Posteriormente, se comprobó que el crecimiento estaba directamente relacionado con la cantidad de PUFA n-3 en la dieta, aunque su concentración no se relacionó significativamente con la supervivencia o el porcentaje de animales que desarrollaban normalmente la vejiga natatoria, a pesar que los resultados parecen indicar claramente que mejora la supervivencia (Koven *et al.*, 1990). En ésta ocasión las concentraciones óptimas parecen acercarse a 5mg/g de la dieta, en peso seco, aunque concentraciones de 3'2mg/g ofrecen también buenos resultados, cuando las larvas se alimentan *ad libitum*. Así mismo, aportaron el dato que el alga *Nannochloropsis* parecía mejor que *Isochrysis* en cuanto al enriquecimiento de los rotíferos con que alimentar las larvas, debido a un contenido importante en ácido eicosapentaenoico, aunque el docosahexaenoico sólo apareciese como trazas.

Mourente y colaboradores (1993) concluyeron posteriormente que tanto la supervivencia como el crecimiento de los primeros estadios larvarios de la dorada dependen de la cantidad de PUFA n-3 suministrada en la dieta: más concretamente, con la relación de ácidos eicosapentaenoico/docosahexaenoico, mejor cuanto más baja, puesto que no son capaces de sintetizar por desaturación el segundo a partir del primero en cantidades suficientes; pero mínimas cantidades de

docosahexaenoico son suficientes para un crecimiento óptimo, dado que la conservación metabólica de éste ácido es muy importante, utilizándose la serie del oleico (18:1 n-9) y los n-6 para obtención de energía durante ésta fase (Rodríguez y Pérez *et al.*, 1993) En éste experimento el mejor crecimiento se obtuvo con las dietas más ricas en ácido docosahexaenoico, pero las mejores conversiones las lograron con las dietas con menor docosahexaenoico, aunque con mayor cantidad de PUFA n-3 totales, al menos durante las dos primeras semanas de vida. Las necesidades pueden irse modificándose e incrementándose cuando se necesiten más lípidos esenciales de los que haya podido suministrar el o cuando las ingestas sean más importantes y se incorporen más cantidad de lípidos globales debido a períodos de mayor crecimiento (Watanabe, 1977; Rodríguez y Pérez *et al.*, 1993). Si atendemos a las clases de lípidos observaron, como en otras especies de peces, que las mayores concentraciones de PUFA n-3 de la serie de 20 y 22 átomos de carbono son la glicerolfosfatidilserina y la glicerolfosfadiletanolamina, mientras que el fosfatidil inositol presenta las mayores proporciones de ácidos grasos de 18 átomos de carbono y del araquidónico (20:4n-6), lo que explica su participación en el desarrollo del sistema nervioso.

Las clases de lípidos no parecen alteradas cuantitativamente por la dieta, pero sí su composición. Así observamos que en la glicerol fosfatidilcolina los porcentajes relativos de ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico están altamente correlación con su presencia en la dieta, mientras que el docosahexaenoico se fija preferentemente en la fosfatidil etanolamina y que en esta clase de lípido polar está fuertemente correlacionado con el crecimiento de las larvas mientras, que no lo está la cantidad de eicosapentaenoico que se fija a la fosfatidiletanolamina; esto hace suponer que tanto el ácido docosahexaenoico como la gliceriletanolaminaetanolamina tienen un alto valor biológico para el crecimiento (Koven *et al.*, 1993). Posiblemente la síntesis de la glicerolfosfatidil colina dependa de la disponibilidad de la colina para la transmisión del impulso nervioso axón-dendrita, y que este componente de la membrana se mantenga en un

continuo reciclaje, mientras que la glicerol fosfatidiletanolamina sea un compuesto estrictamente estructural, de ahí la retención y conservación del ácido dosahexaenoico.

Como criterios de calidad de la nutrición de las larvas en el aspecto lipídico se utilizan varios índices:

- Ac. Oleico/PUFA n-3 como indicativo de la deficiencia de ácidos grasos esenciales (Rodríguez y Pérez *et al.*, 1993).
- Ac. Eicosapentaenoico/Ac. Docosahexaenoico como indicativo de la capacidad de crecimiento y del estado del sistema nervioso y sistema visual.
- Cantidad de triglicéridos, colesterol y lípidos polares como indicativos del estado nutritivo (Mourente *et al.* 1993).
- Relación de eicosapenteoico/docosahexaenoico en la glicerolfosfatidil colina como reflejo de la calidad lipídica de la dieta (Koven *et al.*, 1993).

Tenemos que interrogarnos si, ante los resultados de todos estos experimentos, no estaremos sometiendo a las larvas a una excesiva ingesta lipídica que desensibilice el metabolismo hepático, tal como sucede en los adultos al buscar unos crecimientos excesivamente rápidos, y estaremos causando alteraciones metabólicas que los peces pueden arrastrar durante mucho tiempo, aunque, por la corta duración de los experimentos, aparezcan en un primer momento los resultado como muy positivos, puesto que niveles de PUFA por encima de los necesarios no mejoran la supervivencia.

Aunque existe una correlación entre la composición lipídica de los rotíferos enriquecidos con dietas comerciales (Troffice S.A., ARTEMIA SYSTEMS)

(Pousao-Ferreira *et al*, 1997), todas estas experiencias vienen condicionadas por la talla de las cepas de los rotíferos. Los espáridos tienen, en general, larvas pequeñas, con bocas muy pequeñas, lo que limita lógicamente las presas que pueden capturar cuando inician su alimentación exógena. Tanto Kentouri *et al.*, (1984) como Polo *et al.*, (1992) delimitaron los rangos de tamaño adecuados para larvas de *Sparus aurata*: 138µm de media para las primeras capturas, con una talla mínima de 25 micras, cuando las larva miden 4 mm, y 176 micras para larvas de 5mm; los crecimientos son mejores si al principio, durante los 12 ó 15 primeros días de alimentación, se suministran presas los tamaños adecuados. Polo, Yúfera y Pascual (1992) utilizan dos cepas de rotíferos (*Brachionus plicatilis*) de distintos tamaños, mejorando el porcentaje de larvas que capturaban alguna presa en los primeros días.

Existen problemas añadidos, sobrevenidos cuando intentamos una acción para resolver un problema; aunque lo hacemos con la mayor de las diligencias, apresurados por las consecuencias que intentamos evitar, las técnicas que aplicamos tienen, a su vez, otras consecuencias posteriores. Por ejemplo, el exceso proteico y mineral y la utilización de artemia enriquecida con dietas artificiales, pueden provocar en las larvas la formación de cálculos en el riñón, que es, cuando los riesgos de la formación de la vejiga natatoria han pasado, uno de los factores más recurrentes en la mortalidad en esta fase (Modica *et al.*, 1993). La dorada, y otros peces como la lubina el rodaballo o el bacalao, aunque netamente carnívoros, no dejan de ingerir partículas de origen vegetal y microalgas en los primeros días de vida, a parte de la accidental y normal ingesta de fitoplancton cuando beben o cuando cazan. Las algas podrían suministrar la mínima cantidad de algunos micronutrientes, y sus polisacáridos podrían ejercitar una activación de la respuesta inmune de las larvas, aparte del efecto tamponante al metabolizar algunos desechos nitrogenados y funcionar como filtro luminoso; de aquí que no pocas empresas adopten esta metodología ("Aguas verdes": 50.000 a 150.000 cel/ml) para realizar los cultivos larvarios o que se utilice para domesticar o facilitar la acomodación de

nuevas especies como el dentón. Las cuestiones estrictamente tecnológicas, como la limpieza de la interfase agua-aire, o la utilización de oxígeno previamente a la entrada de agua en los tanques en vez de aire para reducir el burbujeo (Soares, 1994; Tandler, 1989; Divanach, 1986; Wajsbrodt, N.1993; Wajsbrodt, 1991) son cuestiones que tienen que ir acotándose, aunque queden como una opción del director del cultivo.

En resumen, no debemos cejar en el empeño, al menos intelectual, para que nuestras prácticas nos permitan mejorar la eficacia de nuestro trabajo; destacamos en especial:

- El diseño correcto de instalaciones para facilitar el estado planctónico a la fase larvaria, con acuarios de amplia superficie que faciliten el intercambio agua-aire y la limpieza de esta interfase.
- La adecuación de caudales para mantener aguas sin corrientes y evitar que se acumulen los huevos o las larvas contra paredes o desagües, o les fuerce a una natación excesiva.
- La reducción del burbujeo, utilizando oxígeno o una oxigenación previa a la llegada del agua al tanque, para disminuir el número de burbujas y la posibilidad de que sean ingeridas; mantener el medio sin una agitación agresiva, procurando mantener el medio, hidrodinámicamente hablando.
- Utilizar circuitos semicerrados con filtración para evitar la presencia de partículas que no tengan cualidades nutritivas.
- Utilizar acuarios con colores oscuros en el fondo, pero que permitan observar bien las larvas, y con colores más oscuros en las paredes pero más claros hacia la superficie, aprovechando el fototactismo positivo para facilitarles el primer inflado de la vejiga natatoria.
- Desarrollar un programa con rampas de temperaturas y de salinidades, en vez de utilizar parámetros fijos, para permitir un desarrollo armónico de la organogénesis y el comportamiento



- Incidir en la búsqueda de una alimentación equilibrada donde se incluyan los productos vegetales marinos durante la alimentación larvaria y el destete, bien incluyéndolos en los piensos, bien desarrollando sistemas de “aguas verdes” (Meeren, 1991; Reitan *et al.* 1991) para evitar la formación de cálculos renales de origen alimentario o por estrés agudo que alteren el metabolismo del fósforo y del calcio (Modica *et al.*, 1993).
- Potenciar la investigación sobre microcápsulas y sobre el cultivo de otros invertebrados de menor tamaño que el rotífero *Brachionus*, y su cultivo con dietas artificiales (*Artemia System NV*, Bélgica), que sustituyan total o parcialmente a los cultivos pluriespecíficos de algas (Broodstock management. Bromage, 1995).
- Desarrollar estrategias de racionamiento que, sin producir sobrealimentación, se ajusten lo más posible a los ritmos naturales de alimentación (Divanach *et al.* 1986); por ejemplo, comederos de demanda comandados por células fotoeléctricas, en vez de péndulos mecánicos.
- Los progresos en vacunaciones principalmente orales, harían prosperar enormemente la fase larvaria del cultivo de peces marinos. Los nauplios y metanauplios de *artemia* podrían ser excelentes vehículos para el suministro de antibióticos y vacunas (Hontoria *et al.*, 1994).
- Por último, no podemos olvidar los métodos semiintensivos, donde se gestionen estanques con comodidad en unas condiciones lo más naturales posibles y se puedan obtener con poco esfuerzo huevos y larvas para iniciar los destetes y abastecer a una única o unas pocas empresas de engorde.

### **1.3.3. ENGORDE.**

Muchas veces separamos los procesos reproductivos y de crecimiento de los animales y otras muchas veces hablamos del crecimiento como de una opción que los animales adoptan cuando tienen cubiertas las necesidades energéticas

vitales. Pero este concepto tan estanco sólo podría tener cabida cuando el animal ha adquirido la madurez sexual. Hasta ese momento, el crecimiento individual es prácticamente una necesidad tan vital como la supervivencia, porque a lo que nos referimos como supervivencia debemos entenderlo en referencia a la especie. De ahí que en el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal hayamos observado crecer lubinas, que han permanecido en ayunas durante meses, a expensas de su propio peso.

### **Corrección de las “Estrategias alimentación”.**

Antes se ha comentado que se controlaba el crecimiento desde el punto de vista de la supervivencia, pero la optimización del crecimiento sólo ahora empieza a enfocarse. Varios son los motivos que han tenido constreñido el avance en la optimización del engorde y de la utilización de los piensos; Por un lado, el desconocimiento de los mecanismos genéticos, hormonales y ambientales que regulan los procesos fisiológicos involucrados en la economía de la energía, y de los nutrientes, que son los que determinan el crecimiento potencial de una determinada especie.

Por otro lado nos encontramos los problemas propios de la alimentación, aunque el estado del conocimiento está muy avanzado actualmente y hay una correcta aplicación tecnológica en la industria, es preciso que la composición de los piensos ofrezca los adecuados nutrientes para el correcto crecimiento. A este respecto se han puesto de manifiesto unos problemas que hay que abordar frontalmente:

- El problema técnico que supone incluir en el pienso todos aquellos principios inmediatos indispensables.
- Los problemas derivados de la acumulación de contaminantes en los piensos (Navarro *et al.* 1993 y 1997) y factores antinutricionales (Martínez y Millán, 1987; De Silva y Anderson, 1995).

- Los problemas ecológicos que surgen de la acumulación de residuos fosforados y azufrados de los propios piensos.
- Y los derivados de la acumulación de detritos resultantes de la actividad de los propios animales: heces, escamas, orina, restos de cadáveres, etc... (Klaudatos y Conides, 1996).

Otro problema aparente en el engorde es el síndrome invernal de la dorada, donde la reducción de la ingesta por el descenso de la temperatura puede acarrear un desequilibrio energético y una carencia de algunas moléculas esenciales. Este síndrome puede agudizarse por unas señales de adiposidad (obesidad) de animales engordados muy prematuramente. En la dorada el síndrome invernal se da sobre todo en animales pequeños, entre 5 y 60 gramos, y puede llegar a provocar mortalidades del 7 al 10% e, incluso, alcanzar al 80% de la población (Padrós *et al.*, 1998). Realmente el síndrome invernal puede situar a los individuos en situaciones de inmunodepresión, lo que abre la puerta a enfermedades secundarias que son las que realmente causan la mortalidad. El confinamiento de los animales en jaulas o estanques les impide el desplazamiento hacia aguas más cálidas, que si podrían hacer en libertad, aunque este fenómeno no esté todavía comprobado.

Otra cuestión usual se refiere a la elección del sistema de cultivo de engorde: ¿Jaulas, tanques o estanques? (Pitt, 1977; Carss, 1990; Lorenzen, 1996)

La decisión de optar por un tipo de cultivo u otro depende, no sólo de factores zootécnicos, sino también económicos e, incluso, políticos. Y aunque *a priori* se puedan definir unas líneas generales, dependiendo de la inversión inicial, disposición de terreno y el apoyo de las administraciones regionales, se puede optar por un tipo u otro de cultivo. Inicialmente, el cultivo larvario, lógicamente, en tanques (Lorenzen, 1996). Aunque ya se han llevado a cabo diversos intentos de cultivo extensivo en estanques y en jaulas (Divananch y Kentouri, 1986), la opción más plausible, en el caso de la dorada, una especie casi perfectamente domesticada, es la de un cultivo larvario intensivo en tanques, con el máximo control de las

condiciones y el mayor aprovechamiento del agua y la energía (recurriendo a los circuitos cerrados que permite, incluso, trabajar a mínima salinidad) (Klaoudatos, 1996).

El pre-engorde podría realizarse en jaulas, siempre que se trate de puestas tempranas. Parece que hasta los diez gramos, y de modo general, los tanques permiten mejores estrategias de manipulación y control de las temperaturas. El engorde podemos realizarlo tanto en jaulas (adecuado para especies autóctonas), como en estanques; ya sea en cultivo intensivo, como extensivo. Alrededor de las jaulas aparecen poblaciones de especies salvajes que aprovechan el entorno protegido y el alimento sobrante.

Las zonas próximas a las jaulas podrían explotarse para la práctica de la pesca deportiva, la ubicación de arrecifes artificiales o para la mejora de las zonas de pesca comercial local, porque allí se favorece la protección de los estadios tempranos de otras especies de explotación pesquera (F.A.O., 2002. Conferencia de Bangkok). Por el contrario, las jaulas tienen el peligro de atraer depredadores como focas, delfines, tiburones, cormoranes, etc. (Carss, 1990).

Los estanques presentan el peligro de depredación por los cormoranes, que también se da en las jaulas, pero que por su menor dimensión permiten mejor la protección mediante redes. Los estanques son más sensibles a las epidemias por infección, porque los cambios de temperatura los afectan de manera importante debido a su poca profundidad (hasta dos metros) y a la poca capacidad de tratamiento del agua. No obstante, la decisión de un tipo u otro depende de las posibilidades del lugar donde se quiera ubicar el establecimiento, de las dificultades o ventajas administrativas de cada sistema.

## **2.- OBJETIVOS**



Nuestra idea inicial es aportar instrumentos para el control de la calidad del proceso de engorde de la dorada, mediante el estudio de imágenes digitales de peces en cultivo, lo cual redundaría en la calidad del producto final.

A la vista del estado actual del conocimiento de la acuicultura, hemos propuesto como objetivo principal de este trabajo:

- La realización de un modelo matemático multifactorial para abordar las estrategias de alimentación que nos permita anticiparnos a las necesidades alimenticias de los peces a lo largo del período de engorde, en función de la estacionalidad del cultivo y del estado de los animales.

Se tratan otras cuestiones que se pueden considerar objetivos secundarios de la tesis en la medida en que, durante la generación del modelo matemático, se les pasa revista o se abordan tales cuestiones durante el procesado de los datos obtenidos. Así pues,

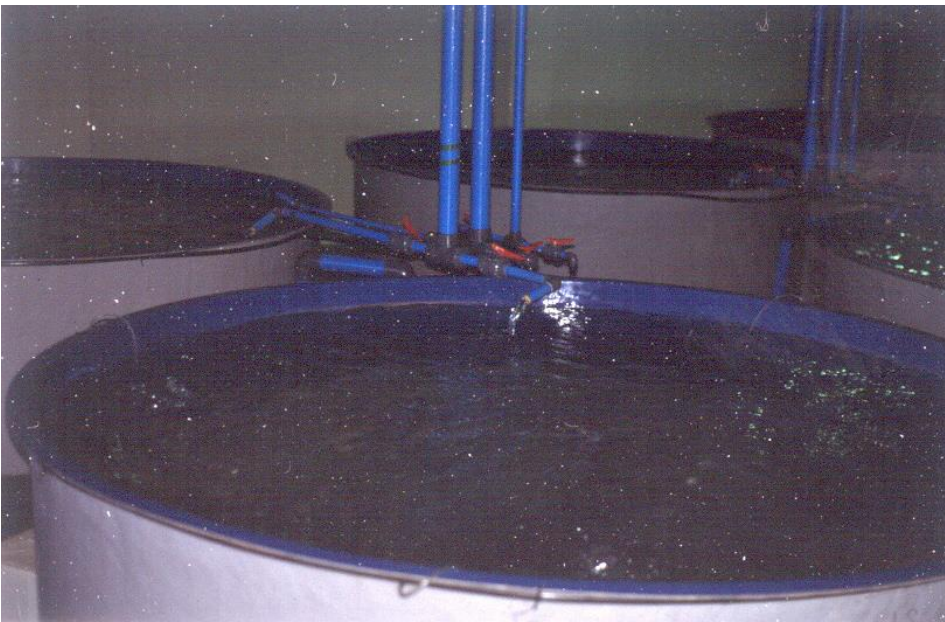
- Se estudia el modelo de gestión de la alimentación para optimizar el proceso de engorde con la intención de proponer el uso de estos conocimientos como instrumentos para ejercer un control sobre el proceso de engorde en cualquier momento independientemente de la estacionalidad, de modo que se minimice el impacto ambiental y se pueda gestionar el racionamiento de la ingesta.
- Se pretende incidir en el estudio de regímenes alimenticios de racionamiento restringido y verificar su validez de cara a la productividad de los cultivos.

Se ha intentado en todo momento seguir los principios técnicos de trabajo que, de acuerdo con la cada vez más socializada idea de bienestar animal, permitan minimizar y racionalizar la manipulación directa de los animales, de modo que se puedan cumplir las recomendaciones de la Unión Europea sobre la manipulación y estabulación de los peces destinados al cultivo industrial.

Nos planteamos desarrollar, en definitiva, un instrumento que ayude a controlar la calidad del proceso de cultivo de la dorada, atendiendo especialmente a aquellos aspectos que más influyen en el cultivo comercial: la estrategia de alimentación, para optimizar los crecimientos, el ahorro de pienso, para mejorar los beneficios comerciales y minimizar el impacto ambiental, y la disminución de la presión sobre los productos marinos que se utilizan en la fabricación de los piensos. Se ha tendido presente en su abordaje que el instrumento a desarrollar no dependa de las estrategias utilizadas, sino que sea general para la esta especie.



## **3.- MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES**



**Figura 3.1. Detalles de la instalación de acuarios del IATS.**

### 3.1.- INSTALACIONES

Los experimentos se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Se utilizaron dos tipos de acuarios: unos rectangulares forrados interiormente de poliéster en color azul claro, de 1000 y de 3000 litros, y otros de planta redonda de dos diámetros distintos (2'5 m y 1 m), con 85 cm de altura y fondo cónico de 15cm de altura y una capacidad útil de 3000 y 500 litros respectivamente.

Los acuarios estaban alimentados a través de una tubería de 40 mm de diámetro, con una válvula, y los caudales se mantenían para ofrecer una renovación a la hora, aunque permitían caudales muy superiores para que el llenado fuese muy rápido cuando se realizaban procedimientos de limpieza o muestreo. En el fondo del acuario y en posición central dos desagües permitían el vaciado rápido del sistema cuando era necesario. El nivel del acuario se mantenía mediante un rebosadero exterior conectado con uno de los orificios de evacuación formando un sistema de vasos comunicantes. Al acuario llegaba también una tubería de 16 mm de diámetro a la que se conectaban cuatro tubitos de 4mm de diámetro para suministrar aire al acuario desde el fondo del mismo. Este aporte de aire mejora la oxigenación del agua y la homogenización del medio, y supone una reserva de oxígeno en el agua del acuario en caso de avería en el suministro de agua. Una tercera tubería aporta agua dulce extraída de un pozo para ser utilizada en las limpiezas.

La captación se realiza desde el mar mediante una tubería que alcanza hasta 500 m de la línea de playa. Mediante bombeo se eleva a unos depósitos elevados desde los que, por gravedad, se distribuye el agua a toda la instalación.

### 3.2.- PARAMETROS EN ESTUDIO

Los parámetros utilizados para cuantificar el ritmo de crecimiento y la calidad del engorde de los animales han sido los siguientes:

1. Constante térmica de crecimiento, TGC (*Termal growth constant*).

Definimos la constante térmica de crecimiento como el incremento dimensional lineal calculado a partir del peso, por cada grado y día.

$$TGC = \frac{P_f^{1/3} - P_i^{1/3}}{\sum T^{\circ}C\text{-media diaria}}$$

2. Índice de crecimiento específico, SGR (*Specific growth ratio*).

Relaciona el peso alcanzado en el periodo de estudio, en forma logarítmica, con el tiempo de seguimiento, en días. Es una medida del crecimiento medio diario. El índice específico de crecimiento responde a la fórmula:

$$SGR = \frac{\ln P_f - \ln P_i}{t(\text{en días})}$$

3. Índice de conversión, IC, ("FGR" *Feed gain ratio*).

Tiene el significado del aprovechamiento o transformación del alimento ingerido por el animal en masa corporal. Es una medida de la eficacia de la alimentación

$$IC = \frac{\text{Ingesta}}{P_f - P_i}$$

## 4. Factor de condición, K.

Es una medida de densidad, del estado nutricional del pez, de su grado de engorde. Se define como el peso dividido por el cubo de la longitud y se suele expresar en tanto por ciento.

$$K = \frac{P}{L^3} \cdot 100$$

## 5. Humedad.

Representa el grado de hidratación de los tejidos. El peso seco se calcula desecando en estufa a 110°C, hasta alcanzar peso constante.

$$K = \frac{P_{\text{fresco}} - P_{\text{seco cte}}}{P_{\text{fresco}}} \cdot 100$$

## 6. Cálculo del contenido lipídico, según el método de Folch.

Este parámetro expresa el porcentaje del tejido graso de la muestra.

La técnica de obtención se basa en la disolución diferencial de los compuestos en dos fases de distinta polaridad. Los homogenizados liofilizados de la muestra se sometieron a procesos sucesivos de dilución y agitación en un disolvente con dos fases y se seleccionó la fase lipídica después de una centrifugación moderada.

A 100mg de liofilizado del homogenizado de la muestra se añaden 8ml de solución cloroformo metanol (2:1).

Seguidamente se procede a la homogenización de la mezcla y se vierte el homogenizado en un tubo pírex con boca esmerilada, junto con 2 ml de solución cloroformo metanol con las que se ha enjuagado el homogenizador.

Se añaden 2 ml de NaCl al 7<sup>0</sup>/<sub>00</sub> y se agita por inversión para emulsionar, tras lo que se centrifuga durante 5 minutos a 1000 r.p.m. y 10°C.

Se recoge con una pipeta Pasteur la fase inferior, apolar hidrófoba y se repite el proceso desde el principio, utilizando ahora 4ml de solución cloroformo metanol y 1 ml de solución salina.

Después de esta segunda centrifugación se recoge en otro tubo la fase hidrófoba. A continuación se deseca completamente en un evaporador con corriente de nitrógeno y se resuspende nuevamente en 1 ml de cloroformo/metanol.

Se transfiere toda la suspensión lipídica a un vial previamente tarado, cuidando recoger en este vial el lavado (dos veces con 200ml) de las paredes del tubo anterior.

Se deseca en el evaporador con corriente de nitrógeno durante toda la noche y se pesa al día siguiente.

El valor obtenido se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Lípidos(\%)} = \frac{P_{\text{lípidos}}}{P_{\text{muestra}}} \cdot 100$$

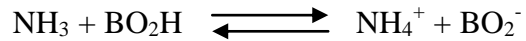
#### 7. Cálculo de las proteínas totales, según el método Kjeldahl.

Cuando una muestra biológica se calienta en ácido sulfúrico se produce una digestión y los compuestos nitrogenados se descomponen formando amoníaco. Este compuesto puede ser neutralizado y formar una sal con el ácido bórico. El borato formado se puede valorar con ácido clorhídrico para calcular los equivalentes de borato amónico. A la vez se realiza una determinación “blanco” sin muestra biológica, para corregir los errores metodológicos.

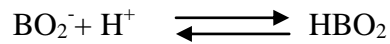
El primer paso es una digestión de la muestra a 400°C, durante 3 horas en ácido sulfúrico y en presencia de un catalizador metálico. A esa temperatura los compuestos carbonados se transforman en dióxido de carbono y el ácido

sulfúrico se reduce a dióxido de azufre, que es el responsable de reducir el nitrógeno a amoníaco.

Después continúa una destilación para recoger el amoníaco condensado en un serpentín cuando se deja enfriar la muestra y se añade hidróxido sódico en exceso. El destilado se recoge en una solución saturada de ácido bórico, que liga el amoníaco para formar borato sódico:



La valoración se realiza neutralizando el anión borato con una solución valorada (normalidad conocida) de ácido clorhídrico, según la reacción:



El porcentaje de nitrógeno existente en la muestra se calcula según la fórmula:

$$N = \frac{1.4 \cdot N \cdot (V - V_0)}{P}$$

Donde N es la normalidad de la solución valorada de ácido clorhídrico, V es el volumen (en ml) de ácido clorhídrico consumido en la valoración de la muestra,  $V_0$  es el volumen (también en ml) del ácido clorhídrico consumido en la valoración del "blanco"; y P es el peso en gramos de la muestra. El contenido de proteína se estima mediante la introducción de un valor de corrección que regresa el contenido de proteína por unidad de nitrógeno:

$$\text{Proteína} = 6.25 \cdot N$$

## 8. Índice hepatosomático, IHS.

El índice hepatosomático hace referencia a la relación entre el peso del hígado y el peso total del individuo antes de la primera ingesta del día. Nos da una idea del tamaño del hígado de un animal. Hígados grandes se desarrollan en individuos con excesivo trabajo hepático derivado de muchas situaciones patológicas o de stress metabólico crónico, como las hepatitis, tanto si son de tipo metabólico como si lo son de tipo infeccioso, pero también en animales obesos por la acumulación de grasa en los hepatocitos y la hipertrofia de éstos.

El índice se calcula como la relación entre el peso del hígado y el peso total de animal, después de retirar el exceso de agua del pez capturado:

$$\text{IHS} = \frac{P_{\text{hígado}}}{P_{\text{individuo}}}$$

## 9. Índice viscerosomático, IVS.

El concepto es análogo al anterior, pero se incluye aquí el peso total del paquete visceral, excluido el corazón; es decir, el peso del paquete que contiene hígado, bazo, estómago, intestino, gónadas y grasa visceral.

Es una medida del engrasamiento total del individuo. Los peces acumulan grasa en el espacio visceral que se moviliza con lentitud. En ocasiones contrasta su lectura con el contenido lipídico de los tejidos obtenido mediante el método Folch.

$$\text{IVS} = \frac{P_{\text{visceras}}}{P_{\text{individuo}}}$$





**Figura 3.2. Imagen de una dorada.**

#### 10. Perfil morfológico. (*Shape*)

A lo largo de la superficie, el exterior, de un objeto, por ejemplo una dorada, se pueden apreciar sitios, lugares, posiciones que son elementos característicos de tal forma del individuo; por ejemplo, siguiendo con la dorada el inicio de la aleta dorsal o el ojo son dos de estos lugares peculiares. En morfología geométrica estos puntos son relevantes para caracterizar morfométricamente al individuo y se conocen como hitos, puntos marca o sencillamente marcas (en inglés *landmarks*). Son utilizados para determinar propiedades como la forma o el perfil morfométrico de los objetos (en inglés *shape*).

Una vez seleccionados unos puntos de referencia sobre la imagen de un objeto, una dorada en nuestro caso, definimos “Perfil de un individuo” como la información obtenida a partir de la posición relativa de cada punto respecto a cada uno de los demás puntos y todas las distancias entre ellos. Queda implícitamente incluido el conocimiento de los ángulos que forman entre si las líneas hipotéticas que unen los puntos de referencia. Estos ángulos se mantendrían en cualquier operación que implicase escalar las imágenes.

Nosotros vamos a estudiar el perfil morfológico utilizando dos métodos sobre los hitos. El primero es considerar los hitos como puntos definidos por sus coordenadas, como en morfometría geométrica (figuras 3.10.II) y el segundo consiste en utilizar esos hitos como puntos de referencia entre los que tomar medidas mediante triangulación, lo que los anglosajones denominan “truss”. (figura 3.10.III)

En morfometría geométrica el término perfil lo definiríamos como la información que queda de un individuo definido por hitos o marcas, después de escalar, rotar y trasladar el objeto en estudio. Cada hito es un punto que se define en la imagen del objeto por sus coordenadas cartesianas

Para que los perfiles puedan utilizarse como herramienta comparativa, hay que considerar dos restricciones lógicas: primero que los puntos han de ser los mismos, análogos, en cada imagen y, segundo que tienen que ser marcados en el mismo orden. Es decir, que por ejemplo, si el hito número cuatro en la imagen del primer pez era asignado al punto de inserción anterior de la aleta dorsal al cuerpo del animal, ese punto debía asignarse en cuarto lugar en todos los animales del experimento.

Sobre las imágenes se marcan los puntos utilizando el programa TPSdig (Software de dominio público).

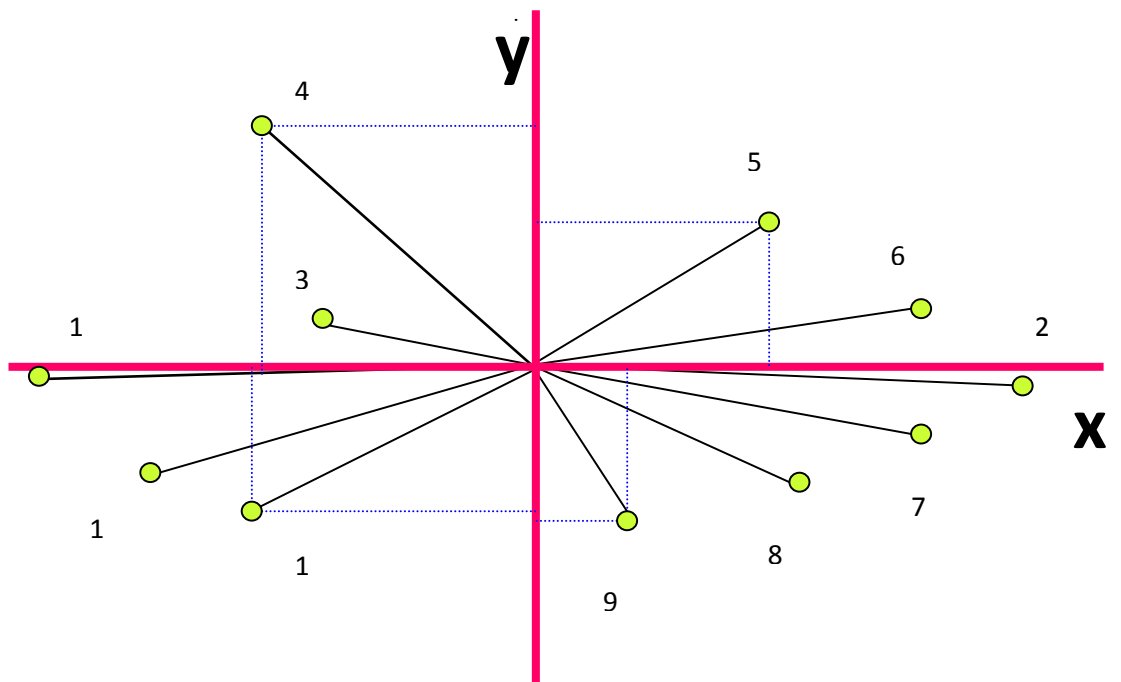
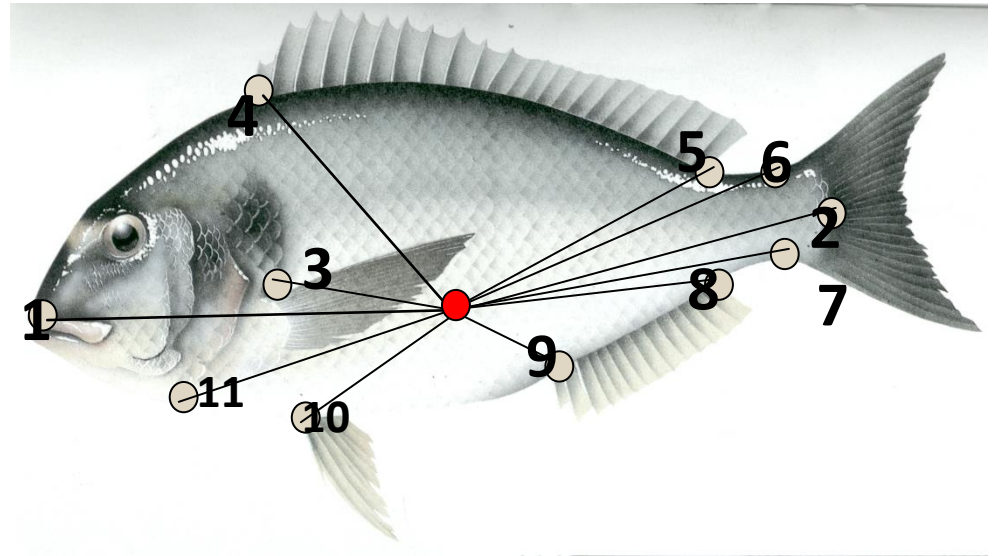
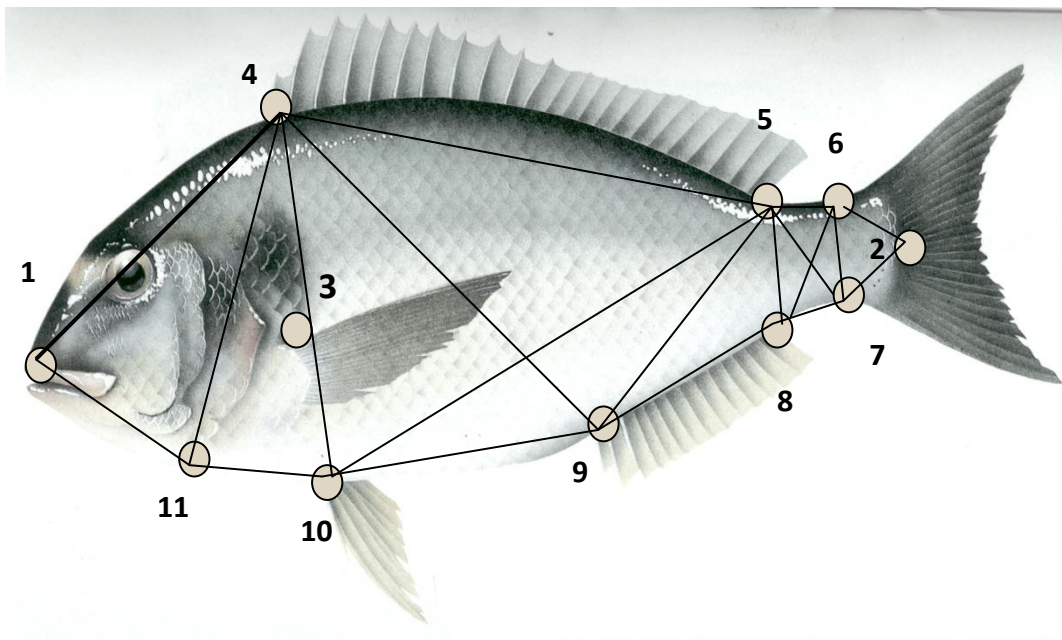


Figura 2.3. Morfometría geométrica. Los puntos marca, hitos, sobre la imagen y el sistema de coordenadas generado

El formato de salida de la información del programa TPS es de tipo texto, donde aparecen ordenadas las coordenadas de los puntos que se hayan marcado en cada imagen. Estos archivos de salida se importaban mediante el programa Excel de Microsoft Office. Con los datos en la hoja Excel se calculaban las distancias y las ecuaciones de alometría que se utilizarán en todo el estudio. Para el estudio de morfometría geométrica los archivos de salida de TPSdig se procesan directamente con los programas TPSreg y TPSrelw.



**Figura 3.4. Truss. Los puntos de marca y el sistema de triangulación.**

### **3.3.- CAPTACIÓN DE IMÁGENES. HITOS. ADQUISICIÓN DE DATOS MORFOMETRICOS**

Para la toma de imágenes se utilizó una cámara digital Nikon modelo coolpix 950 con un objetivo nikkor 7-21mm (equivalente en los sistemas de 35mm a a un 38-115mm) montada sobre un trípode. Las imágenes de los peces se tomaban sobre fondo azul y junto a una regla milimetrada para poder aplicar las escalas. Los peces, anestesiados y después de ser pesados y medidos, se colocaban sobre la cartulina azul y eran fotografiados. Las imágenes eran visualizadas mediante el programa TPSdig por un orden indicado en un archivo de texto que funciona como índice y que permitía identificar cada imagen. Después el pez se utilizaba para realizar el resto de las pruebas analíticas. El programa TPSdig permite asignar sobre la imagen un punto en la localización deseada, asignando a cada punto de marca o hito las coordenadas del pixel de ese punto en la pantalla.

La obtención de las puntuaciones de las deformaciones relativas y las regresiones de las deformaciones parciales respecto del tamaño del centroide se efectuaron a través de los programas TPSrelw y TPSreg que toman como archivos de datos de entrada los archivos de salida del programa TPS dig.

Los programas TPSdig, TPSrelw y TPSreg se encuentran libremente disponibles en las páginas electrónicas de la Universidad de Stony Brooks, (<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>)

El tratamiento estadístico, ANOVA Y MANOVA, análisis de Componentes principales y clusters se realizó con el programa SPSS versión 11 con licencia corporativa para el CSIC.

Para algunos tratamientos (analíticas no paramétricas) se utilizó el programa Excel (Microsoft Corporation) para la generación de datos aleatorios de aquellos datos a los que no se podía aplicar directamente test paramétricos.

### 3.4.- ALOMETRÍA Y COMPONENTES PRINCIPALES

Huxley en 1932 relacionaba pares de medidas de organismos en crecimiento y comprobó que se ajustaban a una curva exponencial que normalmente era lineal cuando las medidas se transformaban en logaritmos. Esta fórmula corresponde a lo que hoy día se llama alometría simple y tiene la forma:

$$Y = b X^{\alpha}$$

O transformada en logaritmos:

$$\text{Log } Y = \text{Log } b + \alpha * \text{Log } X$$

El término  $\alpha$  se denomina coeficiente de alometría. Cuando  $\alpha = 1$  la relación se llama de isometría, donde la relación entre X e Y es de proporcionalidad directa. Cuando  $\alpha > 1$  la alometría se denomina positiva e implica un mayor crecimiento de Y que X en el tiempo. Si  $\alpha < 1$  la alometría es negativa e implica que el crecimiento de X es más rápido que el de Y (para un ejemplo de alometría en la especie humana, el perímetro de la cabeza respecto de la estatura, ver Huxley y Teessier, 1936).

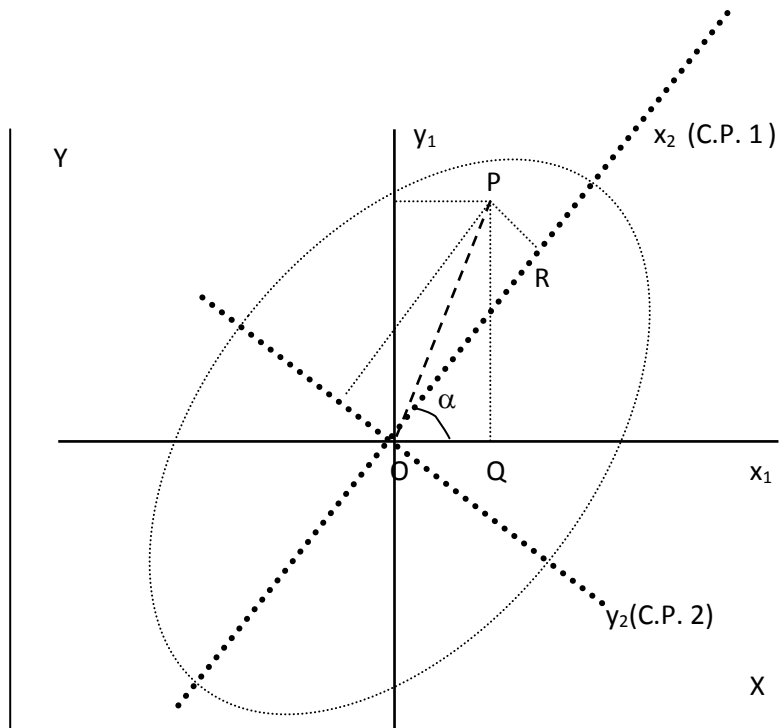
De modo general en cualquier grupo de datos morfométricos la correlaciones entre los pares de datos son altamente positivas, es decir X e Y crecen o decrecen simultáneamente; esta correlación es independiente de que  $\alpha$  sea mayor o menor de uno, es decir que las variables presenten alometría positiva o

negativa. La situación en la que  $\alpha$  es negativa se llama enantiometría e implica no un crecimiento menor de un órgano respecto a otro y otros, sino la disminución de tamaño. Es el caso de algunas estructuras larvarias o de estructuras que desaparecen en los procesos de metamorfosis. También se puede hablar de enantiometría si se estudian procesos evolutivos, como podría ser la reducción del tamaño de los brazos en la evolución de los homínidos.

Aunque en un principio Huxley utilizó las relaciones alométricas para la descripción del crecimiento relativo entre pares de partes de un organismo, los estudios morfométricos no tienen porqué constreñirse al estudio de pares de medidas, sino que pueden estudiarse también de un modo multivariable.

Cuando se trabaja con  $n$  variables, si las relaciones entre cada uno de los pares posibles responden a un modelo de alometría simple, es decir, que cada par de variables transformadas en logaritmos pueden ajustarse, según el modelo de Huxley, a una línea recta, el conjunto de puntos representados por los logaritmos de las medidas de esas  $n$  variables se dispersa como una línea recta en un espacio de  $n$  dimensiones. Jolicoeur (1963) propuso la primera componente principal extraída de la matriz de covarianza de los logaritmos de las medidas como la generalización de la línea que mejor ajusta todos los puntos en un espacio multidimensional. Dicha línea se corresponde con la dirección del eje que explica la mayor variación en un diagrama de dispersión de todos los puntos que representan todos los individuos en estudio.

En la figura 3.5 podemos ver en la elipse la distribución de todos los puntos, individuos, en dos variables  $X$  e  $Y$ . El centroide de la elipse, vector medio, se sitúa en el punto  $O$ . Si a todos los puntos le sustraemos el valor medio de cada variable  $X$  e  $Y$  obtenemos otros ejes,  $x_1$  e  $y_1$ , centrados sobre las medias de los valores iniciales. De esta forma  $x_1$  e  $y_1$  representan las desviaciones de los valores iniciales respecto de la media. La varianza puede calcularse como la suma de los cuadrados de las coordenadas sobre estos nuevos ejes divididas por  $(n-1)$ .



**Figura 3.5. Aproximación geométrica al análisis de componentes principales en dos dimensiones.**

Si consideramos el individuo P, su distancia al cuadrado al centroide, O, es, según el teorema de Pitágoras, precisamente la suma de los cuadrados de sus coordenadas sobre los ejes  $x_1$  e  $y_1$ . Por extensión, la suma de todas las distancias al centroide de todos los puntos, elevadas al cuadrado, y dividida por,  $(n-1)$  es



justamente la varianza total de la muestra. Si ahora girásemos esos ejes hasta la posición de los ejes  $x_2$  e  $y_2$  tal y como aparecen en la figura, el eje  $x_2$  se dispondría en la dirección de la máxima dispersión de la elipse, que representa la dispersión de todos los individuos de la muestra. El eje  $x_2$  estaría orientado en la dirección de la máxima varianza sin modificar la distancia del punto P al centroide O. De este modo se maximiza la varianza, las proyecciones, de cada punto sobre el eje (C.P. 1) y se minimizan las proyecciones sobre el otro eje.

La suma de las proyecciones del punto P sobre el eje  $x_2$  (O-R) se maximiza mientras se minimiza la suma de los cuadrados de las proyecciones sobre el eje  $y_2$  y representa la varianza residual no explicada por el eje de la componente principal 1; esta es la componente principal 2,(C.P.2). En un espacio multidimensional tendríamos sucesivas componentes principales cada una de las cuales, C.P.3, C.P.4, etc., explicarían sucesivamente la mayor parte de la varianza residual restante, no explicada por las componentes principales anteriores a ella.

Cada componente principal está formada por una combinación lineal de las variables originales de modo que los coeficientes de cada variable en la componente principal pueden entenderse como los cosenos directores del ángulo formado por la componente principal y el eje que representa la variable original ( $\alpha$ ) en la figura 3.5.

Las componentes principales son perpendiculares entre sí y sus vectores directrices se normalizan para tener un valor de módulo unitario, de modo que el valor de cada coeficiente dependerá del número de variables. Cuanto más variables, menor será el valor de cada coeficiente. Aproximar el valor de los coeficientes de la componente principal primera al valor  $\alpha$  de la ecuación bivarible de Huxley es bastante sencillo: el valor  $\alpha$  que relaciona la alometría de dos variables se puede calcular como el cociente entre los dos coeficientes de esas variables en la ecuación de la componente principal 1. De modo general, para que la relación sea isométrica en todas las variables, todos los coeficientes tendrían que ser iguales y sus razones iguales a 1:

$$\alpha_{ij} = \text{coef}_i(\text{PC1}) / \text{coef}_j(\text{PC1})$$

El valor de cada coeficiente en un caso de isometría general, para  $n$  variables, sería igual a:

$$\alpha_{ij} = 1 / n^{-0.5}$$

También podemos transformar cada coeficiente de la primera componente principal en el coeficiente de alometría de cada variable respecto a una medida global del tamaño global del individuo si multiplicamos cada coeficiente del la PC1 por la raíz cuadrada del número de variables:

$$\alpha_i = \text{coef}_i(\text{PC1}) * n^{0.5}$$

Esta medida global viene a ser una media geométrica ponderada de todas las variables.

El análisis de componentes se puede realizar a partir de la matriz de correlaciones o de la matriz de varianzas-covarianzas. En el primer caso estaríamos trabajando con variables estandarizadas, lo que geoméricamente se traduce en eliminar los efectos de la escala, del tamaño, es decir, que trabajaríamos con el perfil neto del individuo. En el segundo caso, el uso de la matriz de covarianzas, permite estudiar los efectos del tamaño, del escalado; es pues la opción a elegir en los estudios de alometría. (Pimentel, 1979; Johnson and Wichern, 1988).

### **3.5.- EL ANÁLISIS DEL PERFIL, PROCRUSTES Y EL ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES RELATIVAS. (SHAPE, GLS, RW y TPS)**

En el apartado anterior hemos hablado de morfología o morfometría refiriéndonos a medidas absolutas y a sus relaciones. Ahora vamos a referirnos a conceptos geométricos que incluyen ya orientación.

En los datos de morfometría tradicional hay poca información clara acerca del perfil o la forma concreta de los individuos o podemos extraerla con dificultad; además al ser las medidas trazadas desde un mismo punto en distintas direcciones para obtener distintas medidas, muchas de ellas contienen información redundante. Al trabajar con coordenadas cartesianas las medidas pueden considerarse independientes si se toman desde un centro de referencia hasta cada hito, en vez de tomar medidas entre todos los hitos. El centro de referencia desde el que se toman las medidas se sitúa en el centroide (vector medio o punto geométrico medio de cada individuo).

El perfil podemos definirlo ahora, según David Kendall's (1977), como la información geométrica de la imagen de un individuo que permanece después de escalarlo, rotarlo o desplazarlo.

Los hitos anteriormente definidos deben cumplir varios requisitos, uno ya nombrado es la homología entre los puntos que se marcan en los distintos individuos, otro es que esas posiciones sean consistentes y se puedan identificar con facilidad, que sean repetibles en los distintos individuos, que cubran suficientemente la forma en estudio. Para trabajar con ellos se consideran coplanarios al ser las imágenes representaciones en un plano.

Las marcas son puntos de correspondencia de cada individuo dentro de una población o de individuos entre poblaciones. (Dryden and Mardia, 1998)

El estudio de las deformaciones relativas (en inglés *relative warps*) podemos entenderlo como la extracción de componentes principales de una matriz denominada de “energía de deformación” (en inglés *bending energy matrix*) que se obtiene de una función que recoge las diferencias de las coordenadas de cada punto respecto de los puntos homólogos en la imagen referencia que resulta ser el promedio de de todas las imágenes obtenidas.

Vamos a ver brevemente el sentido de la extracción de esta imagen consenso o referencia. Una vez tenemos todos los individuos con sus hitos, se siguen los siguientes pasos:

1. Hay que centrar los individuos sobre su centroide, substrayendo a las coordenadas de cada hito las coordenadas de su centroide. De este modo además los individuos se centran en el origen de coordenadas.
2. Se escala cada individuo dividiendo cada nueva coordenada por el tamaño de su centroide, para obtener configuraciones de cada individuo con las mismas proporciones, pero con tamaño de centroide igual a la unidad.
3. Se rotan todos los individuos sobre el primero para minimizar la suma de cuadrados de las distancias entre hitos homólogos de cada uno de ellos.
4. Se calcula un individuo promedio entre todas las configuraciones individuales así obtenidas
5. Se vuelven a rotar todas las configuraciones individuales sobre este individuo promedio hasta minimizar de nuevo las sumas de cuadrados de cada hito con su homólogo entre todos los individuos. De este modo el resultado de minimizar las sumas de cuadrados no depende de la configuración del primer individuo.

Obtenemos una nueva configuración para cada individuo, unas nuevas marcas que situarán a cada individuo en un punto en el hiperespacio de  $N(n^\circ \text{ de hitos}) \times M(\text{dimensiones de los hitos})$  dimensiones, a las que sustraemos la unidad porque hemos transformado a cada individuo en un homólogo con tamaño de centroide 1, y  $M$  dimensiones correspondientes a su posición al restar a cada

individuo su centroide y situarlos todos en el origen de coordenadas. Otra dimensión se pierde cuando los individuos son rotados para minimizar los cuadrados de las distancias entre marcas homólogas. Es decir, las dimensiones del “Espacio del Perfil” (*Shape space*) son  $N \cdot M - (1 + M + 1)$ . Pues bien, dados dos individuos en este nuevo hiperespacio, el ángulo entre sus vectores de posición se denomina **Distancia Procrustes**, y la longitud de la cuerda que une los dos puntos se denomina **Distancia Procrustes Parcial**.

A partir de estas nuevas coordenadas y posición de los individuos en este nuevo hiperespacio, podemos trabajar sobre el concepto definido anteriormente de perfil geométrico de un individuo: que es toda la información que queda después de sustraer la información de tamaño y posición.

Todavía queda el problema de la visualización de las diferencias de perfiles. F.L. Bookstein, desarrolló una función que permitía extrapolar las diferencias de perfil a una función, “*thin plate spline function*”, que describe una cuadrícula sobre la que se sitúan las marcas. Los cambios en los perfiles se manifiestan como deformaciones de esta cuadrícula (Bookstein, 1989). La otra gran ventaja de ésta función es que sus coeficientes, denominados “*partial warp scores*”, pueden utilizarse como variables en test estadísticos convencionales sin necesidad de ajustar los grados de libertad. El desarrollo convencional del análisis de componentes principales de las *partial warps* nos simplifica los datos en *relative warps*.

Por analogía podemos considerar los *partial warp scores* como valores propios, las *partial warps* como vectores propios y las *relative warps* como componentes principales extraídas de las *partial warp scores*.

La *thin plate spline* es una función indefinidamente derivable que recoge sobre un eje Z, en altura, las deformaciones de una teóricamente infinitamente delgada situada en el plano X, Y. La altura, Z, que en cada punto (Que coincidirá con la posición de una *landmark*) se alcance dependerá de la energía necesaria para

deformar esa rejilla. La energía total de la deformación de la rejilla, será la suma de todas las alturas, o deformaciones, de la rejilla. Esta ecuación es de la forma:

$$Z(X,Y)=-R^2 \ln R^2$$

donde R es la distancia euclídea entre cada dos hitos y cada deformación adquiere una altura calculada por

$$(d^2Z/dx^2)^2 + 2(d^2Z/dxdy)^2 + (d^2Z/dy^2)^2 = BE(X,Y) \text{ (Bending Energy)}$$

La Energía total de deformación de la rejilla vendrá dada por la suma de todas las deformaciones:

$$\int (BE(X,Y) dx dy)$$

Estos valores se recogen en una matriz de  $(K+3) \times (K+3)$  para cada individuo que incluye las coordenadas después de escalar y centrar y rotar y todas los valores  $Z(X,Y)$ , que tradicionalmente se denomina matriz L. Esta matriz puede reescribirse bajo la forma:

$$L_K^{-1} E_i = \lambda_i E_i$$

Donde  $E_i$  son vectores propios, las *partial warps*, e  $\lambda_i$  son valores propios, los *partial warps scores*, que aplicados a la conformación referencia (que podríamos considerar la configuración media de todos los individuos después de la superimposición: escalado, traslado y rotado) transforman ésta en cada deformación.

Los programas utilizados para estos análisis fueron:

TpsRegr program, (C) 1998, F. James Rohlf. SUNY. Version: 1.13

Tpsdig program, (C) 1996, F. James Rohlf. SUNY. Version 1.08

### 3.6.- CÁLCULO DEL FACTOR PARTICULAR DE ALOMETRÍA, $e^{\epsilon}$ .

Para poder comparar medidas de individuos con tamaños distintos mediante el MANOVA, es necesario eliminar el efecto de la talla y conservar el de la alometría. Es decir, comparar las variaciones progresivas que provoca la alometría.

Para que dos individuos sean comparables, no basta con una reducción proporcional de cada individuo para homogenizar sus tamaños. Esto sólo sería posible si la relación entre todas las partes del individuo fuese isométrica. Jordi Leonard (2000) propuso un método matemático sencillo, trabajando sobre cada ecuación de alometría de un individuo, que permitía neutralizar esos efectos y también la comparación entre individuos de una población con distintos tamaños. Leonard denomina al parámetro que obtiene para realizar la comparación “coeficiente de perfil particular”. El conjunto de éstos factores particulares, uno para cada par de medidas, uno por ecuación de alometría, sería indentificativo y propio de cada individuo independientemente de su tamaño.

Si la relación entre dos pares de medidas, viene expresada por la fórmula:

$$Y = \beta X^{\alpha}$$

Llamamos “factor de perfil” al coeficiente  $\beta$  y “potencia dimensional” al parámetro  $\alpha$ . Podemos, por conveniencia, considerar que  $\beta$  varía con el tamaño del cuerpo según la expresión:

$$\beta = bX^\gamma$$

en donde  $b$  es una constante, quedando la ecuación general como sigue:

$$Y = \beta X^\alpha = b X^{\gamma + \alpha}; \text{ donde } a = \gamma + \alpha$$

Hemos trasladado la variación de la forma del perfil desde  $\beta$  al exponente del factor de potencia  $\gamma$ , además,  $a$  y  $b$  son constantes que se pueden calcular mediante una regresión.

Desde el punto de vista de la morfometría consideraremos una población al conjunto de individuos que tienen en común un mismo patrón de alometría. Todos los individuos compartirán el mismo parámetro,  $a$ , pero las variaciones individuales del perfil, deben estar incluidas en el término  $b$ , que como hemos dicho antes será un factor constante y será lo que nos permita distinguir a cada individuo.

El modo simple de extraer este factor particular consiste en descomponer el factor de perfil  $b_i$  de cada individuo de la ecuación general de alometría,

$$Y = b X^a$$

de la forma:

$$b_i = b e^{\varepsilon_i}$$

Donde  $b$  sería el factor común de perfil de toda la población y  $e^{\varepsilon_i}$  sería el “factor de perfil particular” de cada individuo. La ecuación general de alometría podría reescribirse entonces como

$$Y = b X^a e^{\varepsilon_i}$$



de donde, una vez calculados o conocidos **a** y **b**,

$$\varepsilon_i = \ln(Y_i / b X_i^a)$$

para cada par de medidas, entre hitos, del individuo

Asumiendo esto, como  $e^{\varepsilon_i}$  es una constante, podríamos con un simple par de observaciones calcular para cada par de medidas este factor, que sería distintivo de cada individuo. Es decir, que, estando calculados correctamente los parámetros **b** y **a** podríamos utilizar el factor individual de perfil para calcular los pares de medidas particulares de cada individuo para un valor determinado y común de **X**. Lo haríamos recalculando la ecuación anterior en cada individuo del modo:

$$\hat{Y}_i = b X_0^a e^{\varepsilon_i}$$

Donde  $\hat{Y}_i$ , es el valor esperado de **Y** en el individuo **i** para un valor  $X_0$ . Repetido esto en todos los individuos de una muestra podemos ahora estudiar las diferencias del conjunto de medidas, puesto que se comparemos individuos llevados al mismo tamaño  $X_0$ , eliminando así el efecto que la alometría causa en las medidas según varía el tamaño de los individuos.

Para que el cálculo de **a** y **b** sea correcto, la regresión debe cubrir un rango de valores lo suficientemente amplio como para englobar todos los tamaños posibles del cuerpo en estudio.

Integrando estas dos últimas ecuaciones tenemos:

$$\hat{Y} = b X_0^a (Y_i / b X_i^a) ; \quad \hat{Y} = Y_i (X_0 / X_i)^a$$

Esto quiere decir que, conocido las ecuaciones de alometría de una población se puede calcular el valor esperado de cada medida para cada individuo y compararlos cuando todos tienen la misma magnitud teórica para la variable considerada como independiente.

### **3.7.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El tratamiento estadístico, ANOVA Y MANOVA, análisis de Componentes principales, Clusters y Regresiones se realizó con el programa SPSS versión 11.0 con licencia corporativa para el CSIC.

Tanto las medidas morfométricas, los parámetros de las ecuaciones de alometría y las puntuaciones resultantes de las salidas del programa TPSrelw fueron objeto de tratamiento estadístico.

Del mismo modo, los resultados de los análisis bioquímicos e índices corporales se analizaron con éste mismo paquete estadístico.

La normalidad de las variables se estudia mediante el test las pruebas de Kolmogorov-Smirnof

En los ANOVA se utiliza la t de Student para la comparación de medias. Cuando se detecta interacción en los análisis de dos vías se utiliza el estadístico de Newman-Keus.

El estadístico utilizado en los MANOVA es la Lambda de Wilks, que se contrastará en algunas ocasiones con la Traza de Hotelling y la Raíz de Roy. En las comparaciones múltiples se utiliza el test de Bonferroni que se corrobora mediante un Test de Tanhame en caso de que algunos grupos no cumplan el supuesto de homogeneidad de varianzas.

Para analizar las hipótesis nulas de que las configuraciones entre grupos son iguales, se utiliza el test MANOVA; para el estudio de la alometría y los

efectos del tamaño de los individuos en las configuraciones de los persiles, se aplicó el test MANCOVA.

Cuando existía covariación entre perfil y tamaño (después de escalar y centrar), lo que supone que existe alometría, se aplicaron modelos de regresión múltiple para el cálculo del peso. En casos de interacción entre los parámetros del perfil y el tamaño se identificaron las variables afectadas y se continuaron los análisis MANOVA y MANCOVA, con el resto de variables



#### **4.-RESULTADOS - PARTE I:**

### **EFFECTO DE LA TECNOLOGÍA DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES DE ENGORDE EN LA COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA Y EN LA MORFOMETRÍA DE LA DORADA**



#### 4.1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS PARCIALES

Sabemos por la bibliografía el efecto que la restricción del alimento tiene en el curso y resultado final del proceso de engorde de peces destinados a la producción comercial.

Un exceso de tejido adiposo puede llegar a comprometer no sólo la salud de los peces y un retraso en su crecimiento, si no también la pérdida de calidad del producto final que afectará tanto a su valor nutritivo, como a sus características organolépticas, y a su grado de conservación (Gjedrem, 1997; Einen y Skrede, 1998). Estos han sido los problemas en algunas producciones de peces, por lo que los productores han tenido que optar por someterlos a un período de ayuno antes de sacarlos al mercado (Bonnet *et al.*, 1996; Einen *et al.*, 1998).

En este apartado se plantearon estudiar los siguientes objetivos:

1.-comprobar si la restricción del alimento puede reportar algún beneficio al piscicultor, mediante el cálculo de las curvas de crecimiento, los parámetros de cultivo y el análisis de la composición bioquímica, asegurándonos que esta restricción no induce poblaciones bimodales;

2.-determinar si el estudio morfométrico de los individuos podría ser suficientemente potente para detectar diferencias de forma entre animales sometidos a distintas estrategias de cultivo y diferencias entre animales sometidos a una privación prolongada de alimento.

Los resultados obtenidos serán un paso previo para ulteriores aplicaciones, porque hasta ahora se había utilizado la morfometría para identificar distintas poblaciones dentro de una misma especie o individuos de distinto sexo, pero no para situaciones tan particulares como determinar un estado potencial de crecimiento.

## **4.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se realizaron dos experimentos: uno sobre el control de los parámetros metabólicos y otro sobre la morfología.

### **Animales y condiciones experimentales**

Durante un periodo de engorde de alrededor de 18 meses se realizó el seguimiento del proceso de cultivo de tres establecimientos comerciales situados en el marco geográfico regional del Instituto de Acuicultura Torre de la Sal: uno situado en el Delta del Ebro (AQUADELT S.A.), otro en la costa próxima al municipio de Les Cases d'Alcanar (LES CASES ACUICULTURA S.A.), al sur del mismo delta, y el tercero situado en L'Almetlla (CRIPESA), el más meridional, al norte del delta. El primer establecimiento utilizaba estanques excavados en tierra, aprovechando las instalaciones de una antigua salina, donde un sistema de bombeo realizaba la captación del agua desde un punto situado en uno de los canales del cono de deyección del delta. Los estanques donde se estabularon los peces de control tenían 30 metros de largo, por 15 de ancho y 1'2 de profundidad media. Las dos últimas piscifactorías realizaban el engorde en jaulas flotantes a una distancia comprendida entre 1'5 y 2'5 millas de la costa, y entre 18 y 26 metros de profundidad. Las jaulas flotantes, de red de desarrollo cilíndrico, tenían 12 metros de diámetro y 10 metros de fondo, con paso de malla inicial de 1cm, que fue cambiándose a tamaños de malla mayores, conforme crecían los animales para permitir la correcta circulación del agua.

En los tres establecimientos se utilizaron animales descendientes de la misma población de progenitores, pertenecientes a un establecimiento de cultivo larvario situado en la costa sur del Atlántico francés. Los pesos a la llegada de las granjas eran próximos a los 10 gramos. En las jaulas se estabularon 125.000



individuos en previsión de que al final del cultivo se obtuviesen densidades cercanas a  $30 \text{ kg} / \text{m}^3$ , con animales de 350 a 500 g, que es la talla comercial.

En todas las piscifactorías se utilizaron piensos comerciales con la misma composición: 50% proteína, 18% lípidos, 9% de cenizas y 11% de humedad.

Por otro lado en las instalaciones del instituto de Torre de la Sal se desarrolló y completó, con 400 animales de la misma procedencia, un ciclo de engorde que sirviera como referencia a los cultivos comerciales. Este lote se alimentó con piensos menos energéticos con composición: 45% proteínas, 12% lípidos, 10% de cenizas y 11% de humedad.

La estrategia de alimentación en las piscifactorías fue siempre *ad libitum*, añadiéndose pienso desde una embarcación o desde el borde del estanque, mientras se observase actividad de los animales. En el cultivo de referencia la estrategia de alimentación podemos denominarla restrictiva, tanto por la composición, menos energética de los piensos, como porque se alimentaron los animales suministrando pienso solo mientras se mantuviese en algunos animales un comportamiento competitivo por el alimento. Durante el período estival (junio a octubre) se suministró el alimento en dos tomas diarias, una próxima a las 9:00 horas y otra en las primeras horas de la tarde (De las 14:30 a las 16:00 horas). El resto del año se mantenía una única ración entre las 9:00 y las 10:00 horas.

Un mes antes de terminar el cultivo se separó un lote de 60 individuos en un acuario de 500 litros, que se alimentaron *ad libitum* durante un mes; al concluir el mes se sometieron a un ayuno de 20 días, con el fin de determinar, mediante el estudio morfométrico de imágenes digitales, si era posible encontrar diferencias en el perfil (silueta) de los animales antes y después del ayuno.

Cuando las granjas terminaron el cultivo para sacar los animales al comercio, se muestrearon de 30 a 50 animales para control de los parámetros anatómicos y bioquímicos, procediendo tal y como se ha indicado en el capítulo de Material y Métodos Generales, y para obtener las imágenes digitales de cada pez, imágenes destinadas al estudio morfométrico.

Con los datos ofrecidos mensualmente por las empresas se elaboraron las tablas y las gráficas de crecimiento. Del mismo modo, con datos mensuales se elaboraron las tablas y gráficos de crecimiento de los animales cultivados en el Instituto de Acuicultura para control y estudio estadístico de los mismos parámetros. En todos los casos los animales se manipularon después de anestesiar con Metasulfonato de triclaína (MS222. Sigma Co) diluido en agua de mar a razón de 1g por cada 10 litros (1:10.000). Pesados y medidos, los animales se sacrificaron después mediante sección medular a nivel occipital y se tomaron muestras de los homogenizados del pez completo, realizados con una trituradora industrial para uso alimentario. Estas muestras se liofilizaron en espera de realizar los análisis bioquímicos encaminados a determinar la composición aproximada del pez completo. Previamente se calcularon, a su vez, los distintos índices corporales.

### **4.3.- CURVAS DE CRECIMIENTO**

Para abordar el primer objetivo planteado se monitorizó el crecimiento como incremento del peso corporal, tal y como se realiza tradicionalmente en las explotaciones comerciales; además, se han monitorizado las curvas del desarrollo del crecimiento utilizando el coeficiente específico de crecimiento (SGR) y el coeficiente térmico de crecimiento (TGC) que no está tan sometido a las desviaciones que le impone el tamaño de los animales (Cho, 1992). Con esto podremos visualizar si existen diferencias en los procesos de engorde entre factorías y el grupo sometido a restricción de alimento cultivado en el IATS.

#### **4.3.1. RESULTADOS**

En la tabla 4.3.1.I se recoge el resumen de parámetros obtenidos en el cultivo realizado en el Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal; en ella destacan la ingesta instantánea diaria y la ingesta acumulada y, en la última la columna de la

derecha, el índice de conversión acumulado, que es, al final del cultivo, de sólo 1'56. Los datos de esta tabla se utilizaron para construir la gráfica de crecimiento de la figura 4.3.1.I, donde claramente se observa cómo, durante la primera fase del proceso de engorde, el crecimiento es mayor en las granjas que en el IATS. Hay una segunda fase donde el crecimiento se desacelera y, en las granjas, prácticamente se detiene, mientras que en el IATS mantiene un crecimiento aceptable en esta fase, que corresponde con la estación invernal.

**Tabla 4.3.1.I. Resumen del cultivo de dorada en el IATS.**

Fecha	T (Días)	Peso (g)	Ingesta (g/pez/día)	Ingesta (g/pez)	IC
23-06-96		10'01 ± 1'80			
23-07-96	30	22'79 ± 0'66	0'48 ± 0'06	12'69 ± 1'82	1'00 ± 0'05
11-09-96	80	46'84 ± 5'32	0'56 ± 0'12	37'41 ± 6'70	0'99 ± 0'05
29-10-96	128	75'98 ± 2'72	0'63 ± 0'04	63'98 ± 7'99	0'96 ± 0'21
29-11-96	159	90'03 ± 2'23	0'77 ± 0'01	84'80 ± 9'10	1'07 ± 0'01
30-01-97	221	102'44 ± 1'22	0'68 ± 0'01	124'81 ± 10'31	1'37 ± 0'20
27-02-97	249	111'39 ± 1'71	0'73 ± 0'01	143'71 ± 10'42	1'43 ± 0'01
06-04-97	287	115'67 ± 2'47	0'47 ± 0'01	159'26 ± 11'31	1'53 ± 0'50
07-05-97	318	130'07 ± 2'72	0'82 ± 0'01	181'97 ± 11'41	1'53 ± 0'08
03-06-97	345	142'19 ± 3'87	1'32 ± 0'02	213'76 ± 25'69	1'69 ± 0'17
25-06-97	367	171'56 ± 3'58	2'06 ± 0'01	254'17 ± 26'29	1'63 ± 0'03
14-07-97	386	210'21 ± 15'35	2'87 ± 0'01	305'46 ± 26'92	1'56 ± 0'03
04-08-97	407	253'80 ± 46'35	3'23 ± 0'02	370'54 ± 41'22	1'53 ± 0'02
01-09-97	435	331'87 ± 46'35	4'47 ± 0'02	484'16 ± 14'31	1'51 ± 0'04
24-10-97	488	455'35 ± 56'13	4'36 ± 0'03	692'52 ± 55'59	1'56 ± 0'04

En la tercera etapa, primavera-verano, el crecimiento se reactiva, pero ahora la gráfica del IATS muestra una pendiente claramente superior.

En la tabla 4.3.1.II podemos observar los parámetros resumidos elaborados con los datos presentados por las empresas.

**Tabla 4.3.1.II. Resumen de los parámetros finales de los cultivos en las granjas y en el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal**

	IC	SGR
IATS	1'56	0'65
GRANJA 1	2'20	0'64
GRANJA 2	2'37	0'68
GRANJA 3	2'50	0'68

El examen de las gráficas que monitorizan la progresión de las tasas de crecimiento, figura 4.3.1.II, nos muestra que, del mismo modo, el coeficiente térmico del crecimiento es mucho mayor en las granjas que en el IATS pero que durante el segundo verano, no alcanzan los mismos valores que en el primer verano, mientras que en la gráfica del cultivo del IATS sí se alcanzan valores semejantes en los dos veranos.

Observamos por tanto que, si bien el cálculo de los coeficientes de crecimiento (SGR, tabla 4.3.1.II) es similar en todos los cultivos, en cambio, no se desarrolla en el tiempo del mismo modo. En los cultivos industriales con alimentación a saciedad si bien el crecimiento, calculado a partir del peso, es superior en la primera estación estival, no es así en la segunda, mientras que en el cultivo con restricción de alimento se recupera las tasas de crecimiento del primer verano

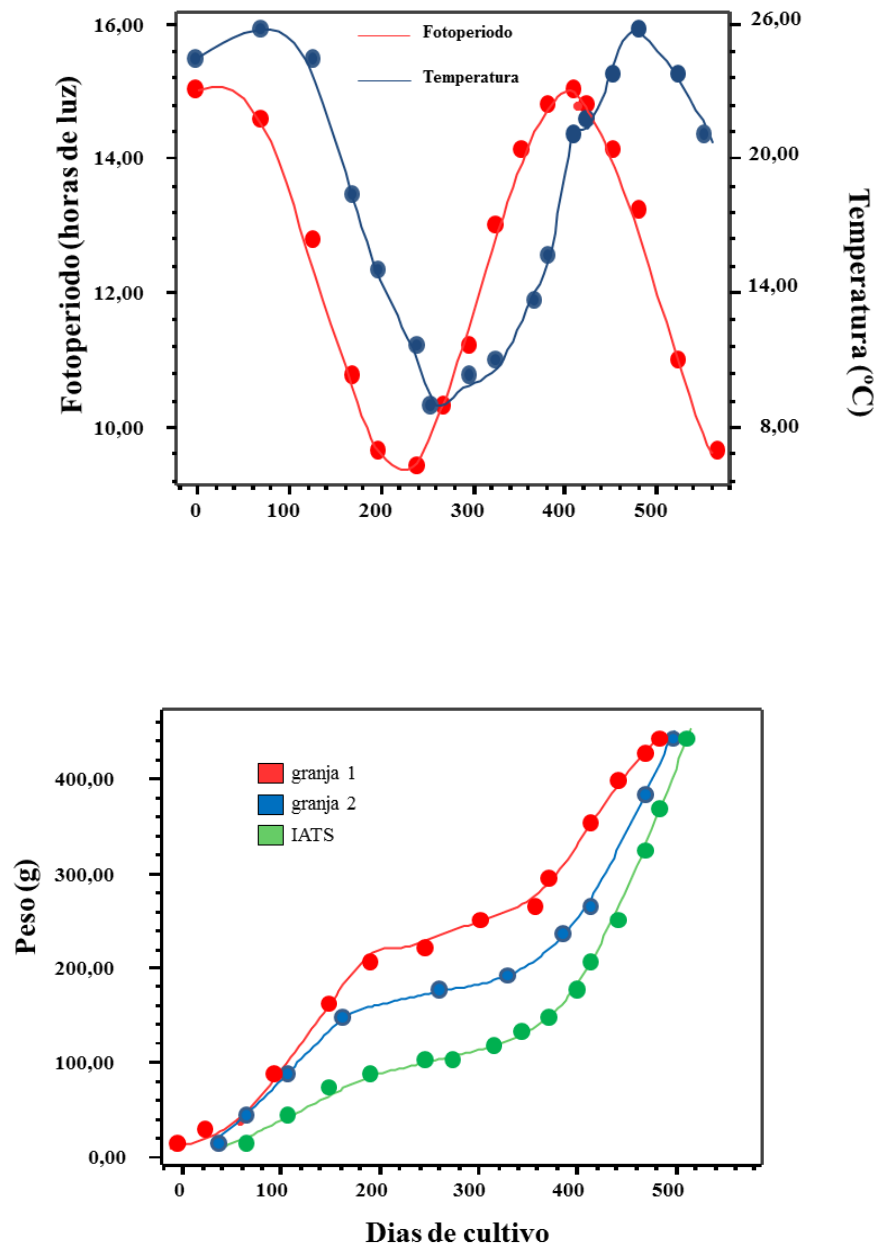


Figura 4.3.1.I. Gráficos de crecimiento en los distintos establecimientos

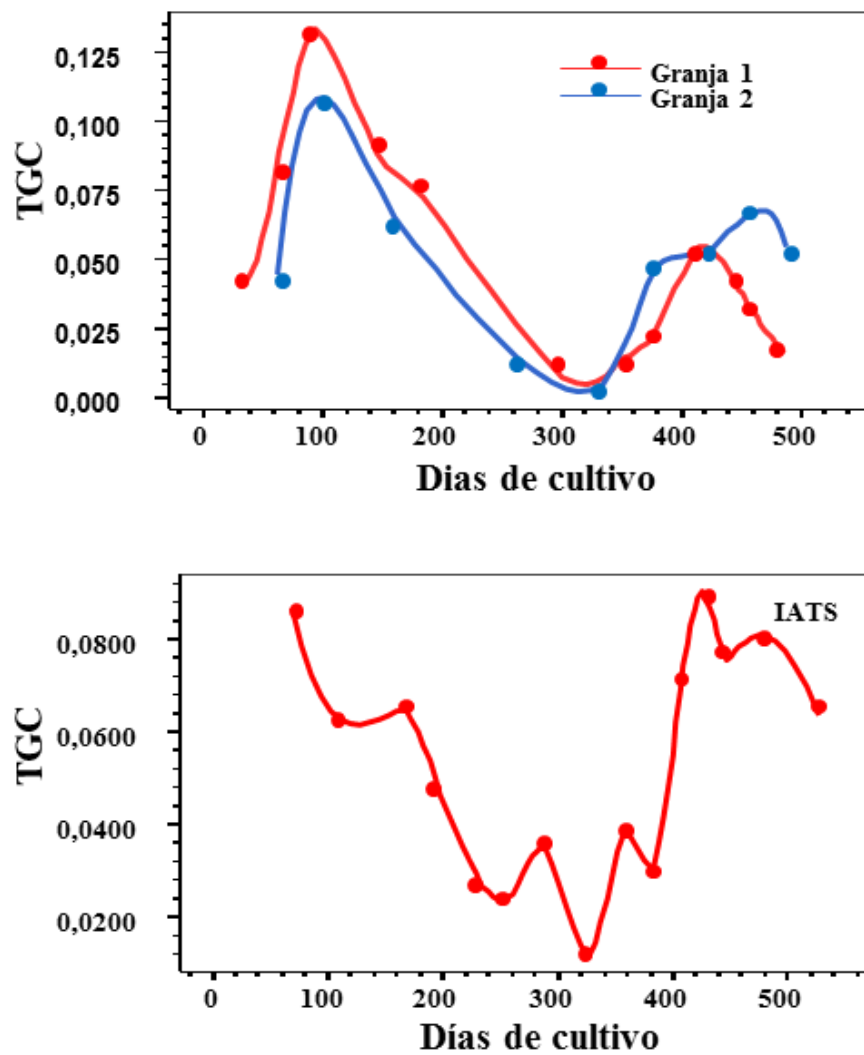
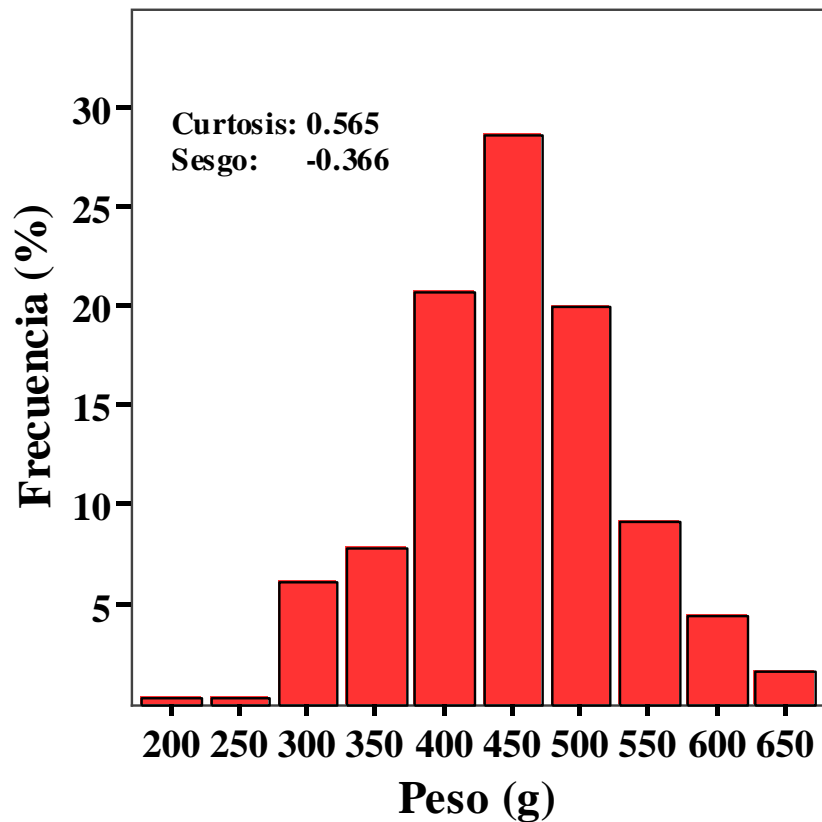


Figura 4.3.1.II. Parámetros de crecimiento en los distintos establecimientos

En la figura 4.3.1.III podemos observar como la distribución de pesos del cultivo realizado en el IATS, pese a la restricción del alimento, no presenta ninguna desviación acusada de una curva normal, como suele ser frecuente en las poblaciones donde escasea el alimento y donde aparecen distribuciones bimodales (Thorpe *et al.*, 1982; Metcalfe *et al.*, 1989; Nicieza *et al.*, 1991).



**Figura 4.3.1. III. Distribución de frecuencias del peso de la población al final del cultivo en el Instituto de Acuicultura Torre de la Sal.**

**Tabla 4.3.1.III. Prueba de igualdad de varianzas.  
Contraste de Levene.**

---

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PESO	6'638	2	128	0'002
TALLA	5'663	2	128	0'004
K	0'994	2	128	0'373

**Tabla 4.3.1.IV. ANOVA entre los distintos establecimientos para las variables peso y talla**

	Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PESO	Inter-grupos	125058'031	2	62529'016	17'018	0'000*
	Intra-grupos	470322'289	128	3674'393		
	Total	595380'321	130			
TALLA	Inter-grupos	7'000	2	3'500	2'487	0'087
	Intra-grupos	180'162	128	1'408		
	Total	187'162	130			
K	Inter-grupos	2'507	2	1'253	24'095	0'000*
	Intra-grupos	6'658	128	0'52		
	Total	9'165	130			

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0'05

**Tabla 4.3.1.V. ANOVA entre los distintos establecimientos incluido el IATS para las variables peso y talla**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PESO	Inter-grupos	440713'013	3	146904'338	47'974	0'000*
	Intra-grupos	692055'461	226	3062'192		
	Total	1132768'474	229			
TALLA	Inter-grupos	174'232	3	58'077	47'017	0'000*
	Intra-grupos	279'165	226	1'235		
	Total	453'397	229			

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0'05

**Tabla 4.3.1.VI. Comparaciones múltiples entre los distintos establecimientos para peso (g), talla (cm) y K. Test de Tanhamne**



**para Peso y Talla y Test de Bonferroni para K**

Variable	GRANJA	GRANJA	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.
PESO	1'00	2'00	71'5711(*)	12'92688	0'000
		3'00	15'8605	13'07295	0'448
	2'00	3'00	-55'7106(*)	12'92688	0'000*
TALLA	1'00	2'00	0'5064	0'25300	0'116
		3'00	0'0419	0'25586	0'985
	2'00	3'00	-0'4645	0'25300	0'162
K	1'00	2'00	0'3107(*)	0'04864	0'000*
		3'00	0'0435	0'04919	1'000
	2'00	3'00	-0'2671(*)	0'04864	0'000*

\* La diferencia entre las medias es significativa al nivel 0'05

Los ANOVA referentes al peso y talla dieron diferencias significativas respecto al peso en los distintos establecimientos, pero no referente a la talla. Los valores de la F se recogen en la tabla 4.3.1.IV.

Cuando se incluyen los animales del instituto de acuicultura de Torre de la Sal las diferencias son significativas respecto a la talla y el peso entre los animales del centro y cualquiera de los establecimientos (tabla 4.3.1.V).

El ANOVA resulta significativo con valores F de 47'974 y  $p=0'00$  cuando se compara el peso, y de 47'017 y  $p=0'00$  cuando se compara la talla.

Los test de comparaciones múltiples (Bonferroni para el factor de condición y Tanhamne para las tres variables) mostraron, entre los establecimientos, diferencias significativas entre el peso de la granja 2 y los pesos de las otras dos granjas (ver tabla 4.3.1.VI).

Los peces al final del cultivo en el IATS fueron, de media, 1'9 cm menores que los muestreados de granja 1, 1'4 cm menores que los muestreados de la granja 2 y 1'8 cm menores que los muestreados de la granja 3; pero la media de peso es 100 g, 33 g y 88 g menor que la medias de peso de las granjas 1, 2 y 3 respectivamente.

## **4.4.- COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA**

La diferencia de régimen alimenticio podría inducir en los animales diferencias en la composición bioquímica debido al distinto destino de la energía ingerida. Es necesario tener datos de composición para poder entender el uso de la energía en los procesos de crecimiento y engorde. En este apartado estudiaremos los cambios de composición bioquímica entre los animales sometidos a las distintas estrategias comerciales de engorde.

### **4.4.1. RESULTADOS.**

La tabla 4.4.1.II nos muestra las diferencias entre los valores de agua tisular de los animales sometidos a un régimen restringido y los alimentados a saciedad, con un nivel de significación ( $p < 0.05$ ). Los niveles de hidratación son mayores en los animales engordados en el IATS que en los animales engordados en las granjas. El mismo resultado se obtiene en el contenido graso.

Los índices viscerosomáticos y hepatosomáticos también indican una tendencia, con diferencias significativas en una de las granjas, a aumentar su valor con el contenido en grasa; esto es debido al acúmulo de grasa, para el primer índice, y al mayor volumen del hígado propio de los regímenes de alimentación ricos en lípidos, para el segundo. También cabe resaltar que no hay diferencias significativas los valores de las proteínas entre los tres regímenes.

**Tabla 4.4.1.II. Composición general de los peces de talla comercial cultivados en condiciones de laboratorio (IATS) y ganaderas (GRANJA 1, GRANJA 2). Cada valor representa la media  $\pm$  el error típico de 20-30 peces. Letras diferentes indican diferencias significativas entre modos de cultivo ( $P < 0'05$ ).**

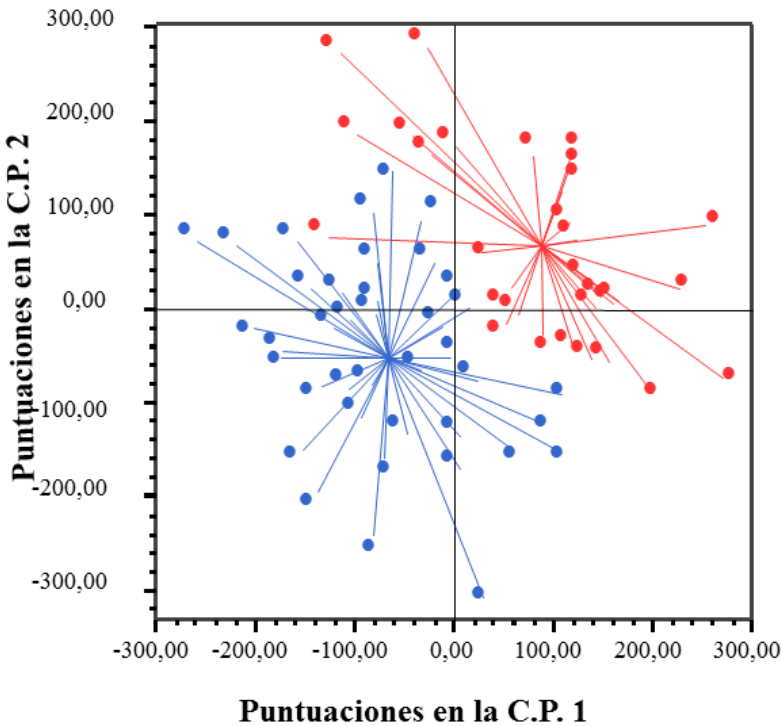
	IATS	GRANJA 1	GRANJA 2
Agua (%)	63'38 $\pm$ 0'31 <sup>b</sup>	60'36 $\pm$ 0'49 <sup>a</sup>	59'88 $\pm$ 0'42 <sup>a</sup>
Proteínas (%)	18'01 $\pm$ 0'22	17'50 $\pm$ 0'24	17'53 $\pm$ 0'14
Lípidos (%)	12'90 $\pm$ 0'45 <sup>a</sup>	15'70 $\pm$ 0'56 <sup>b</sup>	16'14 $\pm$ 0'39 <sup>b</sup>
Cenizas (%)	5'20 $\pm$ 0'34	6'25 $\pm$ 0'45	5'42 $\pm$ 0'14
IVS (%) <sup>1</sup>	5'76 $\pm$ 0'20 <sup>a</sup>	6'27 $\pm$ 0'32 <sup>ab</sup>	6'67 $\pm$ 0'26 <sup>b</sup>
IHS (%) <sup>2</sup>	1'24 $\pm$ 0'05 <sup>a</sup>	1'35 $\pm$ 0'07 <sup>a</sup>	1'74 $\pm$ 0'06 <sup>b</sup>

#### 4.5. MORFOMETRÍA

Hasta ahora se habían utilizado los estudios de morfometría para distinguir individuos de distintas especies, poblaciones de distinto ámbito geográfico o diferencias de forma determinadas por el sexo. En esta ocasión, con animales de la misma especie y sin referencias al sexo, dentro de la fase juvenil, se pretende constatar la capacidad de discriminación mediante el análisis del perfil entre individuos sometidos a procesos que implican actuaciones agudas sobre el metabolismo, como es el ayuno, y en actuaciones de tipo crónico, como son las distintas estrategias industriales de alimentación de cultivo. Esta discriminación supone un paso previo para la utilización de los estudios morfométricos como herramienta para el control del desarrollo de los cultivos comerciales de peces, en éste caso de la dorada.

#### 4.5.1. RESULTADOS

Cuando se realiza el estudio de componentes principales de las deformaciones parciales a partir de las distancias procrustes entre los animales antes y después de someterlos al ayuno, aparecen diferencias significativas en la distribución de los animales ( $P < 0,05$ ), tanto gráficamente como tras el análisis de varianza de las puntuaciones en los ejes (figura 4.5.1.I).

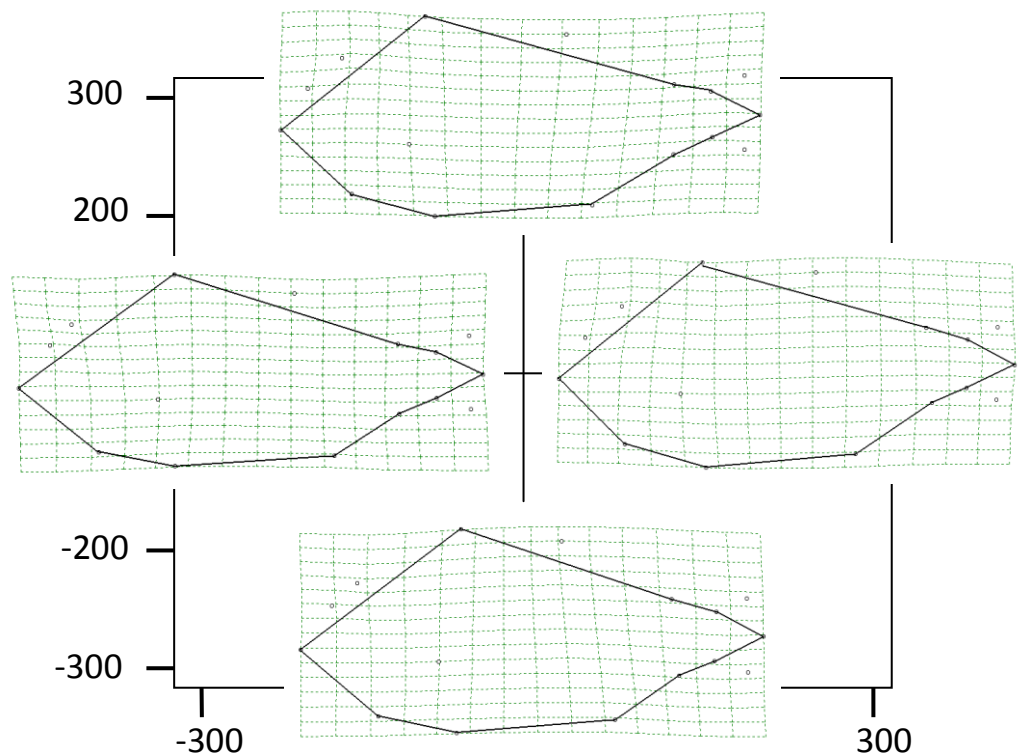


**Figura 4.5.1.I. Distribución de las puntuaciones de los individuos sobre los ejes de componentes principales antes (en rojo) y después del ayuno (azul).**

En la figura 4.5.1.II se muestran los perfiles teóricos en los extremos de los ejes, según el mismo análisis realizado mediante TPSRELW, y en la figura 4.5.1.III los perfiles del animal centroide antes y después del tratamiento.

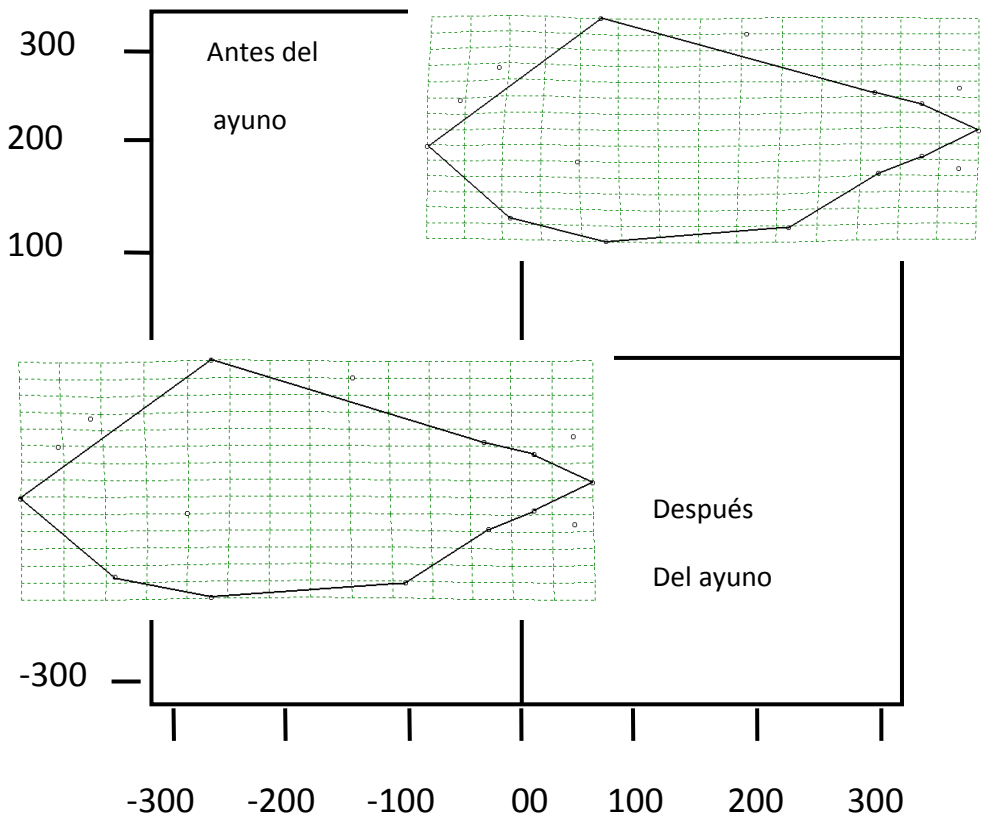
Podemos observar como el extremo izquierdo del eje de abscisas recoge perfiles de animales con cabeza prominente, relativamente grande frente al cuerpo y tronco afilado hacia atrás, mientras que en el extremo positivo se muestran los perfiles de animales con tronco de mayor grosor y mayor tamaño relativos.

En el eje de ordenadas la tendencia es que aparezcan en el extremo positivo animales de mayor amplitud en la zona dorsal y cabeza relativamente menor, frente a animales de mayor amplitud de la zona ventral en los perfiles, en la región del extremo negativo.



**Figura 4.5.1.11 Perfiles de los individuos antes y después del ayuno en los extremos de los ejes de C.P.**

La observación de los perfiles consenso de los animales antes y después del ayuno nos permite visualizar el efecto que el periodo de inanición produce: una imagen de individuo “cabezón”, debido a la pérdida de masa en el tronco, a pesar de mantener un abdomen relativamente abultado por la poca movilización de la grasa visceral; al observador le puede parecer incluso, que el animal está “gordito”.



**Figura 4.5.1.III. Perfiles de los individuos medios (individuo consenso o centroide) antes y después del ayuno**

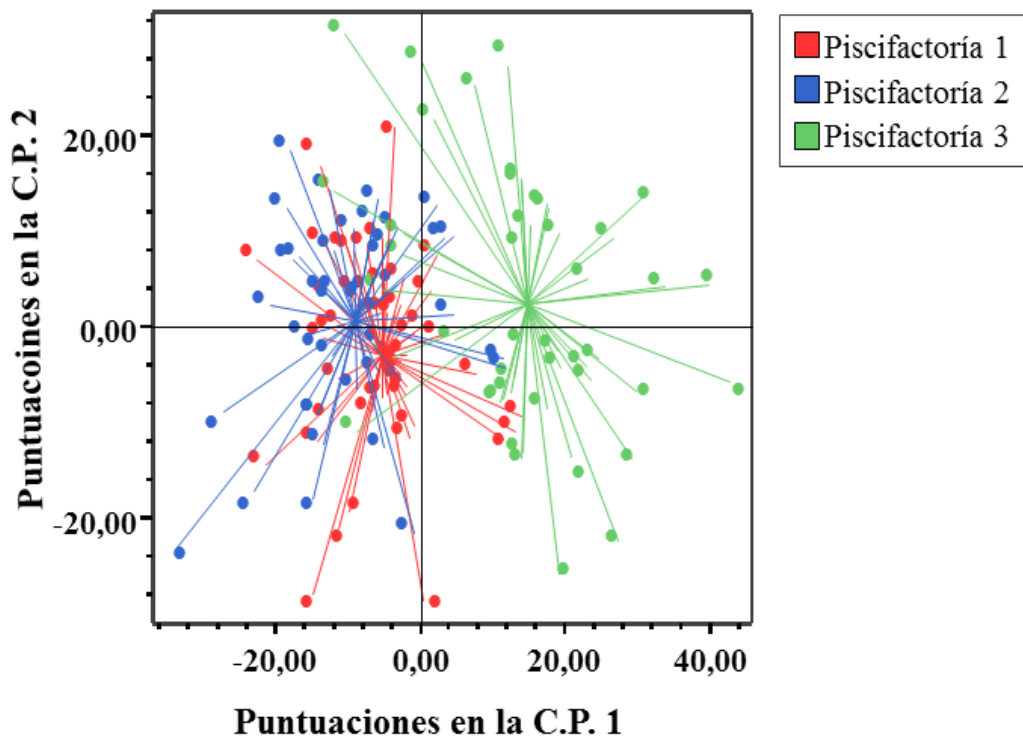
El análisis multivariante de la varianza de las puntuaciones de cada individuo muestra diferencias altamente significativas en los perfiles de los animales (ver tabla 4.5.1.I) independientemente de la prueba que se utilice. La misma figura 4.5.1.I ya nos aproxima a ver las diferencias significativa en las dos puntuaciones, a pesar de que los perfiles de los centroides de los dos grupos son, a simple vista, prácticamente iguales, como se observa en la figura 4.5.1.III.

**Tabla 4.5.1.I. MANOVA de las puntuaciones de los individuos de antes y después del ayuno..**

Factor		Valor	F	g.l.	g.l. error	Sig.
Independiente	Lambda de Wilks	0'967	1'115	2	66	0'334
	Raíz mayor de Roy	0'034	1'115	2	66	0'334
AYUNO	Lambda de Wilks	0'335	65'524	2	66	0'000
	Raíz mayor de Roy	1'986	65'524	2	66	0'000

Diseño: Intersección+Efecto ayuno

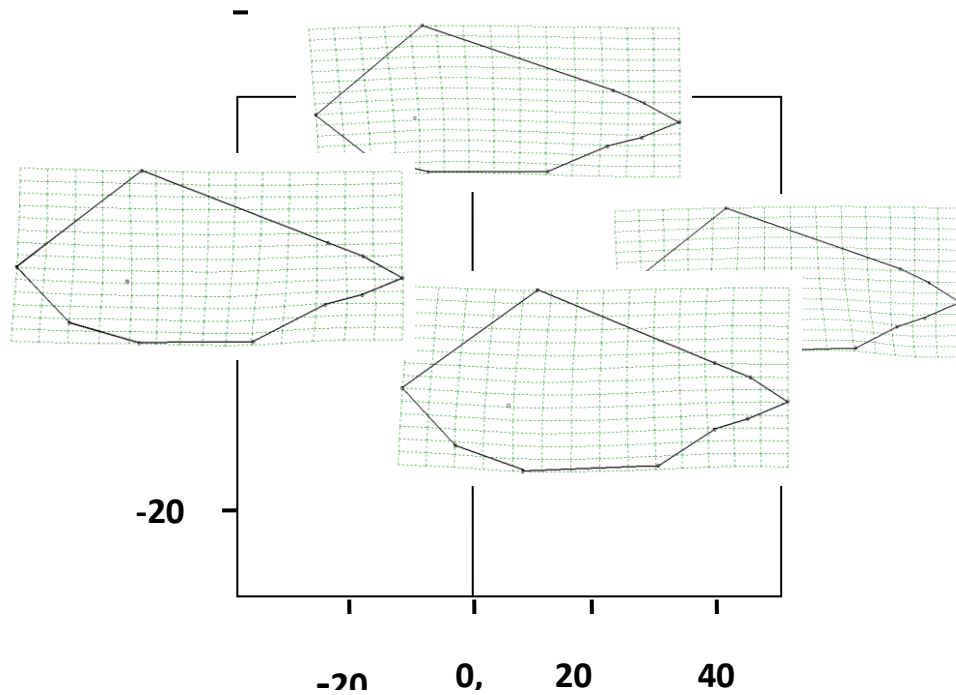
El mismo tipo de análisis en los animales muestreados en los establecimientos comerciales nos ofrece también diferencias significativas. En la figura 4.5.1.IV vemos como el diagrama de dispersión de las puntuaciones sobre los ejes de componentes principales nos ofrece claras diferencias entre los animales en función de su origen. Los animales procedentes del establecimiento 3, cultivados en jaulas, son distintos de los otros dos, independientemente de que hayan sido cultivados en estanques (establecimiento 1), o en jaulas (establecimiento 2). Habría que precisar que la diferencia en los perfiles en este grupo de animales no depende del tipo del cultivo ya que no son los dos cultivos realizados en jaulas los más próximos. Las diferencias se deberán a otros factores distintos al tipo de estabulación.



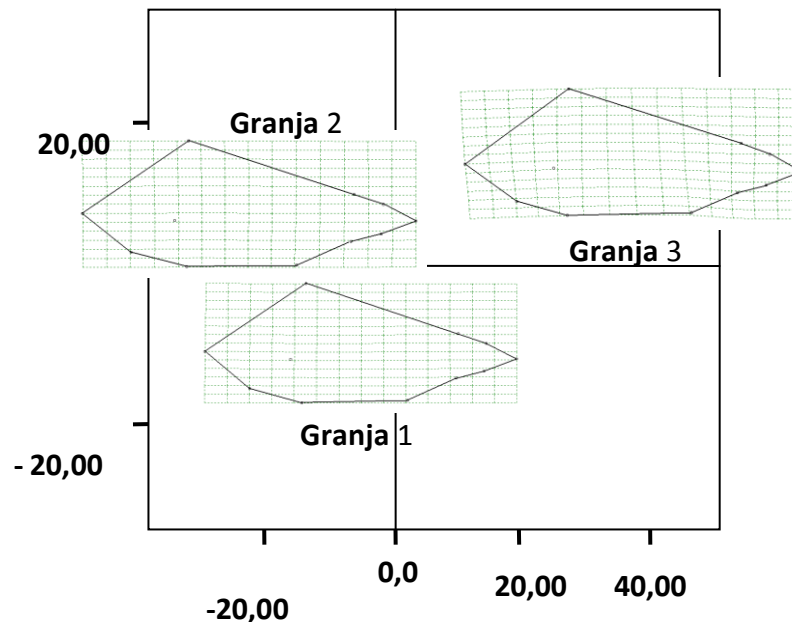
**Figura. 4.5.1.IV. Diagrama de dispersión de las puntuaciones en los ejes de componentes principales de los animales al final del cultivo comercial.**

La figuras 4.5.1.V y 4.5.1.VI muestran las tendencias de los perfiles de los animales y el perfil teórico del individuo centroide de cada establecimiento. Como en los casos anteriores, a simple vista, las diferencias morfológicas son mínimas.





**Figura. 4.5.1. V. Representación de los perfiles de los individuos en los extremos de los ejes de Componentes Principales (“Relative warps”) obtenidos mediante el programa TPSRELW de los peces cultivados en las tres piscifactorías.**



**Figura 4.5.1.VI Representación de los perfiles medios (centroides) de cada granja sobre los ejes de Componentes Principales**

Los análisis de varianza de las puntuaciones de las deformaciones relativas también muestran las diferencias significativas tanto con Lambda de Wilks como con la traza de Hotelling (Los valores se recogen en las tablas 4.5.1.III y IV). El test de Bonferroni y la T de Tamhane T (tabla 4.5.2.IV) nos muestra cómo las diferencias entre la granja 3 y las otras dos son significativas en el eje RW1 y que en el eje RW2 no lo son.

**Tabla 4.5.1.II. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas del error.**

	F	gl 1	gl 2	Sig.
C.P.1	3'771	2	128	0'26
C.P.2	3'068	2	128	0'50

**Tabla 4.5.1.III. MANOVA de las puntuaciones de los individuos de cultivados en los distintos establecimientos.**

Efecto		Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Significación
Intedependiente	Lambda de Wilks	1'000	0'006	2	127	0'994
	Traza de Hotelling	0'000	0'006	2	127	0'994
GRANJA	Lambda de Wilks	0'460	30'099	4	254	0'000
	Traza de Hotelling	1'150	36'211	4	252	0'000

Diseño: Intersección+GRANJA

**Tabla 4.5.1. IV. Comparaciones múltiples “post hoc” de las puntuaciones de las deformaciones relativas entre los distintos establecimientos. (#)Test de Bonferroni. (+)Test de Tamhane**

PUNTUACION	GRANJA	GRANJA	Error típ.	Significación
EN CP1(+)	1	2	0'002179	0'230
		3	0'002179	0'000
	2	3	0'002204	0'000
EN CP 2(#)	1	2	0'002420	0'473
		3	0'002420	0'104
	2	3	0'002447	1'000

Basado en las medias observadas.

\* La diferencia de medias es significativa al nivel 0'05.

#### 4.6.- DISCUSIÓN

Parece claro que la restricción de la alimentación mejora considerablemente la conversión del alimento a expensas de una muy ligera reducción de los parámetros de crecimiento, cuando éste se estima a partir del peso final (SGR o TGC). Esto se debe considerar como una enorme ventaja cuando se habla de sostenibilidad de los establecimientos ganaderos, en especial de los piscícolas, pues no solo se produce un ahorro económico y energético al reducir las cantidades de pienso empleadas, sino también sobre los restos de pienso y heces que se acumularían en el lecho marino (Silvert, 1992; Silvert *et al.*, 1995).

Esta mejora en la conversión del alimento en los establecimientos comerciales se logra de dos maneras: evitando las pérdidas de pienso no ingerido en las piscifactorías y por la mejor conversión real de biomasa en los peces con la pauta de alimentación restringida, como lo refleja el análisis bioquímico realizado a los animales; un exceso de alimentación de los animales de las granjas queda manifiesto en un mayor grado de engrasamiento y mayores índices

hepatosomático y viscerosomático, que es lo que indican los análisis bioquímicos y biométricos realizados.

Normalmente en las industrias españolas se trabaja con el parámetro “SGR”, coeficiente específico de crecimiento, como principal descriptor del crecimiento de los animales, pero tiene el inconveniente de sobrevalorar el crecimiento cuando se utiliza como predictor y está influenciado por el peso instantáneo de los animales, es decir, tiene una deriva positiva (Cho, 1992; Jobbling, 1983). Cuando nosotros valoramos el crecimiento usando el parámetro “TGC” aprovechamos la ventaja que éste presenta, por su independencia respecto del tamaño del animal, de modo que, teóricamente, en condiciones no restrictivas de crecimiento, sólo se verá influenciado por los parámetros ambientales, la calidad y cantidad del alimento y el estado fisiológico de los animales. Por eso, cuando comparamos las curvas de crecimiento de la figura 4.3.1.II observamos rápidamente cómo en el cultivo realizado en el IATS recupera en el segundo período estival los niveles de crecimiento del primer verano, cuando los animales eran alevines, mientras que los animales que proceden de los establecimientos industriales quedan lejos de recuperar las tasas de crecimiento del primer período veraniego, que es cuando desarrollan su crecimiento con mayor velocidad.

Si observamos los gráficos de crecimiento de la figura 4.3.1.I podemos notar como las curvas de las dos granjas tienen un primer período estival de crecimiento mucho mayor que el del IATS, logrado en gran medida por la gran disponibilidad de alimento y energía, al tratarse de una estrategia de alimentación “ad libitum”; pero también durante el primer invierno el crecimiento se ralentiza tanto que prácticamente desaparece, mientras que en los animales del IATS, aunque se ralentiza, el crecimiento es mayor que en las granjas.

Esta situación se invierte en el segundo período estival, donde los individuos del IATS mantienen una mayor velocidad de crecimiento, como se observa tanto en la curva de desarrollo del peso de la figura 4.3.1.I, como en la descripción del desarrollo del TGC de la figura 4.3.II. Es decir, que aunque la

tasa de crecimiento global sea similar, los cultivos se distinguen por el modo en que se desarrolla este crecimiento, por el modo en que los animales asimilan la energía para formar biomasa.

Debemos considerar de ahora en adelante que existe un crecimiento que no siempre se acompaña de un incremento de peso (por procesos de hiperplasia, por ejemplo), y que la valoración del crecimiento considerando solamente el peso o los parámetros derivados (SGR y TGC) podría llevarnos a consideraciones erróneas. (Nathanairides *et al.*, 1996; Valente *et al.*, 1999; Watherlei *et al.*, 1998).

De algún modo la restricción del alimento, especialmente en el primer verano, acerca a los animales a una situación más parecida a la que encontrarían en el estado salvaje, para la que han desarrollado una verdadera adaptación fisiológica, que no han desarrollado para situaciones de exceso de disponibilidad de alimento. Por tanto, la restricción del alimento y la energía ingerida permite situar a los peces en la zona del “rango óptimo adaptativo”, que a la larga es más eficaz que el intentar conseguir siempre las condiciones de “máximo crecimiento” para engordar a corto plazo. Este factor debe ser tenido en cuenta a la hora de realizar ensayos de la eficacia de los piensos y otros experimentos de alimentación (Jobbling, 1983), porque normalmente se evalúan sin restricción de alimento y en períodos cortos a temperaturas relativamente elevadas o en período estival.

Podríamos mantener, como Company *et al.* (1999) y Pérez *et al.* (2002), que existe un engrasamiento tan grande durante la primera fase del crecimiento que se va a producir un ayuno metabólico que va a durar gran parte del segundo período de crecimiento; esto va a comprometer la rentabilidad global de la estrategia de alimentación que lleva denominándose en argot comercial “turbofeeding”, es decir, la alimentación *ad libitum* con pienso de alto contenido energético. La explicación de porqué los peces sometidos a restricción alimenticia mantienen actividad y mayor crecimiento en invierno puede encontrarse en que no se ven forzados no pasan por una situación de ayuno metabólico sino que

mantienen la necesidad de una ingesta que suministre energía y nutrientes; el crecimiento no se refleja en el aumento de peso, pero sí en la modelación somática, como puede ser la actividad celular hiperplásica en los individuos muy jóvenes. (Veggetti *et al.*, 1990; Higgins and Thorpe, 1990)

Durante la segunda fase de crecimiento los individuos del IATS tendrían que recuperar, mediante procesos que podemos incluir en el denominado crecimiento compensatorio, el estado potencialmente normal determinado genética y ambientalmente, mediante procesos de hipertrofia. De modo que si el racionamiento no ha sido tan agudo que haya impedido los procesos celulares normales, las células tenderán a recuperar el estatus que genéticamente tienen asignado y a mantener sus velocidades de división.

Uno de los mayores riesgos del racionamiento de la alimentación es favorecer a aquellos individuos más competitivos y producir dispersiones en la población con curvas con una marcada asimetría negativa, reflejo de dos poblaciones superpuestas. La distribución de frecuencias del peso muestra claramente, en nuestro, el tipo de distribución cerrada sobre la media, como una población muy uniforme.

Sospechamos que todos estos procesos tendrán su reflejo en la morfología global del animal, donde también se sucederán procesos de elongación y masificación, del mismo modo que se suceden la hiperplasia y la hipertrofia celulares.

El experimento de ayuno pone de manifiesto que diferencias aparentemente sutiles a simple vista quedan netamente manifiestas cuando se someten los individuos al análisis morfométrico. La gráfica de dispersión de las puntuaciones de las “deformaciones relativas” (Figura 4.5.1.I) muestra la segregación de las dos morfologías; su análisis de varianza altamente significativo demuestra que, al menos en el primer momento, pueden utilizarse las técnicas morfométricas para estudios de tipo nutricional o de crecimiento con especímenes de la misma población.

Si observamos con detalle la figura 4.5.1.II, en el eje de abscisas, las líneas verticales de la parrilla en la zona de la cabeza y la cola del pez se desvían hacia los extremos en los animales antes del ayuno, mientras que después del ayuno (parte negativa del eje) se desvían hacia el centro indicando una especie de “vaciado” corporal, que se visualiza como un aparente desplazamiento hacia atrás de la base de la aleta pectoral. Observando la parrilla en el eje de ordenadas vemos como la zona del ayuno (también parte negativa del eje de ordenadas) parece suceder un acortamiento de la zona dorsal y, en la zona ventral, un estiramiento aparente producido por el adelgazamiento sin dejar de crecer (recordemos que las figuras están normalizadas para tener un tamaño de centroide igual a 1 para fijarnos únicamente en el perfil).

Pero estas modificaciones en los perfiles de los animales se traducen en muy sutiles cambios que apenas si logran diferenciar unos individuos de otros. En conclusión, aunque las modificaciones del perfil sean casi inapreciables a simple vista, estadísticamente, el estudio morfométrico es eficaz para detectar este tipo de modificaciones en la silueta de los peces, y por tanto posibilita su utilidad en una futura transferencia a la aplicación tecnológica.

Los resultados gráficos y estadísticos sobre las poblaciones de peces cultivados en distintos establecimientos y con distintas infraestructuras indican que, en principio, la morfología que adquiere un pez al final del cultivo, aunque se ve influenciada por el tipo de estrategia de alimentación y de infraestructura depende más bien de un estado fisiológico en el proceso de crecimiento.

Esto viene apoyado por varios hechos:

En primer lugar los perfiles de animales de las granjas 1 y 2 cultivados en estanques y en jaulas respectivamente son más parecidos entre sí que con los de la granja 3, que han sido cultivados en jaulas, cuando lo lógico fuese que las distancias entre las granjas 1 y 3 fuesen menores.

Por otro lado este razonamiento apoya el hecho de que las diferencias entre las distintas granjas no sean significativas a nivel de talla, sino sólo a nivel

de peso, lo que implica una asimilación distinta de los nutrientes que no es función del modo de cultivo sino de algún otro factor.

Y, tercero, que los análisis de varianza muestran, precisamente, que las diferencias significativas de peso se producen entre aquellos animales que más se parecen, es decir, entre los cultivados en la granja 1 y en la granja 2, que son los más parecidos en forma. Además, los análisis de composición bioquímica no aclaran mucho esta situación sino que ratifican que la peor conversión del alimento no se debe al derroche de alimento sino a factores metabólicos.

También deberíamos considerar que cuando se evalúa el peso de los animales como variable dependiente en los análisis de varianza, sólo podremos aceptar diferencias significativas cuando no haya diferencias en las tallas o que las dos variables sean significativamente mayores o menores a la vez. Por ejemplo, dos grupos de animales presentan diferencias significativas en el peso, pero sus tallas no son iguales; podría darse el caso de que el grupo con menor peso pueda tener mayor talla en algún momento concreto porque ha destinado su energía a la hipertrofia, al crecimiento en longitud. Del mismo modo podría darse la situación de que animales con idéntica K no hayan crecido lo mismo.

Esto parece indicar una capacidad anabólica con un máximo que depende, en condiciones ambientales óptimas, de características propias de la especie y, en último término, de cada individuo. Es decir que podremos mejorar el crecimiento dentro de las capacidades de la especie. El suministro de energía por encima de estas capacidades no se va destinar al crecimiento sino que se acumulará como grasa o elevará el metabolismo basal produciéndose un dispendio energético y una situación de “estrés metabólico” (Nathanairides *et al.*, 1996)



**5.- RESULTADOS. PARTE II:**

**LA MORFOMETRÍA Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE ENGORDE**



## 5.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Se había observado en anteriores experimentos que cuando se calcula con mucha proximidad, por ejemplo cada 7 días, los parámetros de conversión del alimento y crecimiento específico, los valores oscilaban enormemente y que a una conversión muy buena, que se aproximaba a valores  $IC=1$ , seguía otra, 7 días después, con valores cercanos a 2, en animales alimentados a saciedad sin apenas cambios de ingesta. Esto parece indicar que la energía adquirida con la ingesta no se destina del mismo modo en cada momento o no contribuye al crecimiento de un modo continuo sino que hay una alternancia entre la ganancia de peso y la estabilidad, y que a lo largo del año se suceden períodos donde el crecimiento es rápido y luego se estabiliza, también dentro de la misma estación. ¿Qué sucede? ¿Puede ser esto un reflejo de la alternancia de hiperplasia e hipertrofia o del llenado y utilización de los depósitos grasos?

En una serie de experimentos realizados por Martí-Palanca y Pérez-Sánchez en 1996, algunos de cuyos datos se recogen ahora en la tabla 5.I, se puede comprobar cómo para una determinada cantidad de energía vehiculizada como grasas, la ingesta disminuye cuando aumenta la proporción de proteína en el alimento, si se les deja a los animales alimentarse *ad libitum*; y también, que para una determinada cantidad de proteína en la dieta, no se aprecian diferencias significativas en la ingesta cuando se aumenta la cantidad de lípidos. Estos datos parecen sugerir que la ingesta de proteína determina la ingesta total alimento que consume el individuo durante ésta experiencia.

Por otra parte, también se observa que no hay diferencias sustanciales significativas en la composición corporal referida a energía acumulada por unidad de peso ni en proporción de proteína, sino solamente al contenido lipídico.

Como principal objetivo se pretende establecer un criterio para el uso del análisis morfométrico en acuicultura, para que sirva:

- como instrumento de ayuda en la toma de decisiones de las estrategias de alimentación,
- como instrumento de control de la calidad de la aplicación de dichas estrategias y
- como utensilio predictor de los crecimientos esperados en el proceso de engorde.

Se incidirá en el estudio de las estrategias de alimentación restringida, una vez visto las posibles ventajas de este tipo de estrategia en el capítulo anterior. Así mismo se querían conocer los momentos más indicados para iniciar un proceso de engorde, en función del crecimiento estacional propio de los peces de climas templados.

Los estudios morfométricos realizados hasta el momento incidían sobre todo en las diferentes direcciones de alometría que distinguen especies entre sí o bien variedades geográficas dentro de una misma especie, pero no se han abordado estudios morfométricos como indicadores del estado de crecimiento de individuos del mismo grupo progenitor de una misma especie.

Según Leonart (1992) se podrían calcular parámetros propios de cada individuo, parámetros que estuviesen libres el efecto alométrico, que podría dar diferencias de forma entre individuos o grupos solamente por haber elegido para su medida momentos distintos del crecimiento; es decir, que si hubiese muestreado los individuos con la misma edad o en el mismo estadio no se habrían encontrado diferencias; o a la inversa, podría no detectarse, por exceso de variabilidad intragrupo, diferencias entre grupos. El cálculo de desviaciones multiplicativas al modelo de alométrico de Huxley propuesto por Leonart, como hemos visto en el capítulo de Material y Métodos, supondría disponer de unos

parámetros característicos de cada pez independientes de su tamaño y, por tanto, libres del efecto alométrico.

Esto es cierto desde el punto de vista teórico, suponiendo que el crecimiento es continuo; pero, si como ocurre realmente, el crecimiento es una línea quebrada donde alternan períodos de elongación en distintas dimensiones en el espacio tridimensional, estas desviaciones multiplicativas,  $\varepsilon$ , incluirían, además, las desviaciones puntuales del momento concreto del muestreo del individuo. Entonces, estas desviaciones deberían estar correlacionadas de tal modo que se mantuviese la forma fundamental de la especie. Por ejemplo, si ha crecido la longitud del pedúnculo caudal, también habrá aumentado la altura del tronco al nivel del opérculo, porque si no es así, se alteraría tanto la forma que pasaría por momentos del desarrollo donde la dorada tendría el perfil semejante a un pez tipo sardina. Precisamente esas correlaciones van a ser estudiadas mediante análisis de componentes principales de las desviaciones, para situar cada individuo en un posible estado de desarrollo, teniendo como base el modelo teórico, y poder predecir, por tanto, si el pez está en una fase que se podría llamar de crecimiento acelerado o bien de crecimiento sostenido (recordemos que los peces tienen crecimiento continuo aunque con velocidad variable según las condiciones ambientales y la edad).

Por tanto el método de trabajo que proponemos comenzará con la obtención de los parámetros de cultivo de los animales sometidos a los distintos regímenes experimentales. Se estudiará la correlación del peso y la talla con el tamaño del centroide, que es el parámetro general que se utiliza en morfometría como monitor del tamaño del individuo. Las morfometrías al inicio y al final de los experimentos nos pueden ilustrar acerca de si, en este período de la fase de engorde industrial, nos encontramos ante procesos isométricos o alométricos de crecimiento y si son iguales en todos los experimentos. Después desarrollaremos los modelos de crecimiento que nos permitan hacer las predicciones y la valoración de la calidad del proceso industrial del engorde. Al final se realizarán

las validaciones de éste modelo probando su utilidad en distintas poblaciones de doradas.

**Tabla 5.1. I. A y B. Parámetros de crecimiento y conversión de alimento en una experiencia de alimentación “ad libitum” de 9 semanas de duración utilizando distintas composiciones de piensos con equivalente valor energético. Dos acuarios con 30 peces por tratamiento.**

A

Dietas <sup>1</sup>	% en peso húmedo			Energía Kj .g seco-1
	Agua	Proteína	Lípidos	
45P:8L	70'1 ± 0'18	16'9 ± 0'26	9'1 ± 0'08 <sup>bc</sup>	24'2 ± 0'51
52P: 8L	69'8 ± 0'40	17'7 ± 0'26	7'9 ± 0'14 <sup>ab</sup>	23'1 ± 0'32
60P: 8L	71'1 ± 0'17	18'2 ± 0'21	6'4 ± 0'37 <sup>a</sup>	22'4 ± 0'54
45P:12L	69'7 ± 0'07	16'9 ± 0'29	9'5 ± 0'22 <sup>bc</sup>	23'7 ± 0'53
52P:12L	69'6 ± 0'18	17'2 ± 0'33	8'9 ± 0'15 <sup>b</sup>	23'4 ± 0'12
60P:12L	71'2 ± 0'12	16'9 ± 0'08	7'8 ± 0'20 <sup>ab</sup>	22'9 ± 0'34
45P:17L	68'6 ± 0'13	16'1 ± 0'50	11'2 ± 0'43 <sup>c</sup>	24'4 ± 0'24
52P: 17L	70'0 ± 0'46	16'9 ± 0'04	9'0 ± 0'50 <sup>bc</sup>	23'3 ± 0'24
60P: 17L	70'2 ± 0'02	17'2 ± 0'39	8'2 ± 0'41 <sup>ab</sup>	23'1 ± 0'22

B

Dietas	P <sub>0</sub>	P <sub>f</sub>	I	IC	SGR
45P:8L	14'9 ± 0'10	39'1 ± 1'80 <sup>a</sup>	5'09 ± 0'23 <sup>b</sup>	2'08 ± 0'02 <sup>c</sup>	2'28 ± 0'09 <sup>a</sup>
52P: 8L	15'1 ± 0'04	42'7 ± 0'37 <sup>ab</sup>	4'23 ± 0'10 <sup>ab</sup>	1'56 ± 0'05 <sup>ab</sup>	2'48 ± 0'03 <sup>ab</sup>
60P: 8L	14'9 ± 0'10	45'3 ± 0'70 <sup>b</sup>	3'30 ± 0'14 <sup>a</sup>	1'19 ± 0'06 <sup>a</sup>	2'64 ± 0'03 <sup>bc</sup>
45P:12L	14'9 ± 0'12	42'4 ± 0'27 <sup>ab</sup>	4'76 ± 0'10 <sup>b</sup>	1'83 ± 0'01 <sup>bc</sup>	2'49 ± 0'03 <sup>ab</sup>
52P:12L	14'9 ± 0'05	45'1 ± 1'50 <sup>b</sup>	4'22 ± 0'11 <sup>ab</sup>	1'55 ± 0'08 <sup>ab</sup>	2'63 ± 0'05 <sup>bc</sup>
60P:12L	14'8 ± 0'03	51'1 ± 0'58 <sup>c</sup>	3'78 ± 0'28 <sup>a</sup>	1'23 ± 0'07 <sup>a</sup>	2'95 ± 0'08 <sup>d</sup> ± <sup>ab</sup>
45P:17L	15'3 ± 0'59	39'9 ± 1'33 <sup>ab</sup>	4'92 ± 0'42 <sup>b</sup>	2'08 ± 0'17 <sup>c</sup>	2'29 ± 0'01 <sup>a</sup>
52P: 17L	14'9 ± 0'31	41'9 ± 0'88 <sup>ab</sup>	5'05 ± 0'52 <sup>b</sup>	1'98 ± 0'21 <sup>bc</sup>	2'46 ± 0'09 <sup>ab</sup>
60P: 17L	14'7 ± 0'23	45'3 ± 1'36 <sup>b</sup>	4'45 ± 0'39 <sup>ab</sup>	1'63 ± 0'13 <sup>ab</sup>	2'68 ± 0'02 <sup>bc</sup>

P<sub>0</sub>, P<sub>f</sub>: Pesos inicial y final. I: Ingesta diaria. IC: Índice de Conversión. SGR: Coeficiente de Crecimiento. Los valores de una misma columna que no comparten letra son significativamente distintos ( $p < 0'05$ ). (Tomado de Mingarro, 2005)

## 5.2.- DISEÑO EXPERIMENTAL

La finalidad de este grupo de experimentos fue, por un lado, comprobar si la alimentación restringida a largo plazo podía ser útil en la práctica piscícola de la dorada y, por otro, se buscaba inducir un abanico de estados nutricionales en los peces para estudiar la mayor variabilidad posible de morfologías de estados normales de crecimiento (estados no patológicos). Con esta práctica se pretendía generar un amplio abanico de estados morfológicos, aprovechando las diferencias entre individuos que se producen por distinto comportamiento (nivel de apetito, potencial de crecimiento); por causa de estas diferencias de comportamiento aparecerán individuos que realmente realizarán una ingesta *ad libitum*, porque serán más agresivos, por ejemplo, mientras que también aparecerán animales, en el régimen no restrictivo, que sufran una restricción de ingesta debido a la competencia con los otros animales más fuertes o agresivos.

### Animales y condiciones experimentales

Se estabularon en los acuarios tres grupos de animales de la misma población geográfica, de la misma piscifactoría y del mismo stock de reproductores. Cada grupo se introdujo en una época distinta del año para valorar el efecto de éste parámetro. Así, un grupo llegó en marzo y con ellos empezó el experimento en abril, después de un período de adaptación. Otro grupo, de modo análogo llegó en junio y se comenzó el cultivo experimental en julio. Y un tercer grupo llegó en septiembre y se inició el cultivo experimental en octubre.

Cada uno de los grupo estaba formado por 800 individuos de *Sparus aurata*, con un peso aproximado, a la recepción, de 15 g; se estabularon en acuarios de 3000 litros

Cada grupo se subdividió en dos subgrupos: uno sería alimentados a saciedad, mientras que el otro subgrupo se mantuvo con una restricción de alimento de aproximadamente del 0'8%.

Cada mes se muestreaban los animales para construir las curvas de crecimiento, y cada tres meses se fotografiaban de 30 a 40 animales para el estudio morfométrico; de los fotografiados se sacrificaban alrededor de 20 individuos (10 de cada tratamiento) para realizar los análisis bioquímicos y calcular índices anatómicos. También se toma ron muestras de musculatura para análisis bioquímico y se realizan análisis de homogeneizados del animal completo.

La alimentación a saciedad se realizaba del siguiente modo, para evitar que hubiese muchos restos de comida en los acuarios: se iba añadiendo comida hasta que los animales dejaban de competir por ella, entendiendo por dejar de competir cuando solamente se dirige uno hacia los gránulos de pienso y, por lo tanto, empieza a caer al fondo del acuario. El suministro debía hacerse pausadamente, observando a los animales. En ambos tratamientos, durante el período de primavera- verano se suministraba el alimento en dos tomas, mientras que en invierno solamente en una toma. La restricción consistía en ir recalculando diariamente la reducción de alimento respecto a la suma de lo ingerido por el subgrupo que se alimentaba *ad libitum*.

El pienso que se administraba era un pienso de elevado contenido energético con una relación proteína-lípidos: 47% / 21%, fabricado por el método de extrusionado. Este alto contenido relativo en grasas facilitaría la observación de los fenómenos producidos por las dos estrategias de alimentación. En los muestreos se reducía el nivel de agua de los acuarios para facilitar la pesca con los salabres y los peces eran distribuidos en recipientes de 90 litros con aporte continuo de agua y aire. Desde allí eran puestos, con un salabre, en el recipiente de anestésico (MS222, 100 ppm). Cuando cesaba la ventilación opercular, daba comienzo la manipulación. Si tenían que ser sacrificados, esto se hacía mediante



percusión del cerebro y se seccionaba la cabeza, siempre bajo el efecto del anestésico.

### **5.3.- PARÁMETROS DEL CULTIVO Y COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA**

En el presente apartado se ha puesto especial atención en el seguimiento del incremento de la masa corporal en función del régimen alimenticio, y en relacionar dicho crecimiento con la eficacia energética del tipo de dieta utilizada.

- Se monitoriza el desarrollo del cultivo mediante las curvas de crecimiento en peso para visualizar el proceso de engorde y sus tendencias a lo largo del año.
- Se analiza la relación del comportamiento en la ingesta entre los animales alimentados a saciedad y sometidos a restricción de ración.
- Se valora la eficacia de cada régimen alimenticio en función del contenido proteico y lipídico en la composición bioquímica de los animales; también se estudia como se modifican los perfiles con el proceso del cultivo y en función de la estacionalidad.
- Para comparar estos datos con un criterio fisiológico se valora el índice hepatosomáticos.

#### **5.3.1. RESULTADOS**

Los resultados del cultivo de la primera entrada podemos observarlos en los gráficos siguientes. Un cultivo netamente estival, como lo reflejan las temperaturas registradas con máximos de temperatura situados poco después de la mitad del cultivo (Figura 5.3.1.I).

El crecimiento refleja un aumento de peso sostenido y continuo, con altas tasas de crecimiento (pendientes elevadas) en los dos regímenes alimenticios, *ad*

*libitum* y restringido. Al final del experimento existe una diferencia significativa de peso entre los dos regímenes alimenticios. Los animales alimentados *ad libitum* alcanzan 348'4 g, mientras que los sometidos a restricción sólo llegan a 317'3 g. (Tabla 5.3.1.I). Pero se observa en la gráfica que, mientras la curva que monitoriza el cultivo *ad libitum* se aplana, la curva de los animales sometidos a restricción mantiene la pendiente (Figura 5.3.1.I).

No existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento y, por el contrario, los índices de conversión y de ganancia de proteína y grasa son mejores en los animales sometidos a restricción del alimento. También los índices de conversión al final del cultivo son mejores: 1'48 en los animales sin restricción, mientras que los sometidos a restricción alcanzan 1'33. La ingesta se ha reducido prácticamente en un 20%, mientras que el peso se reduce solamente el 8 o 9%, lo que significa que la eficacia de la alimentación mejora un 10%.

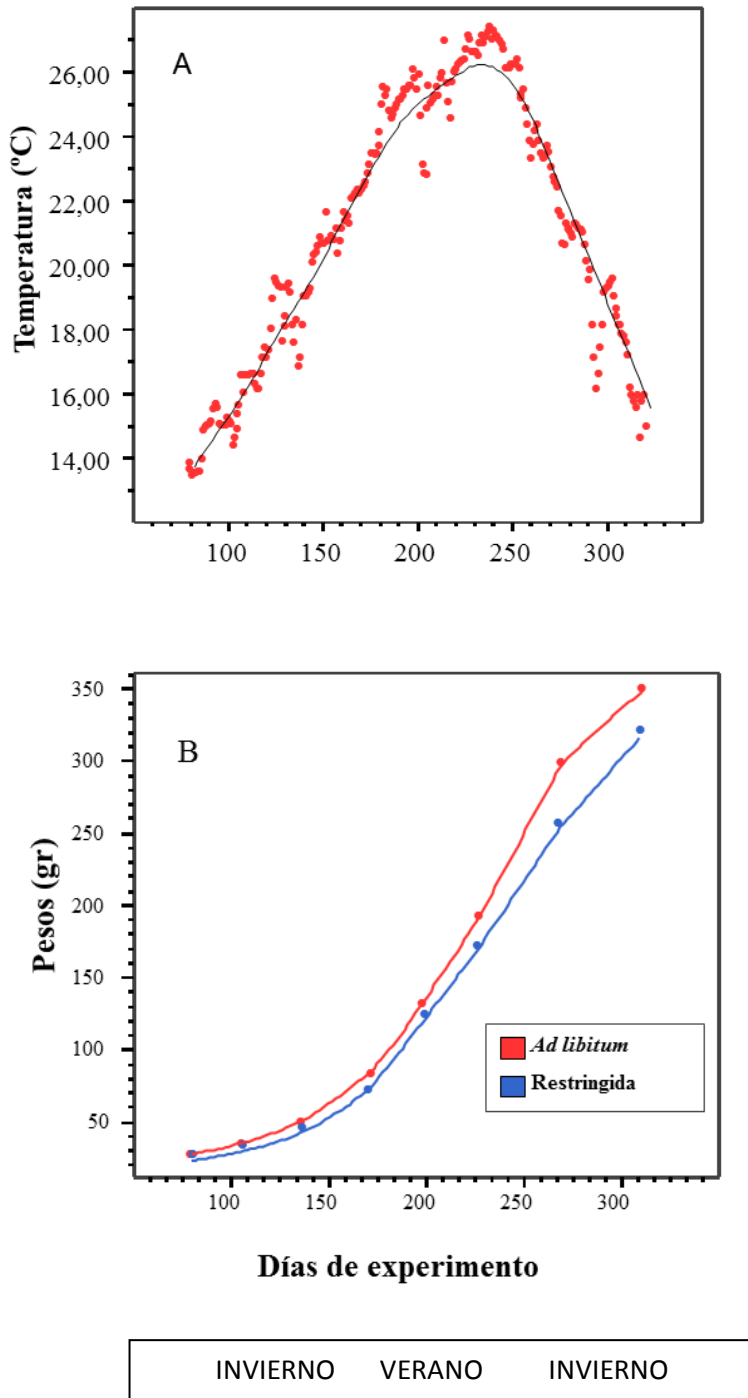
Al final del cultivo observamos como la composición bioquímica de los animales es prácticamente la misma, aunque aumenta significativamente la proporción de proteína en los animales sometidos a restricción (16'7% y 17'4% al final del cultivo), acompañado lógicamente por un aumento significativo de los parámetros que monitorizan la eficacia de la retención de nitrógeno (24'4% y 28'6%) y de grasa (48'8% y 52'6%) (Tablas 5.3.1.I y 5.3.1.II).

La gráfica donde se recoge la relación de los dos tipos de racionamiento nos indica que los propios peces intentan una autorregulación de la ingesta (figura 5.3.1.II) pero no tan eficaz como la experimental, debido a razones etológicas y a la inercia del metabolismo, de tal modo que los máximos y mínimos que se observan en la gráfica no son realmente debidos a un cambio en las dosis de restricción, sino a una disminución o aumento de la ingesta *ad libitum*. La ingesta *ad libitum* lleva una pauta paralela a la temperatura, mientras que la ingesta restringida puede llegar a ser mayor que la libre en aquellos momentos en los que los animales del grupo de alimentación *ad libitum* se autorregulan.

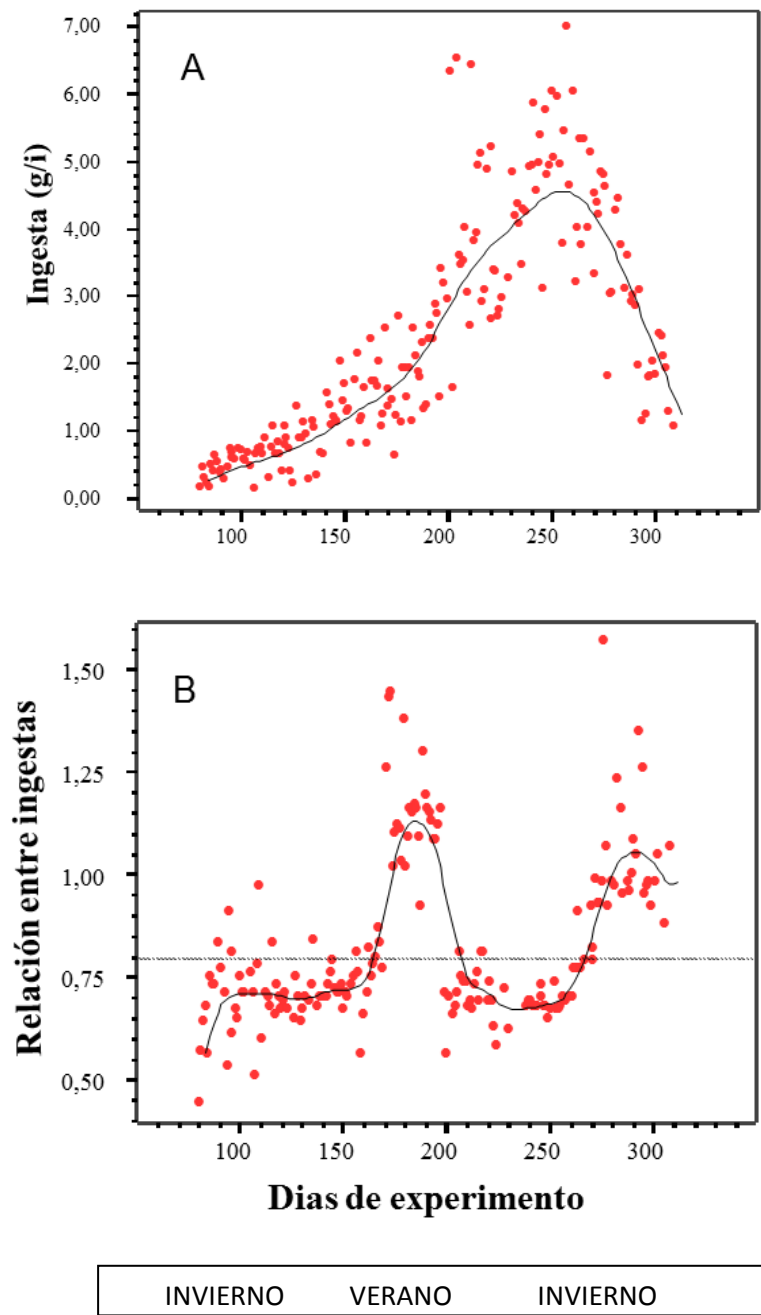
**Tabla 5.3.1.I. Monitorización de los parámetros del cultivo e IHS, índice hepatosomático. Entrada 1: abril**

	Fecha	Ingesta (g)	Peso(g)	IHS(%)	FCR	TGC x10 <sup>4</sup>
<i>Ad libitum</i>	24/03/99		25'1±0'1aX	2'47±0'05		
	24/06/99	70'90±0'10aY	81'6±0'1bY	1'51±0'04	1'17±0'02	8'80±0'01bY
	18/08/99	160'42±0'20bY	189'5±1'8cY	1'40±0'09	1'39±0'03	10'45±0'15cX
	09/11/99	247'60±0'10cY	348'4±4'6dY	1'95±0'06	1'48±0'08	7'00±0'01aX
Restringida	24/03/99		25'5±0'1aX	2'47±0'05		
	24/06/99	49'60±0'10aX	70'8±0'1bX	1'55±0'05	1'01±0'01	7'70±0'01bX
	18/08/99	120'40±0'20bX	169'0±0'1cX	1'16±0'05	1'13±0'01	10'25±0'50cX
	09/11/99	214'00±107'00cX	317'3±0'5dX	1'90±0'08	1'33±0'01	6'90±0'01aX
ANOVA (Valor P)						
Estrategia		<0'001	<0'001	0'186	0'011	0'006
Fecha		<0'001	<0'001	<0'001	0'011	<0'001
Interacción		0'014	0'001	0'224	0'518	0'026

Cada valor se representa como la media aritmética y su error típico. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos de cada estrategia de alimentación a un nivel de  $P < 0'05$ . Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre estrategias para un determinado momento de muestreo con  $P < 0'05$ . Comparación por pares mediante test Student. Newman Keuls



**Figura. 5.3.1.I-** A. Registro de Temperaturas a lo largo del período de cultivo. B. Evolución del cultivo monitorizando el peso en gramos.



**Figura. 5.3.1.II- A. Registro de la alimentación *ad libitum*. B. Registro de la relación entre los dos regímenes de alimentación.**

**Tabla 5.3.1.II. Monitorización de la evolución de los parámetros bioquímicos. Entrada 1: abril**

	Fecha	Composición corporal			Ret.N(%)	Ret.grasas(%)
		Agua (%)	Proteína (%)	Grasas(%)		
<i>Ad libitum</i>	24/03/99	68'7±0'4dX	15'8±0'3aX	10'6±0'4aX		
	24/06/99	64'5±0'3cX	15'8±0'2aX	14'2±0'5abY	27'6±0'02cX	61'8±0'1bY
	18/08/99	62'4±0'4bX	16'4±0'4abX	15'6±0'6bcX	25'2±0'85abX	52'8±1'7abX
	09/11/99	61'3±0'1aX	16'7±0'2bX	15'2±0'2cX	24'4±0'40aX	48'8±0'8aX
Restringida	24/03/99	68'6±0'3cX	15'8±0'31aX	10'6±0'3aX		
	24/06/99	67'6±0'3cY	15'1±0'2aX	11'7±0'9abX	29'7±0'1abY	55'4±0'1aX
	18/08/99	63'5±0'3bY	16'4±0'2abX	14'7±0'1cX	31'7±0'22bY	68'3±0'4bYX
	09/11/99	62'3±0'3aY	17'4±0'2bY	14'9±0'2cX	28'6±0'12aY	52'6±0'2aY
ANOVA (Valor P)						
Estrategia		<0'001	0'788	0'004	<0'001	0'010
Fecha		<0'001	<0'001	<0'001	0'027	0'001
Interacción		0'002	0'022	0'026	0'048	0'002

Cada valor se representa como la media aritmética y su error típico. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos de cada estrategia de alimentación a un nivel de  $P < 0.05$ . Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre estrategias para un determinado momento de muestreo con  $P < 0.05$ . Comparación por pares mediante test Student. Newman Keuls

Para la entrada de julio, al atravesar el período invernal la curva de crecimiento se hace prácticamente plana. En el segundo período estival el crecimiento vuelve a acelerarse hasta alcanzar pendientes similares a las del primer período, especialmente los animales del grupo sometidos a restricción de alimento (Figura 5.3.1.III).

En la tabla 5.3.1.III podemos observar que también las diferencias de peso entre regímenes alimenticios son significativas al final del cultivo y en cada fase de muestreo, siendo mayores los pesos de los animales alimentados a saciedad (369'8 g y 342'9 g, respectivamente). Por contra, la conversión del alimento es significativamente mejor en el caso de los animales con restricción de alimento en todas las fases del cultivo (1'48 y 1'26 en el último período). Esta diferencia

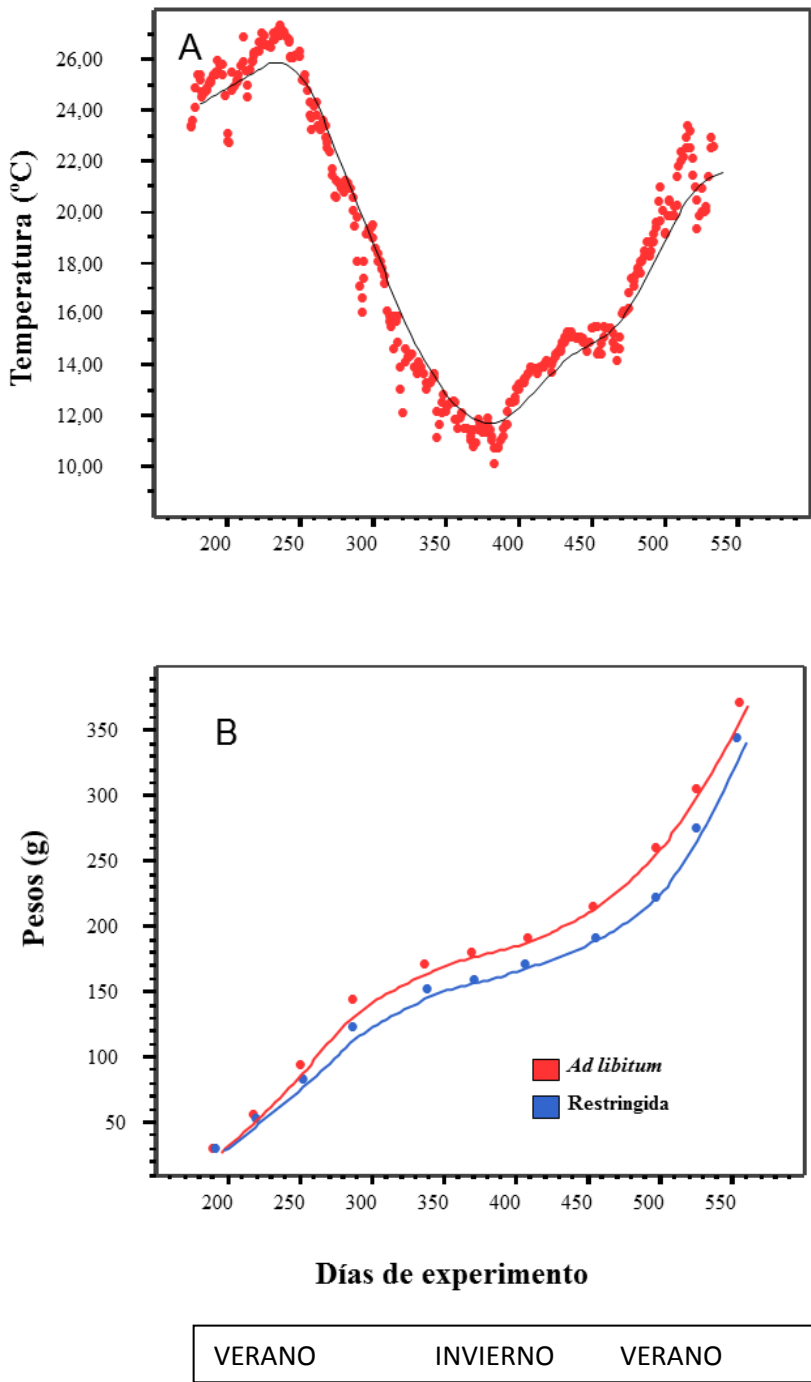
en la tasa de conversión se acentúa cuando volvemos a entrar en el segundo período estival (2'03 frente a 1'66). Incluso la tasa de crecimiento, medida como TGC, es mejor en el último período en los animales sometidos a esta estrategia: 7'35 en los animales alimentados a saciedad y 8'25 en los animales con restricción de alimento.

Respecto a la composición bioquímica (Tabla 5.3.1.IV), al final del cultivo se pueden apreciar diferencias significativas en la composición lipídica, (que no se observaban en la primera entrada): en los animales alimentados a saciedad se alcanza el 19'6% de grasas, y 17'1% en los animales del grupo de restricción alimentaria. No se observan diferencias en la composición proteica, que si se observaban, aunque ligeras pero significativas, en la primera entrada. Este mayor contenido en grasas se traduce en tejidos menos hidratados.

**Tabla 5.3.1.III. Monitorización de los parámetros de cultivo e índices viscerales. Entrada de Julio.**

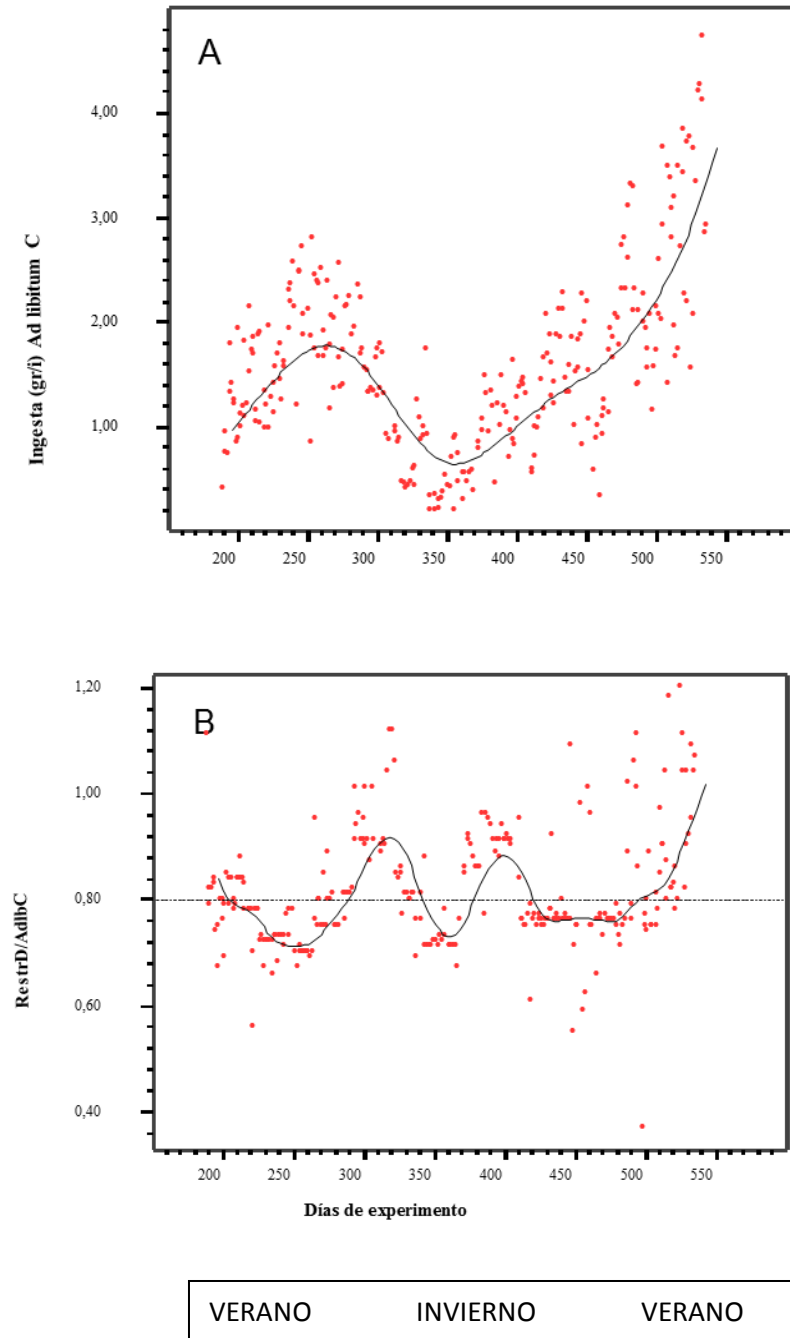
	Fecha	Ingesta (g)	Peso(g)	IHS(%)	IC	TGC x10 <sup>4</sup>
Adlibitum	15/7/99		27'8±0'1aX	1'55±0'09		
	14/09/99	88'3±0'1aY	92'36±0'1bX	1'56±0'06	1'29±0'01aY	9'50±0'01dY
	18/02/99	122'0±0'2bY	188'2±0'2cY	2'20±0'08	1'48±0'01bY	5'20±0'01bX
	17/05/99	152'0±0'1cY	247'0±0'5dY	1'28±0'09	2'03±0'02cY	3'80±0'10aX
	14/07/99	195'6±21'1dX	369'8±6'2eY	1'29±0'05	1'48±0'06bY	7'35±0'35cX
Restringida	15/7/99		27'7±0'1aX	1'55±0'09		
	15/09/99	64'76±0'1aX	80'3±0'1bX	1'44±0'05	1'13±0'01aX	8'20±0'01cX
	17/02/99	96'1±0'4bX	167'3±0'7cX	2'38±0'18	1'26±0'01bX	5'20±0'01bX
	18/05/99	120'1±0'7cX	220'9±1'5dX	1'34±0'05	1'66±0'06cX	3'75±0'15aX
	12/07/99	168'5±0'5dX	342'9±0'6eX	1'35±0'04	1'26±0'02bX	8'25±0'15cY
ANOVA (Valor P)						
Estrategia		<0'001	<0'001	0'492	<0'001	0'440
Fecha		<0'001	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001
Interacción		0'007	0'050	0'560	0'032	0'011

Cada valor se representa por la media aritmética y su error típico. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos de cada estrategia de alimentación a un nivel de P<0'05. Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre estrategias para un determinado momento de muestreo con P<0'05. Comparación por pares mediante test Student. Newman Keuls



**Figura. 5.3.1. III- A. Temperaturas a lo largo del cultivo. B. Monitorización, en peso, del proceso del cultivo.**





**Figura. 5.3.1.IV- A. Registro de la alimentación *ad libitum*. B. Registro de la relación entre los dos regímenes de alimentación.**

**Tabla 5.3.1.IV-. Monitorización de la evolución de los parámetros bioquímicos. Entrada 2: Julio**

	Fecha	Composicion corporal				
		Agua (%)	Proteína (%)	Grasas(%)	Ret. N (%)	Ret. grasa (%)
Adlibitum	15/7/99	67'6±0'1dX	15'1±0'1aX	11'6±0'3aX		
	14/09/99	64'3±0'2cX	16'0±0'1bY	14'9±0'5bX	26'6±0'01cX	58'9±0'1bX
	18/02/99	63'1±0'2cX	16'2±0'2bY	14'5±0'3bX	23'1±0'01bX	44'4±0'01aX
	17/05/99	59'7±0'2bX	16'4±0'1bX	18'1±0'2cY	17'7±0'19aX	69'3±0'1cY
	14/07/99	57'9±0'2aX	16'3±0'2bX	19'6±0'2dY	22'6±1'18bX	70'2±4'2cX
Restringsida	15/7/99	67'6±0'1dX	15'1±0'1aX	11'6±03aX		
	15/09/99	63'5±0'7cX	15'1±0'1aX	14'5±0'5bX	27'1±0'01cX	64'6±0'01cY
	17/02/99	63'1±0'3cX	15'6±0'1aX	14'8±0'3bX	25'9±0'03bY	54'3±0'1aY
	18/05/99	61'5±0'2bY	16'5±0'1bX	16'4±0'2cX	23'5±0'66aY	58'2±1'4bX
	12/07/99	60'3±0'2aY	16'5±0'1bX	17'1±0'1dX	26'8±0'54cY	63'2±3'9cX
ANOVA (Valor P)						
Estrategia		<0'001	0'048	<0'001	<0'001	0'760
Fecha		<0'001	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001
Interacción		<0'001	0'014	<0'001	0'049	0'016

Cada valor se representa como la media aritmética y su error típico. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos de cada estrategia de alimentación a un nivel de  $P < 0.05$ . Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre estrategias para un determinado momento de muestreo con  $P < 0.05$ . Comparación por pares mediante test Student. Newman Keuls

La ganancia proteica, medida como ganancia de nitrógeno, es mayor en los animales con restricción de ingesta y también lo es el porcentaje de retención. La retención de grasas es mayor en los animales con restricción de alimento de cara al invierno, mientras que los animales alimentados a saciedad retienen mayor proporción de grasa de cara al verano, pudiendo esto provocarles obesidad.

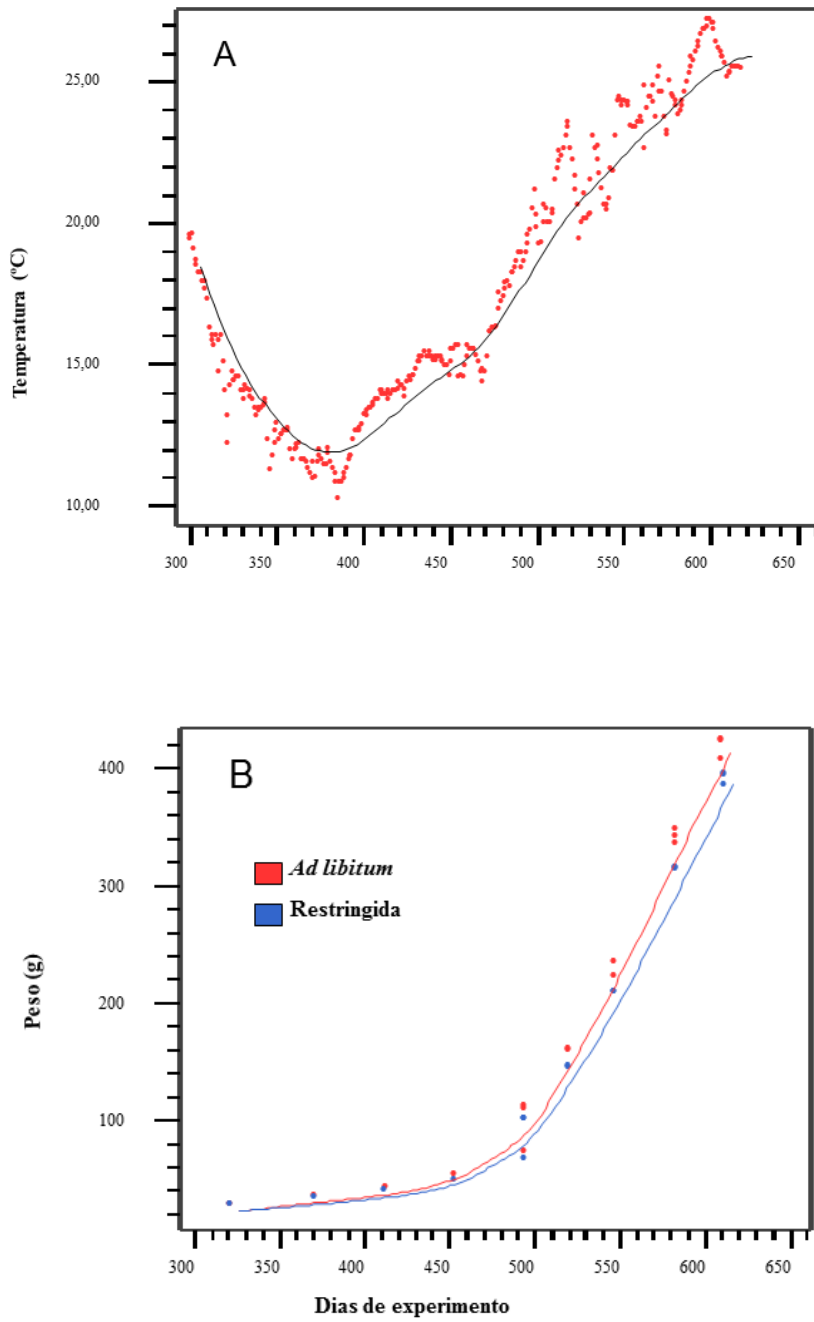
En la gráfica 5.3.2.IV.B que registra la relación de raciones, en el punto donde las temperaturas son mínimas, alrededor del día 350 del experimento, y es mínima la ingesta *ad libitum*, justo en ese momento también se produce un descenso absoluto de la ingesta en los animales sometidos a restricción y, por lo tanto, el índice también disminuye hasta valores de 0'73.

La situación para la última entrada es similar a las dos anteriores, con el lógico desplazamiento de fechas (figura 5.3.1.V y 5.3.1.VI). En las entradas de abril y octubre los IHS son siempre menores en los animales sometidos a restricción de alimento, porque no se obliga al hígado a un exceso de trabajo metabólico con las grasas, pero en la entrada de julio los IHS de los animales sometidos a restricción son de la misma magnitud que los de los animales alimentados a saciedad, significando un trabajo mayor del sistema hepático. En todas las entradas los IHS son mayores en los dos grupos justo después del invierno, evidenciando el uso de las grasas en momentos de bajas temperaturas y de menor ingesta.

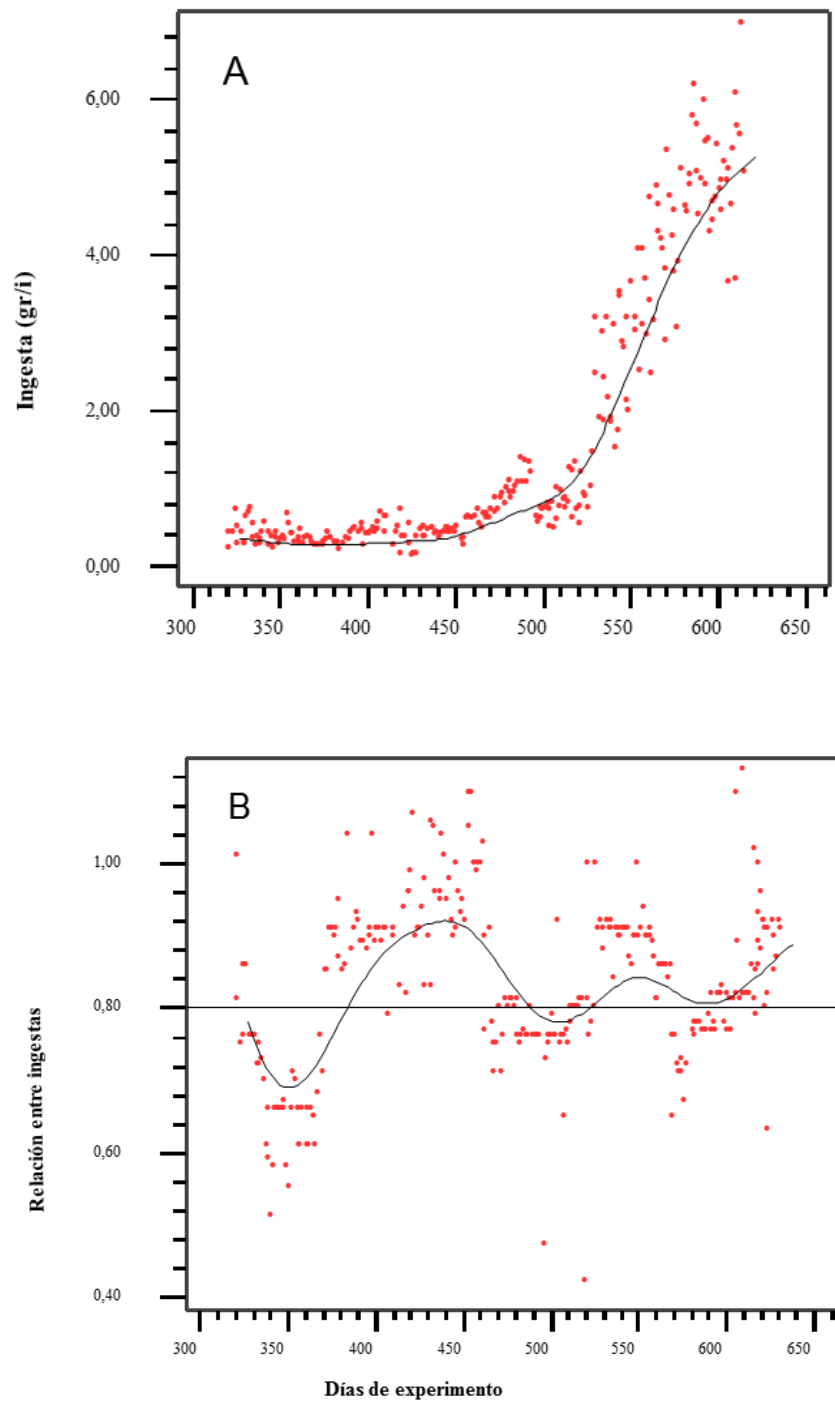
La retención de grasas y proteínas es significativamente mejor en los animales sometidos a restricción de ración, sin diferencias en la composición corporal. Además no se observan diferencias en el crecimiento (TGC), excepto en el primer período del cultivo. Las diferencias son significativas en el peso final de los individuos sometidos a los dos regímenes de alimentación pero diferenciándose solo en 30 g.

Estos datos nos están indicando que nos movemos dentro de la estación más favorable para el crecimiento de la dorada. La entrada tres representa el periodo natural de crecimiento. La entrada uno es un ciclo adelantado y la entrada dos, un ciclo atrasado, obtenido en los centros de reproducción por manipulación del fotoperiodo y de la temperatura.

Todos estos resultados quedan recogidos en las tablas 5.3.1.V y 5.3.1.VI



**Figura 5.3.1.V A. Temperaturas a lo largo del cultivo. B. Monitorización, en peso, del proceso del cultivo.**



**Figura 5.3.1.VI A. Registro de la alimentación *ad libitum*. B. Registro de la relación entre los dos regímenes de alimentación.**

**Tabla 5.3.1.V Monitorización de la evolución de los parámetros de cultivo.  
Entrada 3: octubre**

	Fecha	Ingesta (g)	Peso(g)	IHS(%)	IC	TGC x10 <sup>4</sup>
<i>Ad libitum</i>	22/11/99		22'6±0'1aX	3'72±0'14		
	23/02/00	23'0±0'1aY	37'2±0'1bX	3'08±0'08	1'48±0'01	4'4±0'1aY
	15/05/00	38'2±0'1bX	66'6±0'1cX	1'85±0'06	1'20±0'01	5'6±0'01bX
	08/08/00	208'9±3'3cY	222'6±2'9dY	1'42±0'05	1'23±0'01	10'8±0'10dX
	10/10/00	289'7±9'6dY	411'6±5'4eY	1'89±0'06	1'40±0'04	8'9±0'35cX
Restringida	22/11/99		27'7±0'1aX	3'72±0'14		
	22/02/00	17'2±0'1aX	34'4±0'1bX	2'83±0'13	1'38±0'01	3'7±0'01aX
	16/05/00	32'6±0'1bX	61'8±0'1cX	1'75±0'05	1'08±0'01	5'5±0'01bX
	07/08/00	164'9±0'3cX	202'9±1'2dX	1'21±0'04	1'05±0'01	10'6±0'1dX
	11/10/00	238'5±1'1dX	385'9±2'eX	1'79±0'05	1'19±0'01	8'9±0'15cX
ANOVA (Valor P)						
Estrategia		<0'001	0'004	0'043	<0'001	<0'001
Fecha		<0'001	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001
Interacción		<0'001	0'031	0'707	0'354	<0'001

**Tabla 5.3.1.VI. Monitorización de la evolución de los parámetros bioquímicos.**

	Fecha	Composición corporal			Ret. N (%)	Ret. Grasas (%)
		Agua (%)	Proteína (%)	Grasas(%)		
<i>Ad libitum</i>	22/11/99	67'1±0'5c	16'8±1'1a	12'3±0'3		
	23/02/00	65'4'0±0'1b	15'5±0'2b	13'7±0'4	18'7±0'04aX	48'8±0'1aX
	15/05/00	64'1±0'1b	15'3±0'2c	15'6±0'4	25'4±0'01bX	68'1±0'5cX
	08/08/00	61'4±0'4a	16'2±0'2d	16'9±0'4	28'3±0'14bX	66'1±0'3cX
	10/10/00	60'4±0'2a	17'3±0'2e	17'6±0'2	27'0±0'70bX	59'9±1'6bX
Restringida	22/11/99	67'1±0'5c	16'8±1'1a	12'3±0'3		
	22/02/00	65'2±0'2b	15'6±0'1b	13'6±0'4	19'7±0'01aX	53'3±0'1aY
	16/05/00	64'9±0'3b	15'1±0'2c	14'5±05	27'1±0'01bY	65'8±0'4bX
	07/08/00	61'2±0'2a	16'5±0'1d	17'1±0'1	33'9±0'01dY	79'8±0'1cY
	11/10/00	60'0±0'2a	16'9±0'2'e	17'4±0'2	29'7±0'39cY	68'1±0'9bY

## ANOVA (Valor P)

Estrategia	0'925	0'855	0'318	0'001	0'002
Fecha	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001
Interacción	0'174	0'765	0'405	0'023	0'012

Cada valor se representa como la media aritmética y su error típico. Letras minúsculas indican diferencias significativas entre muestreos de cada estrategia de alimentación a un nivel de  $P < 0'05$ . Las letras mayúsculas indican diferencias significativas entre estrategias para un determinado momento de muestreo con  $P < 0'05$ . Comparación por pares mediante test Student. Newman Keuls

El resumen global de la composición bioquímica y de los parámetros de cultivo se recoge en las dos tablas siguientes (tabla 5.3.1.VII y 5.3.1.VIII). De modo general el contenido de agua disminuye a lo largo del cultivo y más en los animales alimentados *ad libitum*. Simultáneamente, el contenido graso aumenta con el proceso de cultivo, más en los animales alimentados a saciedad, aunque solo se observen diferencias significativas entre las dos estrategias de la entrada de julio.

Tanto la fijación de grasas como de proteína (fijación de nitrógeno) es mayor en los animales con una estrategia de restricción de alimento, y mayor también en la entrada de octubre. El índice de conversión (IC) es siempre mejor, más pequeño, en los animales sometidos a restricción y mejor también en los animales cuya entrada se realizó en octubre.

Resumen de composición bioquímica:

**Tabla 5.3.1.VII. Resumen de los principales parámetros bioquímicos**

Entrada		Composición corporal			
		Fecha	Agua (%)	Proteína (%)	Grasas(%)
Abril	Inicial	24/03/99	68'7±0'4 e	15'8±0'3 aX	10'6±0'4aX
	<i>Ad libitum</i>	09/11/99	61'3±0'1 b	16'7±0'2 bX	15'2±0'2cX
	Restringida	09/11/99	62'3±0'3 c	17'4±0'2 cY	14'9±0'2cX
Julio	Inicial	15/7/99	67'6±0'1e	15'1±0'1aX	11'6±0'3aX
	<i>Ad libitum</i>	14/07/99	57'9±0'2 a	16'3±0'2 bX	19'6±0'2dY
	Restringida	12/07/99	60'3±0'2 b	16'5±0'1 bX	17'1±0'1dX
Octubre	Inicial	22/11/99	67'1±0'5 e	16'8±1'1 b	12'3±0'3
	<i>Ad libitum</i>	10/10/00	60'4±0'2 b	17'3±0'2 c	17'6±0'2
	Restringida	11/10/00	60'0±0'2 b	16'9±0'2 b	17'4±0'2
ANOVA (Valor P)					
	Régimen		0'925	0'855	0'318
	Entrada		<0'001	<0'001	<0'001
	Interacción		0'174	0'765	0'405

El resumen al final del experimento de los parámetros de utilización del alimento:

**Tabla 5.3.1.VIII. Resumen de los principales parámetros del cultivo**

Régimen	Entrada	Peso (g)	IC	Ret. N (%)	Ret. Grasas(%)
<i>Ad libitum</i>	ABRIL	348'4±4'6	1'40±0'05aX	25'20±0'47bX	52'12±0'99aX
	JULIO	369'8±6'2	1'53±0'02bX	22'36±0'50aX	61'30±1'38bX
	OCTUBRE	411'6±5'4	1'32±0'02cX	26'82±0'35bX	61'85±1'25bX
Restringida	ABRIL	317'3±0'5	1'21±0'01aY	29'68±0'10bY	57'76±0'18aY
	JULIO	342'9±0'6	1'30±0'01bY	25'94±0'10aY	59'97±1'22aX
	OCTUBRE	385'9±2'0	1'13±0'01cY	30'18±0'22bY	70'45±0'50bY
ANOVA (Valor P)					
	Régimen	<0'001	<0'001	<0'001	<0'001
	Entrada	<0'001	<0'001	0'005	<0'001
	Interacción	0'152	0'256	0'008	0'003



Al final de los tres períodos de cultivo podemos fijarnos que son significativamente ( $P < 0'05$ ) mejores los resultados del aprovechamiento energético de los animales sometidos a restricción, tanto como asimilación global del alimento, IC, como en la retención de proteínas y de grasas.

## **5.4.- EL TAMAÑO DEL CENTROIDE**

En este apartado estudiaremos la correlación de la talla y el peso con el tamaño del centroide, para evaluar si la morfometría podría ser un buen instrumento para el estudio del desarrollo o el proceso de engorde y crecimiento en general, como ya lo es en el estudio de poblaciones.

El plan experimental seguido es el ya especificado al inicio del capítulo (apartado 5.2).

### **5.4.1 RESULTADOS**

#### **Parámetros de cultivo en las muestras.**

Analizando los parámetros de peso, talla y tamaño de centroide de los individuos de las muestras que se han utilizado para el análisis morfométrico, encontramos diferencias significativas entre alguna de las entradas en cada uno de estos parámetros al inicio del experimento. Es llamativo que, aunque todos los parámetros son reflejos directos del tamaño, no todos expresan las diferencias del mismo modo. Así, para la talla existen diferencias entre las entradas de julio y octubre; para el peso, las diferencias son significativas ente la entrada de abril y las otras dos, pero no entre éstas; y para el tamaño de centroide, las diferencias son significativas entre la entrada de octubre y las otras dos, pero sin diferencias entre éstas.

De modo absoluto, al inicio de los experimentos la muestra de la entrada de octubre fue la de menores talla, peso y tamaño de centroide, y la entrada de julio la de mayores talla, peso y tamaño de centroide.

**Tabla 5.4.1.I -Prueba de homogeneidad de varianzas  $\alpha=0'05$**

	Estadístico de Levene	Gl 1	Gl2	Sig.
Talla	0'537	2	97	0'586
Peso	2'071	2	97	0'132
K	1'471	2	97	0'235
Cetrsize	0'363	2	97	0'697

**Tabla 5.4.1.II ANOVA**

		S. M.	gl	M. C.	F	Sig.
peso	Inter-grupos	876'223	2	438'112	15'546	0'000
	Intra-grupos	2733'593	97	28'181		
	Total	3609'817	99			
talla	Inter-grupos	11'035	2	5'517	12'565	0'000
	Intra-grupos	42'593	97	0'439		
	Total	53'628	99			
cetrsize	Inter-grupos	20'650	2	10'325	17'395	0'000
	Intra-grupos	57'574	97	0'594		
	Total	78'224	99			
k	Inter-grupos	1'463	2	0'731	21'24	0'000
	Intra-grupos	3'390	97	0'034		
	Total	4'802	99			

El anova entre los logaritmos naturales de los centroides muestras diferencias significativas y test de Bonferroni nos confirman que los logaritmos naturales de los centroides, que miden el tamaño de los individuos, son significativamente diferentes entre la entrada de octubre (11'52 ) y las otras dos (12'12 y 12'49 para las entradas de abril y julio respectivamente); igualmente muestra que respecto a la talla solo hay diferencias entre las entradas de julio y octubre (10'22 cm, 10'62 cm y 9'83 cm respectivamente), mientras que la talla de

la entrada de abril (10'22 cm) no se diferencia significativamente de ninguna de las otras dos entradas. Pero en el peso, es la entrada de julio (30'64 g) la que es diferente de las otras dos (24'44 g y 24'19 g para las entradas de abril y octubre respectivamente). Como se comprueba, no hay homogeneidad en las diferencias de tamaño, talla y peso.

El factor K con valores 2'25; 2'52 y 2'52 para cada entrada, no presenta diferencias significativas entre la segunda y la tercera entradas (julio y octubre).

**Tabla 5.4.1.III. Test de Bonferroni al inicio del cultivo. Letras distintas indican diferencias significativas para  $\alpha=0'05$**

Entrada	Peso	Talla	Tamaño	K
Abril	24'53±1'20a	10'22±0'15 a	12'12±0'17 a	2'26±0'20 a
Julio	30'64±1'11b	10'62±0'10 b	12'60±0'13 b	2'53±0'31 a
Octubre	24'19±0'66 c	9'83±0'10 c	11'52±0'11 b	2'53±0'32 b

Analizando los mismos parámetros al final del cultivo, la primera apreciación que se obtiene es que no existe relación de dependencia de efectos entre la estación de entrada y el régimen de alimentación, ni tampoco del peso inicial de los animales. Solamente cuando se analizan los efector intersujetos se puede sospechar cierta interacción entre el efecto de la estacionalidad y el peso inicial sobre el factor de condición, k.

**Tabla 5.4.1.IV. MANOVA (Contrastes multivariados). Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	G. L. hipótesis	G. L. hipótesis	Sig.
Intersección	0'026	2801'887(a)	3	222'000	0'000
entrada	0'966	1'284(a)	6	444'000	0'263
régimen	0'956	3'402(a)	3	222'000	0'019
entrada*régimen	0'979	0'788(a)	6	444'000	0'579
entrada*peso i	0'951	1'249	9	540'440	0'262

Diseño: Intersección+entrada+régimen+entrada \* régimen+entrada \* peso i

**Tabla 5.4.1.V. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	Peso	297068'539(a)	8	37133'567	21'127	0
	Talla	69'453(b)	8	8'682	11'079	0'000
	K	2'387(c)	8	0'298	10'513	0'000
	Cetrsiz	116'873(d)	8	14'609	11'185	0'000
Intersección	Peso	143163'908	1	143163'90	81'454	0'000
	Talla	505'892	1	505'892	645'584	0'000
	K	10'597	1	10'597	373'294	0'000
	Cetrsiz	743'923	1	743'923	569'555	0'000
Entrada	Peso	2627'802	2	1313'901	0'748	0'475
	Talla	2'626	2	1'313	1'675	0'190
	K	0'096	2	0'048	1'690	0'187
	Cetrsiz	5'046	2	2'523	1'932	0'147
Régimen	Peso	16260'275	1	16260'275	9'251	0'003
	Talla	3'588	1	3'588	4'578	0'033
	K	0'066	1	0'066	2'332	0'128
	Cetrsiz	5'611	1	5'611	4'296	0'039
entrada* régimen	Peso	4008'094	2	2004'047	1'140	0'322
	Talla	1'874	2	0'937	1'196	0'304
	K	0'060	2	0'030	1'061	0'348
	Cetrsiz	4'487	2	2'244	1'718	0'182
entrada * peso i	Peso	1717'034	3	572'345	0'326	0'807
	Talla	1'720	3	0'573	0'732	0'534
	K	0'215	3	0'072	2'523	0'059
	Cetrsiz	3'451	3	1'150	0'881	0'452
Error	Peso	393704'457	224	1757'609		
	Talla	175'531	224	0'784		
	K	6'359	224	0'028		
	Cetrsiz	292'577	224	1'306		
Total	peso	31732928'000	233			
	talla	125282'126	233			
	K	1993'189	233			
	Cetrsiz	186503'958	233			
Total corregida	peso	690772'996	232			
	talla	244'984	232			
	K	8'746	232			
	Cetrsiz	409'450	232			

**Tabla 5.4.1.VI. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error.**

	F	gl1	gl2	Significación
peso	2'682	5	227	0'022
talla	1'631	5	227	0'153
k	0'945	5	227	0'453
cetrsiz	1'627	5	227	0'154

Diseño: Intersección+régimen+entrada

**Tabla 5.4.1.VII. MANOVA final considerando los dos factores' entrada y régimen' sobre cada uno de los parámetros.**

Variable	Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
peso	Inter-grp.	275006'333	2	137503'167	76'066	0'000
	Intra-grp.	415766'663	230	1807'681		
	Total	690772'996	232			
talla	Inter-grp.	62'333	2	31'167	39'246	0'000
	Intra-grp.	182'651	230	0'794		
	Total	244'984	232			
k	Inter-grp.	2'031	2	1'015	34'773	0'000
	Intra-grp.	6'716	230	0'029		
	Total	8'746	232			
cetrsiz	Inter-grp.	103'190	2	51'595	38'748	0'000
	Intra-grp.	306'260	230	1'332		
	Total	409'450	232			

**Tabla 5.4.1.VIII. Test de Bonferroni al final del cultivo. Letras distintas indican diferencias significativas para  $\alpha=0.05$**

Entrada	Peso	Talla	Tamaño	K
Abril	325'53±4'20a	22'50±0'15 a	27'40±0'17 a	2'84±0'02 a
Julio	361'94±5'66 b	23'28±0'12 b	28'41±0'13 b	2'85±0'02 a
Octubre	408'30±4'65 c	23'73±0'10 c	28'99±0'11 b	3'04±0'02 b

De modo absoluto, al final de los experimentos la muestra de la entrada de octubre es la de mayor talla (23'73 cm), peso (408'30 g), factor de condición (3'04) y tamaño de centroide (28'99) y la entrada de abril la de menor talla (22'50 cm), peso (325'53 g), factor de condición y tamaño de centroide (2'85). Todas las diferencias entre entradas para todos los parámetros son significativas excepto para el factor de condición, donde no se encuentran diferencias significativas entre las entradas de abril y julio, aunque los primeros terminasen el cultivo en noviembre y otros en julio del siguiente año.

Es decir, que la entrada de octubre ha pasado de ser la menor en todos los parámetros a ser la mayor. La entrada de julio tiene mayor tamaño, centroide (28'41), talla (23'28 cm) y peso (361'94 g) que la entrada de abril, pero igual factor de condición (2'85).

Si nos fijamos en la tabla de la comparación inter-sujetos (tabla 5.4.1.VIII) nos damos cuenta de que a pesar de que las diferencias de las medias entre entradas son significativas, nos movemos en rangos de 1 cm de diferencia entre las medias, mientras que el rango de diferencias entre los valores de peso son del orden de 45 gramos. Estos resultados nos permiten indicar que si la variación de la longitud es tan pequeña, para traducirse en cambio en un peso de 45 gramos tiene que haber afectado a la forma, lo que implica un cambio en volumen o en densidad. Sabemos que un cambio en la composición bioquímica

no puede originar diferencias de peso tan grandes, por lo que la morfología nos podrá orientar en el estado nutricional de estos animales.

**Tabla 5.4.1.IX. Resumen de los parámetros de las muestras usadas en el estudio morfométrico. Test de Bonferroni. Test de Tamhane para el Peso**

Entrada		Fecha	Peso (g)	Talla (cm)	Tamaño (C.S)	K
Abril	Inicial	24/03/99	24'45±1'04	10'221±0'164	12'12±0'17	2'26±0'03
	Adlibitum	09/11/99	330'32±4'02 <b>aA</b>	22'51±0'14 <b>aA</b>	27'52±1'28 <b>aA</b>	2'89±0'15 <b>a</b>
	Restringida	09/11/99	320'85±3'97 <b>bB</b>	22'49±0'14 <b>aA</b>	27'28±1'05 <b>aA</b>	2'81±0'14 <b>a</b>
Julio	Inicial	15/07/99	30'64±1'11	10'62±0'10	12'59±0'13	2'53±0'04
	Adlibitum	14/07/00	368'05±8'99 <b>cC</b>	23'419±0'17 <b>bB</b>	28'42±1'29 <b>bB</b>	2'85±0'21 <b>a</b>
	Restringida	12/07/00	355'67±6'64 <b>cD</b>	23'15±0'17 <b>bB</b>	28'42±1'31 <b>bB</b>	2'86±0'14 <b>a</b>
Octubre	Inicial	22/11/99	24'20±0'66	9'83±0'10	11'52±0'112	2'53±0'03
	Adlibitum	10/10/00	421'55±6'00 <b>dE</b>	23'947±0'11 <b>cC</b>	29'31±0'94 <b>cC</b>	3'06±0'19 <b>b</b>
	Restringida	11/10/00	393'27±6'56 <b>eF</b>	23'49±0'12 <b>dD</b>	28'63±0'93 <b>cC</b>	3'03±0'18 <b>b</b>
MANOVA (Valor P)						
	Régimen		<b>0'000</b>	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>	0'107
	Entrada		<b>0'002</b>	<b>0'038</b>	<b>0'039</b>	<b>0'000</b>
	Interacción		0'316	0'282	0'176	0'323

### Correlación entre Talla y Tamaño del Centroide.

Se ha estudiado la relación entre la talla y el tamaño del centroide por medio de la regresión lineal entre ambos parámetros. Se puede apreciar en las tablas siguientes (tablas 5.4.1. X, XI y XII) la alta correlación lineal entre talla y tamaño de centroide para cada una de las tres entradas de animales.

**Tabla 5.4.1.X Entrada Abril. Resúmenes de la Regresión de la Talla frente al Tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Coeficientes de la Regresión.

	B	E. típico	t	Sig
Constante	0'556	0'074	7'596	0'000
Centroide	0'803	0'003	233'408	0'000

B. ANOVA

	Suma de Cuadrados	g.l.	Media Cuadrática	F	Sig'
Regresión	4742'455	1	4742'455	54479'426	0'000
Residual	23'504	270	0'087		
Total	4765'959	271			

C. Resumen del Modelo

$R^2$	$R^2$ Corregida	E. típico de la estima	Cambio de $R^2$	Cambio de F	gl 1	gl 2	Sig.
0'995	0'995	0'29504	0'995	54479'42	1	270	0'000

La pendiente de la regresión para la entrada de Abril es de 0'803 y el valor de  $r^2$  es de 9'95.



**Tabla 5.4.1.XI Entrada Julio Resúmenes de la Regresión de la Talla frente al Tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Coeficientes de la Regresión.							
	B	E. típico	t	Sig.			
Constante	0'638	0'066	9'645	0'000			
Centroide	0'797	0'003	276'748	0'000			

B. ANOVA					
	S. C.	g.l.	M. C.	F	Sig.
Regresión	5054'037	1	5054'037	76589'425	0'000
Residual	19'863	301	0'066		
Total	5073'899	302			

C. Resumen del Modelo							
R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida	E. típico de estima	Cambio de R <sup>2</sup>	Cambio de F	gl1	gl2	Sig.
0'996	0'996	0'25688	0'996	76589'425	1	301	0'000

Para la entrada de Julio la pendiente de la recta es de 0'797 y el valor de  $r^2$  es de 9'96.

**Tabla 5.4.1.XII. Entrada Octubre. Resúmenes de la Regresión de la Talla frente al Tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Coeficientes de la Regresión.							
	B	E. típico	t	Sig.			
Constante	0'700	0'045	15'618	0'000			
Centroide	0'797	0'002	371'182	0'000			

B. ANOVA					
	S. C.	g.l.	M. C.	F	Sig.
Regresión	9406'487	1	9406'487	137775'949	0'000
Residual	21'848	320	0'068		
Total	9428'335	321			

C. Resumen del Modelo							
R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida	E. típico de la estima	Cambio de R <sup>2</sup>	Cambio de F	gl 1	gl 2	Sig.
0'998	0'998	0'26129	0'998	137775'949	1	320	0'000

Finalmente, para la entrada de Octubre la pendiente de la recta es de 0'797 y el valor de  $r^2$  es de 0'998.

El análisis de la covarianza se recoge en las dos tablas siguientes. Como no existe interacción significativa entre la época de entrada en cultivo y el tamaño de los animales medido como centroide podemos suponer que las diferencias significativas que existan entre las distintas entradas se deberán a distintas morfologías.

**Tabla 5.4.1.XIII Resumen del Análisis de la Covarianza de la Talla para cada entrada en función del tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Prueba de homogeneidad de pendientes. Variable dependiente: Talla

	Suma Cuadrados	g.l.	Media Cuadrática	F	Sig
Modelo Corregido*	19846'51	5	3969'303	5421'58	0'000
Independiente	22'742	1	22'742	310'714	0'000
Entrada	0'202	2	0'101	1'381	0'252
Tamaño Centroide	17447'743	1	17447'743	238384'114	0'000
Interacción**	0'286	2	0'143	1'952	0'143
Error	65'214	891	7'319E-2		
Total	292203'496	897			
Total corregido	19911'726	896			

\* R cuadrado = 0'997 (R cuadrado corregida = 0'997)

B. Contraste de Levene

F	g.l. 1	g.l.2	Sig.
2'776	2	894	0'63

Modelo: Talla=Independiente + Centroide + Entrada

C. Análisis de la Covarianza. Efectos intersujetos. Variable: Talla

	Suma de Cuadrados	g.l.	Media Cuadrática	F	Sig
Modelo Corregido*	19846'227	3	6615'409	90192'415	0'000
Independiente	26'708	1	26'708	364'124	0'000
Entrada	0'682	2	0'341	4'652	0'010
Tamaño Centroide	19202'694	1	19202'694	2261803'510	0'000
Error	65'500	893	4'652		
Total	292203'496	897			
Total corregido	19911'726	896			

El análisis de varianza que está recogido en la tabla 5.4.1.XIII nos da ligeras diferencias significativas (probabilidad de 0'01) entre las correlaciones que hay entre la talla y el tamaño del centroide de las entradas de abril y de julio.

**Tabla 5.4.1.XIV Medias marginales para cada entrada y Test de Bonferroni.**

A. Estimaciones de las Medias Marginales de la Talla por Entradas				
Entrada	Media *	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
			Límite inferior	Límite superior
1. Abril	17'452	0'016	17'419	17'484
2. Julio	17'385	0'016	17'354	17'416
3. Octubre	17'434	0'015	17'404	17'464

\* Valores en la media de la covariable Tamaño del Centroide = 21'0216.

B. Ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples en las medias marginales. (Valor de la talla en la media de la covariable en cada Entrada).

Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia de Medias(I-J)	Error tip.	Sig.
1. Abril	2. Julio	6'64E-2	0'23	0'011*
	3. Octubre	1'76E-2	0'22	1'000
2. Julio	3. Octubre	-4'887E-2	0'22	0'81

\* Diferencias significativas para  $\alpha=0'05$  pero no para  $\alpha=0'01$

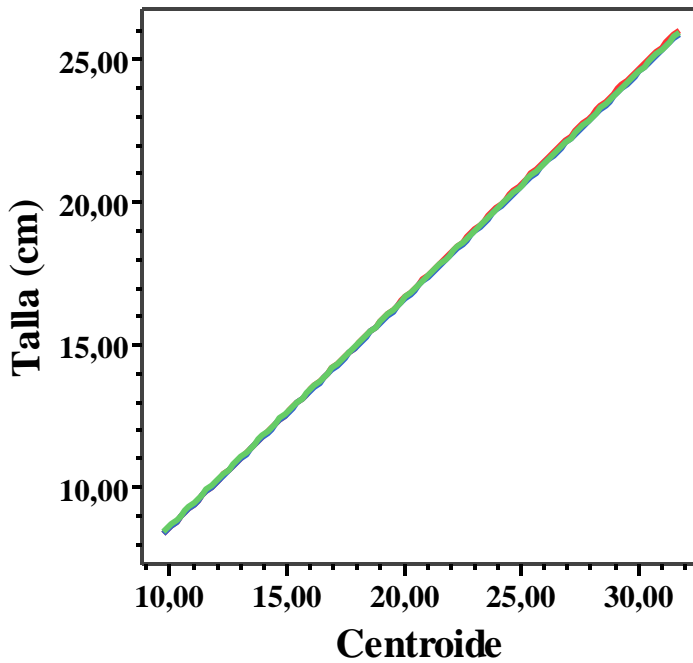
El análisis de la covarianza nos ofrece tres modelos de regresión con la misma pendiente para la regresión de la talla frente la centroide para las entradas de abril, julio y octubre:

Abril: Talla =  $0'660 + 0'018 + 0'798 * \text{Centroide}$

Julio: Talla =  $0'660 - 0'049 + 0'798 * \text{Centroide}$

Octubre: Talla =  $0'660 + 0'798 * \text{Centroide}$

De modo general: Talla =  $0'6463 + 0'798 * \text{Centroide}$



- Entrada**
- Abril  $Talla = 0,56 + 0,803 * Centroide$
  - Julio  $Talla = 0,64 + 0,797 * Centroide$
  - Octubre  $Talla = 0,70 + 0,796 * Centroide$

$$Talla = 0'6463 + 0'798 * Centroide$$

**Figura.5.4.1.I Regresiones lineales de la Talla frente al Tamaño del Centroide**

Las regresiones de la talla para las tres entradas son similares, con muy alto nivel de correlación  $R^2$  (0'99 en los tres casos) y muy bajo error típico de la estimación (0'29, 0'25, 0'26 respectivamente). En la gráfica las tres rectas de regresión se superponen prácticamente. El análisis de la covarianza no da diferencias significativas, a un nivel  $\alpha = 0'05$ , en las pendientes, luego las diferencias que se observan son consistentes a lo largo de toda la variación de los

tamaños de centroide. Aunque las pendientes son iguales para las tres entradas, lo que significa igual covariación, existe una ligera pero significativa diferencia de los individuos de la primera entrada respecto de los individuos de la segunda entrada, de julio, pero no respecto a los que entran en octubre, presentando aquellas primeras tallas mayores para el mismo tamaño de centroide. Las diferencias de tallas en la media de la covariable tamaño del centroide es del orden de milímetro

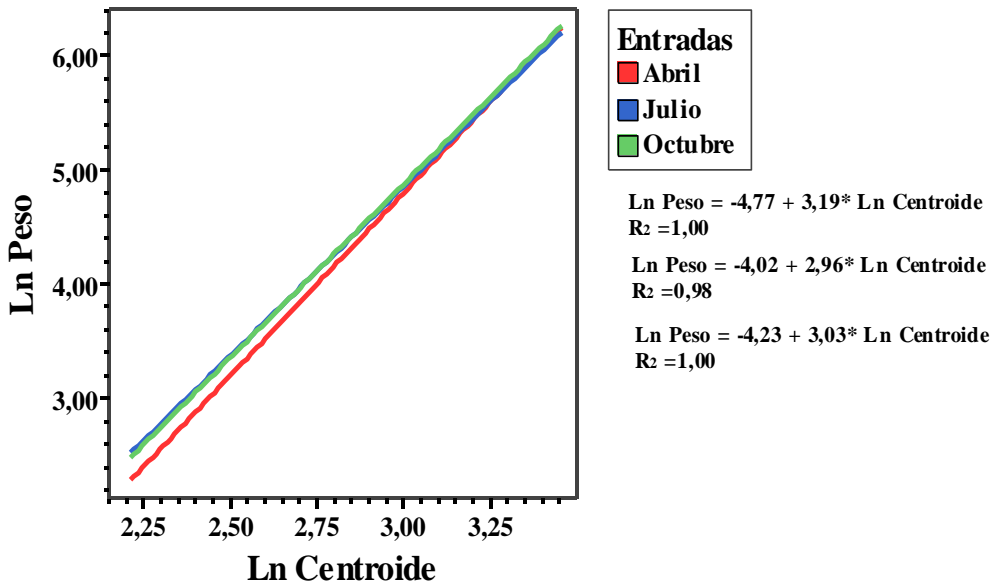
Desde el punto de vista biológico y desde el punto de vista práctico de la acuicultura, podemos considerar esta diferencia significativa poco relevantes. Además, estas diferencias en la talla de los peces de abril no es significativa a niveles de  $\alpha=0'01$ . Los animales con menor talla para el mismo centroide son los animales de la segunda entrada, que precisamente alcanzan el tamaño de centroide medio (21'02 ) en el período preinvernal, justo cuando tienen sus reservas grasas bien llenas, lo que parece indicar un perfil más esbelto para las otras dos entradas. Posiblemente la explicación se deba a que estos animales se mantienen en un estado de crecimiento continuo en prácticamente todo el período de cultivo, mientras que los otros animales se ven influenciados por el período invernal.

### **Correlación entre Peso y Tamaño del Centroide.**

Las regresiones del logaritmo natural del peso respecto del logaritmo natural del centroide, aunque similares, muestran mayor diferencia entre entradas que en el caso de la talla. El estudio de la interacción indica diferencias significativas entre las pendientes de las regresiones de cada entrada especialmente entre la primera entrada y las otras dos.

La gráfica de las rectas de regresión muestra muy bien el efecto del menor peso para el tamaño de centroide en la entrada de abril a pesar. Esto podría indicar menor densidad corporal o diferente forma. Parece claro que, a diferencia de la talla, las épocas por las que transcurre el crecimiento sí tiene efecto en el

peso y posiblemente en la forma de los individuos, sin distinguir, en principio si son causa o efecto o interaccionan continuamente entre si. Es decir que un pez puede engordar con una determinada talla, y modificar su forma o destinar energía al crecimiento y cambiar de forma o talla sin incremento de peso.



**Figura. 5.4.1.II. Regresiones lineales de la Talla frente al Tamaño del Centroide**

Las regresiones que se recogen en las siguientes tablas son altamente significativas y pueden ser claros indicadores de que ha de producirse algún efecto en la densidad (composición química de los animales) o del volumen, y por tanto, de la forma

**Tabla. 5.4.1.XIV A, B y C. Entrada Abril. Resúmenes de la Regresión del Ln del Peso frente al Ln del Tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Coeficientes de la Regresión.							
	B	E. típico	t	Sig.			
Constante	-4'767	0'039	-121'276	0'000			
LnCentroide	3'189	0'013	245'020	0'000			

B. ANOVA						
	Suma de Cuadrados	g.l.	Media Cuadrática	F	Sig.	
Regresión	191'420	1	191'420	60035'007	0'000	
Residual	0'861	270	0'003			
Total	192'281	271				

C. Resumen del Modelo							
R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida	E. típico de la estima	Cambio de R <sup>2</sup>	Cambio de F	gl 1	gl 2	Sig.
0'996	0'996	0'05646656	0'996	60035'007	1	320	0'000

**Tabla 5.4.1.XV. A, B y C. Entrada Julio. Resúmenes de la Regresión del Ln del Peso frente al Ln del Tamaño del Centroide. ( $\alpha=0'05$ )**

A. Coeficientes de la Regresión.				
	B	E. típico	t	Sig.
Constante	-4'023	0'068	-59'097	0'000
LnCentroide	2'959	0'022	134'199	0'000

## B. ANOVA

	Suma de g.l. Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.
Regresión	177'275	1	177'275	18009'429 0'000
Residual	2'963	301	0'010	
Total	180'238	302		

## C. Resumen del Modelo

R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida	E. típico de la estima	Cambio de R <sup>2</sup>	Cambio F	gl 1	gl 2	Sig.
0'984	0'984	0'09921423	0'984	18009'429	1	301	0'000

**Tabla 5.4.1.XVI A, B y C. Entrada Octubre. Resúmenes de la Regresión del Ln del Peso frente al Ln del Tamaño del Centroide ( $\alpha=0'05$ )**

## A. Coeficientes de la Regresión.

	B	E. típico	t	Sig.
Constante	-4'227	0'034	-124'278	0'000
LnCentroide	3'033	0'012	262'645	0'000

## B. ANOVA

	Suma de g.l. Cuadrados	Media Cuadrática	F	Sig.
Regresión	367'105	1	367'105	68982'577 0'000
Residual	1'703	320	0'005	
Total	368'808	321		

## C. Resumen del Modelo

R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Corregida	E. típico de la estima	Cambio de R <sup>2</sup>	Cambio F	gl 1	gl 2	Sig.
0'995	0'995	0'07295005	0'995	8985'577	1	320	0'000



Del estudio de la covarianza que se recoge en la tabla siguiente resulta una interacción significativa; podemos inferir que hay un efecto de la época del año en la que se desarrolla el cultivo sobre el peso que alcanzan individuos del mismo tamaño, o lo que es igual pero mas significativo, que estas diferencias puedan deberse a cambios de densidad y por tanto composición bioquímica o de volumen, es decir y puesto que tienen el mismo tamaño, de forma.

**Tabla 5.4.1.XVII. Prueba de homogeneidad de pendientes.**

Variable dependiente: Ln Peso

	Suma	g.l.	Media	F	Sig ( $\alpha=0'05$ )
Modelo Corregido*	766'044	5	153'209	24699'8	0'000
Independiente	144'480	1	144'480	23292'5	0'000
Entrada	0'636	2	0'318	51'300	0'000
Ln Centroide	660'788	1	660'788	106530	0'000
Interacción**	0'535	2	0'268	43'145	0'000
Error	5'527	891	6'203E-3		
Total	21838'921	897			
Total corregido	771'571	896			

\* R cuadrado = 0'993 (R cuadrado corregida = 0'993)

\*\* Interacción entre el factor entrada y la covariable Ln(Tamaño de Centroide)

## **5.5.- MORFOLOGÍAS DE LOS ANIMALES AL INICIO Y AL FINAL DEL CULTIVO**

Si en el apartado anterior hemos expuesto nuestra sospecha de que existan diferencias en las formas de los individuos en función de las distintas entradas, en este apartado se estudia si son ciertas esas diferencias entre las morfologías de los individuos y si también existen diferencias de forma al inicio y al final del cultivo y, por tanto, si el crecimiento en esta fase del cultivo es de tipo alométrico.

Se han utilizado los programas basados en la “thin plate spline” para visualizar los perfiles de los individuos. Por medio de esta herramienta pretendemos determinar qué zonas del perfil de los animales son las más afectadas por la época del año en la que se produce el crecimiento.

### **5.5.1 RESULTADOS**

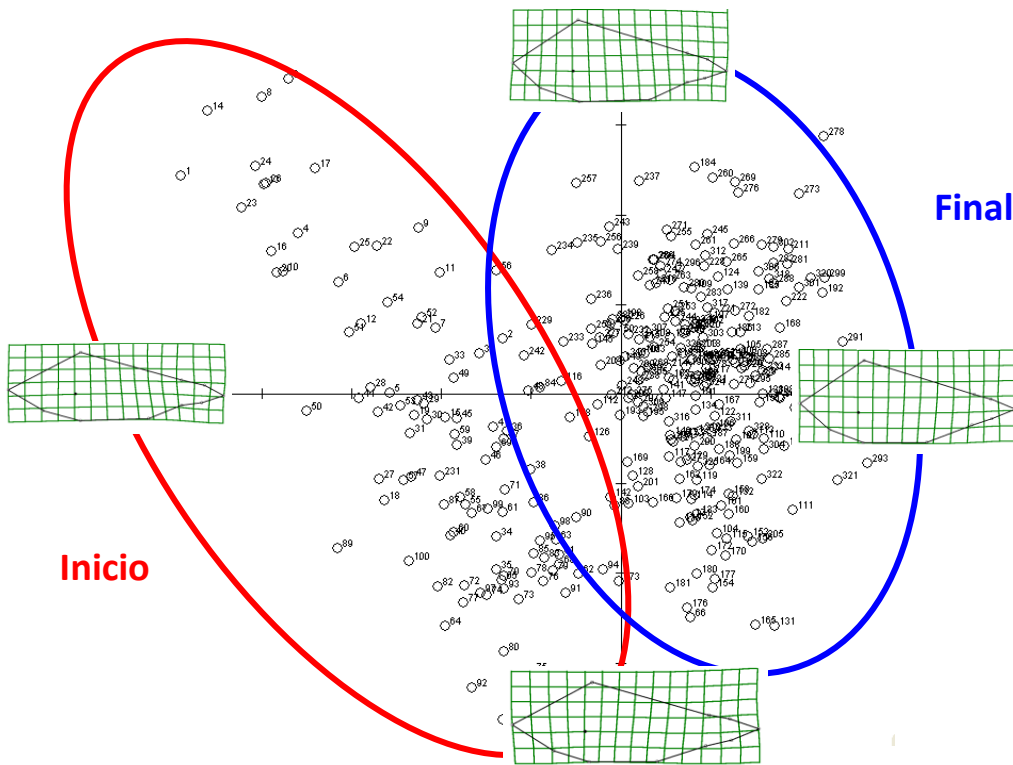
#### **Morfologías inicial y final.**

Los análisis MANOVA de las puntuaciones obtenidas al someter las deformaciones principales al estudio de componentes principales para obtener las puntuaciones en sus deformaciones relativas, reflejan claras diferencias en la morfología de los animales al principio y al final del cultivo. Como se puede observar en las siguientes tablas en los contrastes univariados, las diferencias se producen en las puntuaciones de las dos primeras deformaciones relativas analizadas.

**Tabla 5.5.1.I. A. MANOVA Prueba de la Lambda de Wilks. B. Contrastes univariados, pruebas intersujetos. ( $\alpha=0'05$ )**

A.					
Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.	
0'234	541'113(a)	2'000	330'000	0'000	
B.					
Variable	S. C.	Gl	M. C.	F	Sig.
Def. rel. 1	0'056	1	0'056	782'122	0'000
Def. rel 2	0'003	1	0'003	22'515	0'000

La gráfica de distribución nos separa las puntuaciones de las “deformaciones relativas” de los individuos analizados al inicio y al final del cultivo, mostrando claramente que los perfiles de los animales son distintos en ambos momentos. Existe, por tanto, en esta fase del cultivo, un crecimiento alométrico. En los extremos de los ejes se representan en la “parrilla” las configuraciones que tomarían los individuos en esos puntos teóricos. Se observa como en el eje de abscisas hay una progresión de una forma más alargada, especialmente en la región cefálica y ventral, en el inicio del cultivo, hacia unas formas más robustas, con mayor altura del tronco y una región cefálica mas acortada. En el eje de ordenadas se refleja más una variación individual que una progresión a lo largo del crecimiento, puesto que en este eje la distribución es más homogénea, siendo algo más variables las formas al inicio del cultivo. De forma general, los valores progresan desde un acortamiento en la parte ventral de la cabeza, en los valores pequeños del eje, hacia una distensión en los valores mayores. También en este mismo sentido se produce un acortamiento y engrosamiento de la región caudal.



**Figura 5.5.1.I. Gráfico de dispersión de los individuos al inicio y al final del cultivo. En los extremos de los ejes de coordenadas figuran los perfiles teóricos entre los que oscilan las morfologías de todos los individuos.**

En la gráfica también se observa como la dispersión de las puntuaciones de los individuos al final del cultivo disminuye, lo que refleja que se va adquiriendo una morfología de adulto según avanza el cultivo y van desapareciendo las diferencias producidas en la morfología del crecimiento por efecto de la época del año.

**Tabla 5.5.1.II. Porcentaje de varianza explicada por cada una de las deformaciones relativas resultantes del análisis tpsrelw aplicado a la matriz de coordenadas de individuos al inicio y al final del cultivo.**

Def. Principal	Valor propio	% Var. Def. Relativa	% Var. acumulada
1	103'0	26'35	26'35
2	65'2	17'92	44'27
3	27'9	13'83	
4	23'5	8'23	
5	17'9	5'84	~ 72

En la tabla observamos como con las dos primeras deformaciones relativas, las que se representan en la gráfica, se explican el 44% de la variación del perfil de los individuos desde el inicio hasta el final del cultivo.

#### **Morfologías de las distintas entradas al inicio del cultivo.**

Tal y como hemos procedido anteriormente con las otras variables, también se han sometido a las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y al test de Levene de homogeneidad de varianzas a las puntuaciones de las deformaciones relativas y a las coordenadas de los individuos alineados y escalados, con el fin de cerciorarnos de que se pueden aplicar los test de ANOVA o MANOVA a los datos obtenidos.

El análisis de componentes principales de las “parcial warps” y el MANOVA de sus puntuaciones sobre los ejes nos da diferencias altamente significativas entre la forma de los animales, medida como las puntuaciones de las Deformaciones Relativas, en las edades tempranas al inicio del cultivo, en función de la época del año en la que se inicia. En la tabla 5.5.1.II se recoge la proporción de la variación explicada por cada Deformación Relativa. Las dos primeras deformaciones explican casi el 60% de la variabilidad total del perfil entre los animales de las distintas entradas. La Deformación Relativa 1 (abscisas

en la gráfica de la figura 5.5.2.2.II) se refiere a los cambios más acusados en la morfología de la parte posterior del tronco y el pedúnculo caudal, y la Deformación Relativa 2 (ordenadas) se refiere a los cambios en la atura de la parte anterior del tronco y los cambios en la posición relativa a la inserción de la aleta pectoral, que está relacionada con el tamaño relativo del cráneo y la cintura escapular y marcan el desarrollo de la parte anterior del tronco.

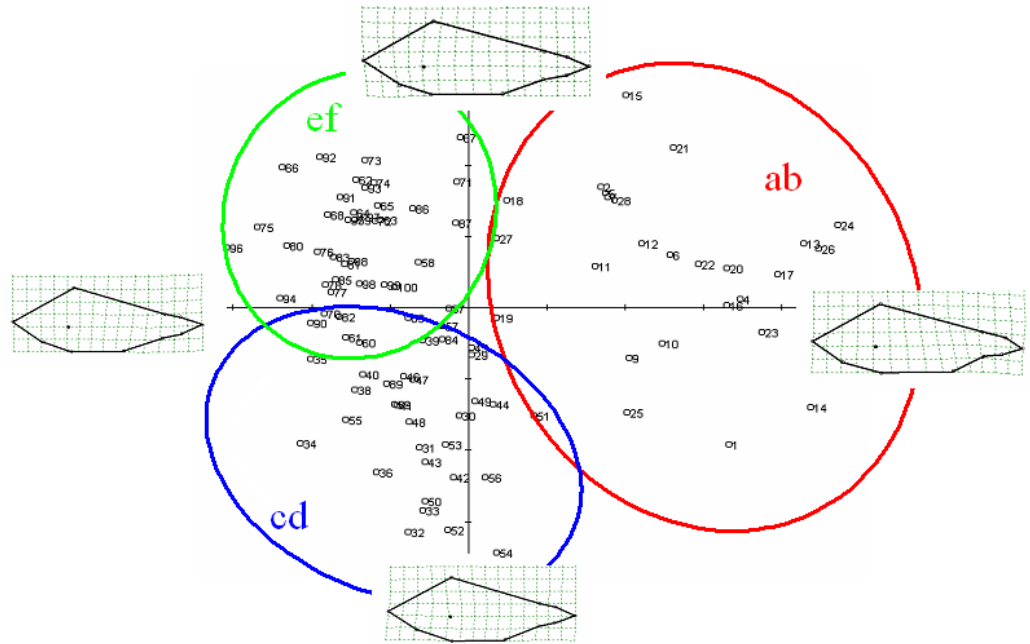
**Tabla 5.5.1.III. Porcentajes de Varianza asignada a cada deformación relativa**

Def .Principal	Valor propio	% Var. Def. Relativa	% Var. acumulada
1	97'3	38'45	38'45
2	62'20	20'14	58'59
3	27'6	9'44	
4	24'8	5'42	
5	1'83	4'01	~ 72

**Tabla 5.5.1.IV. Contrastes multivariados sobre las puntuaciones de las Deformaciones Relativas (Rw). Prueba de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'115	180'033	4'000	94'000	0'000
Entrada	0'093	53'405	8'000	188'000	0'000

Diseño: Intersección + Entrada.



**Figura 5.5.1.II** Gráfica de dispersión de las puntuaciones de los individuos al inicio del cultivo sobre los ejes de las Deformaciones Relativas 1(abscisas) y 2 (ordenadas). ab: entrada de abril; cd: entrada de julio; ef: entrada de octubre.

**Tabla 5.5.1.V. Parámetros descriptivos de tamaño y ANOVA (esta tabla aparece antes en el capítulo 5.4. Se repite aquí para facilitar la discusión de los resultados de las puntuaciones).**

Entradas	N	Peso	Talla	Ctrsize
Abril	28	24'45 ± 1'04 <b>a</b>	10'22 ± 0'15 <b>a</b>	12'12 ± 0'17 <b>a</b>
Julio	32	30'64 ± 1'11 <b>b</b>	10'62 ± 0'10 <b>a</b>	12'59 ± 0'14 <b>a</b>
Octubre	40	24'20 ± 0'66 <b>a</b>	9'83 ± 0'10 <b>b</b>	11'52 ± 0'11 <b>b</b>

Aplicado el Test de Bonferroni, letras distintas indican diferencias significativas en las medias para un nivel  $\alpha=0'05$ .

El test de homogeneidad de pendientes resulta, efectivamente, en una significativa interacción entre el tamaño de los individuos y su forma en el eje de ordenadas que es el que los discrimina en la gráfica. Necesitamos pues realizar

una estandarización de esos grupos para comprobar que las diferencias en la forma no se deben simplemente al tamaño de los animales.

**Tabla 5.5.1.VI Test de homogeneidad de las pendientes Lambda de Wilks. Covariable: Tamaño (Ln del Centroide).**

Efecto	Valor	F	G.l. hipótesis	G.l. error	Sig.
Intersección	0'942	2'881(a)	2'000	93'000	0'061
Entrada	0'868	3'412(a)	4'000	186'000	0'010
lnCsize	0'941	2'934(a)	2'000	93'000	0'058
Entrada * lnCsize	0'855	3'789(a)	4'000	186'000	0'005

Diseño: Intersección+entrada+lnsize+entrada \* lnsize

**Tabla 5.5.1.VII. Efectos intersujetos. Puntuaciones de las deformaciones relativas' rws. Las significaciones en negrita se refieren a aquellos elementos del modelo donde se producen los efectos de la época de entrada y la interacción**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	rws1	0'031(a)	5	0'006	76'176	0'000
	rws2	0'012(b)	5	0'002	30'542	0'000
Intersección	rws1	6'69E-007	1	6'69E-007	0'008	0'928
	rws2	0'000	1	0'000	5'687	0'019
Entrada	rws1	0'000	2	8'93E-005	1'101	0'337
	<b>rws2</b>	0'001	2	0'000	5'856	<b>0'004</b>
LnCsize	rws1	2'75E-009	1	2'75E-009	0'000	0'995
	<b>rws2</b>	0'000	1	0'000	5'721	<b>0'019</b>
Entrada * LnCsize	rws1	8'71E-005	2	4'36E-005	0'537	0'586
	<b>rws2</b>	0'001	2	0'001	7'005	<b>0'001</b>
Error	rws1	0'008	94	8'11E-005		
	rws2	0'008	94	8'18E-005		
Total	rws1	0'039	100			
	rws2	0'020	100			
Total corregida	rws1	0'039	99			
	rws2	0'020	99			



Como en la variable Deformación Relativa 1 (rw 1) no existe interacción, realizamos un análisis de la covarianza que nos da diferencias significativas entre las tres entradas sin efecto del tamaño del centroide, es decir, que la diferencia entre las entradas en la Deformación Relativa 1 (rw1) no se relaciona con la diferencia de tamaño. Si observamos la gráfica podemos observar que la posible interacción en la rw2 entre el efecto de la entrada y el tamaño se traduce en la distinta inclinación del eje mayor de la elipse de distribución. Esto implica que en la medida en que los animales de la entrada de octubre tienen mayor tamaño tienden a un perfil de la rejilla superior de la ordenada, los de la entrada de julio lo hacen hacia el perfil de la rejilla inferior de la ordenada. ¿Por qué sucede esto? Porque unos están aumentando de tamaño de cara al invierno (entrada de octubre) y otros están aumentando de tamaño de cara al verano-otoño ( entrada de julio) Esta pregunta ya aparece cuando se estudia el aprovechamiento energético al estudiar los tipos de alimentación (ad libitum y restringido).

Examinando los resultados del MANCOVA observamos que, si bien en la componente dos (rws 2) podría existir una influencia de la covariante  $\ln Csize$ , las diferencias entre las formas de las distintas entradas al inicio del cultivo son significativas. Es decir, existen diferencias de forma entre animales de la misma población y tamaño, dependiendo de la época del año de su entrada en cultivo, de modo que la forma de los peces en un momento concreto de su desarrollo ontogenético de crecimiento está afectada por la época del año en la que se ha realizado el desarrollo, ya sea directamente, o más fácilmente, indirectamente por las implicaciones nutritivas, derivadas de la diferente ingesta en cada época del año, y al efecto sobre los ciclos de producción hormonal.

Efectivamente, la interacción entre entrada y tamaño, medido como centroide o logaritmo del centroide, nos introduce en la realidad de que la forma está influenciada tanto por el tamaño, debido no tanto al crecimiento ligeramente alométrico, como a la velocidad y momento del año en la que se producen estos cambios durante la fase de pubertad, lo que podría explicar, en parte, la diferente

pendiente en las regresiones entre los logaritmos del peso y del centroide que se habían constatado en los apartados anteriores.

**Tabla 5.5.1.VIII. A. Análisis de la Covarianza. B. Pruebas de los efectos inter-sujetos. Variable: rw1. y comparaciones mediante el test de Bonferroni.**

<b>A.</b>					
Fuente	S. C.	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	0'031(a)	3	0'010	127'835	0'000
Intersección	3'62 E-006	1	3'62E-006	0'045	'832
Entrada	0'030	2	0'015	186'326	<b>0'000</b>
Centroide	7'61 E-008	1	7'61E-008	0'001	'976
Error	0'008	96	80'04E-005		
Total	0'039	100			
Total corregida	0'039	99			

**B.**

Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	E. típ.	Sig.
Abril	Julio	0'033(*)	0'002	<b>0'000</b>
	Octubre	0'042(*)	0'002	<b>0'000</b>
Julio	Octubre	0'009(*)	0'002	<b>0'001</b>

Basadas en las medias marginales estimadas. La diferencia de las medias es significativa al nivel 0'05

**Puntos del perfil de los animales afectados por la época de entrada en cultivo.**

El estudio de los 11 hitos (las 22 variables que corresponde a los puntos de marca descompuestos en sus componentes x e y) alineados nos permitiría

precisar las zonas donde se produce la mayor diferencia entre los perfiles de los animales.

**Tabla 5.5.1.IX. MANCOVA. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'000	36819'803(b)	18	77	0'000
Entrada	0'325	1'757(b)	36	77	0'010
Cetrsiz	0'502	2'064(b)	18	154	0'015
Entrada*Cetrsiz	0'530	1'597(b)	36	154	0'027

El contraste de Levene no da valores significativos que impidan considerar iguales las varianzas del error.

La interacción entre el tamaño y el momento del inicio del cultivo es significativa, aunque la interacción se observa solamente en la componente x de los puntos 10 y 11 (desplazamiento en la dirección del eje de abscisas). Por eso cuando realizamos el análisis de covarianza y varianza múltiples sin considerar estas dos variables, los resultados son los que se recogen en las siguientes tablas (5.5.1. X y 5.5.1.XI)

**Tabla 5.5.1.X. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Significación
Intersección	0'000	31105'323	18		0'000
Entrada	0'037	18'457)	36	158'000	0'000
Cetrsiz	0'681	2'056)	18	79'000	0'015

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz.

**Tabla 5.5.1.XI. Pruebas de los efectos inter-sujetos. Se recogen en la tabla solamente aquellas variables cuyas diferencias son significativas.**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Significación
Entrada	LM 1x	0'001	2	0'001	340'038	<b>0'000</b>
	LM 2x	0'002	2	0'001	40'974	<b>0'000</b>
	LM 2y	0'002	2	0'001	24'436	<b>0'000</b>
	LM 3x	0'006	2	0'003	76'351	<b>0'000</b>
	LM 4x	0'001	2	0'000	11'896	<b>0'000</b>
	LM 4y	0'001	2	0'000	12'605	<b>0'000</b>
	LM 5x	0'001	2	0'000	20'608	<b>0'000</b>
	LM 6x	0'001	2	0'001	22'521	<b>0'000</b>
	LM 6y	0'001	2	0'000	46'367	<b>0'000</b>
	LM 7x	0'001	2	0'000	20'103	<b>0'000</b>
	LM 8y	0'001	2	0'000	29'748	<b>0'000</b>
	LM 9x	0'019	2	0'009	162'455	<b>0'000</b>
	LM 9y	0'001	2	0'000	200'025	<b>0'000</b>
	LM 10y	0'001	2	0'000	9'598	<b>0'000</b>
LM 11y	0'000	2	8'29E-005	5'727	<b>0'004</b>	
Cetrsize	LM 1x	0'000	1	0'000	18'268	<b>0'000</b>
	LM 1y	0'000	1	0'000	8'122	<b>0'005</b>
	LM 3x	0'000	1	0'000	9'625	<b>0'003</b>
	LM 7y	3'02E-005	1	3'02E-005	4'034	<b>0'047</b>

La diferencia en la posición de los puntos “land marks” es efecto tanto del tamaño como de la época de entrada, pero el efecto del tamaño se reduce a la posición de los puntos 1 y 3. Podemos considerar la diferencia debida fundamentalmente al factor época del año. Entonces, sin el efecto de la covariable tamaño de centroide, el MANCOVA presentó unos valores para Lamda de Wilks de 0'35 y un valor de F de 19'31, que para 36 grados de libertad es altamente significativo (0'000). Los resultados de test de Bonferroni para este test se recogen en la tabla 5.5.1.XII.

**TABLA 5.5.2.XII. Test de Bonferroni**

Variable	Entrada a (I)	Entrada (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error t $\acute{p}$ .	Sig.
LM1y	Abril	Julio	0'004465901601453(*)	0'001310022719862	0'003
		Octubre	-0'003340417840680(*)	0'001247391132488	0'026
	Julio	Octubre	-0'007806319442132(*)	0'001200655655176	0'000
LM1y	Abril	Julio	0'000412092190011	0'001393734310792	1'000
		Octubre	-0'000652041052460	0'001327100510523	1'000
	Julio	Octubre	-0'001064133242471	0'001277378595572	1'000
LM2x	Abril	Julio	-0'008941383826695(*)	0'001343447914324	0'000
		Octubre	-0'010955879279831(*)	0'001279218283683	0'000
	Julio	Octubre	-0'002014495453137	0'001231290351924	0'315
LM2y	Abril	Julio	-0'007023350071289(*)	0'001548458449476	0'000
		Octubre	-0'010517081694620(*)	0'001474427358867	0'000
	Julio	Octubre	-0'003493731623331(*)	0'001419185611043	0'047
LM3x	Abril	Julio	-0'015364953133170(*)	0'001672393742552	0'000
		Octubre	0'001591069900522	0'001592437362237	0'961
	Julio	Octubre	0'016956023033692(*)	0'001532774183403	0'000
LM3y	Abril	Julio	0'000950963364485	0'001255726300363	1'000
		Octubre	0'000245600281660	0'001195690599985	1'000
	Julio	Octubre	-0'000705363082825	0'001150892164712	1'000
LM4x	Abril	Julio	-0'006439570800623(*)	0'001457305497996	0'000
		Octubre	-0'005480937365822(*)	0'001387632388328	0'000
	Julio	Octubre	0'000958633434802	0'001335642551048	1'000
LM4y	Abril	Julio	-0'006257978190137(*)	0'001283636341970	0'000
		Octubre	-0'001387908812417	0'001222266275261	0'777
	Julio	Octubre	0'004870069377720(*)	0'001176472140375	0'000
LM5x	Abril	Julio	-0'005855014669446(*)	0'001243677510005	0'000
		Octubre	-0'007712606609560(*)	0'001184217856785	0'000
	Julio	Octubre	-0'001857591940114	0'001139849265943	0'319
LM5y	Abril	Julio	0'000147813226484	0'001163755115460	1'000
		Octubre	-0'000709448772067	0'001108116515388	1'000
	Julio	Octubre	-0'000857261998551	0'001066599181397	1'000

**TABLA 5.5.2.XII. Test de Bonferroni . Continuación**

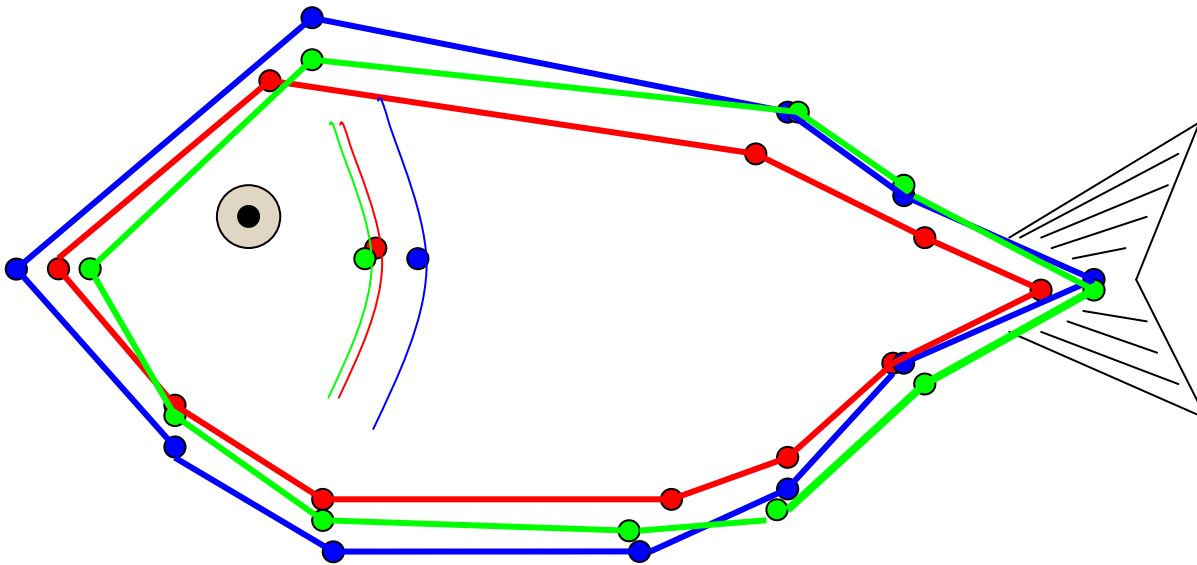
Variable	Entrad a (I)	Entrada (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.
LM6x	Abril	Julio	0'008016829891771(*)	0'001242115951816	0'000
		Octubre	0'006251317840957(*)	0'001182730955980	0'000
	Julio	Octubre	-0'001765512050814	0'001138418074222	0'373
LM6y	Abril	Julio	-0'006295539087223(*)	0'000705420762067	0'000
		Octubre	-0'005329380359975(*)	0'000671694917908	0'000
	Julio	Octubre	0'000966158727248	0'000646528807793	0'415
LM7x	Abril	Julio	-0'000049780787075	0'001189238367222	1'000
		Octubre	-0'006760869969782(*)	0'001132381424532	0'000
	Julio	Octubre	-0'006711089182707(*)	0'001089954967428	0'000
LM7y	Abril	Julio	-0'001116388936979	0'000718846499720	0'371
		Octubre	0'000455268505588	0'000684478777181	1'000
	Julio	Octubre	0'001571657442567	0'000658833699604	0'057
LM8x	Abril	Julio	0'001807393965191	0'001134396768393	0'343
		Octubre	0'002488765009425	0'001080161777473	0'070
	Julio	Octubre	0'000681371044234	0'001039691811855	1'000
LM8y	Abril	Julio	0'004694690450025(*)	0'001011229535462	0'000
		Octubre	0'007620573132617(*)	0'000962883113644	0'000
	Julio	Octubre	0'002925882682593(*)	0'000926807178246	0'006
LM9x	Abril	Julio	0'028037844009407(*)	0'001964169365819	0'000
		Octubre	0'032699476456331(*)	0'001870263326337	0'000
	Julio	Octubre	0'004661632446924(*)	0'001800190959316	0'033
LM9y	Abril	Julio	0'007535146298408(*)	0'001157404901106	0'000
		Octubre	0'004388027614951(*)	0'001102069901879	0'000
	Julio	Octubre	-0'003147118683458(*)	0'001060779113806	0'011
LM10y	Abril	Julio	0'006505088693194(*)	0'001345706506181	0'000
		Octubre	0'002629050217086	0'001281368893295	0'129
	Julio	Octubre	-0'003876038476108(*)	0'001233360385554	0'007
LM11y	Abril	Julio	0'000447462063022	0'000979768155290	1'000
		Octubre	0'003257340939638(*)	0'000932925887676	0'002
	Julio	Octubre	0'002809878876616(*)	0'000897972347025	0'007

Basado en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel  $\alpha=0'05$

Si tomamos en consideración estas diferencias y “caricaturizamos” los perfiles del individuo promedio de cada entrada dibujando exageradamente solo aquellas diferencias significativas, encontraríamos 3 perfiles, como se recogen en la figura **Fig.5.5.1.III**, basados en las coordenadas medias (individuo promedio) de cada entrada.

**Tabla 5.5.1.XIII. Coordenadas medias de los puntos de marca, por Entradas, al Inicio del cultivo.**

Marca	Abril		Julio		Octubre	
	x	y	x	y	x	y
LM1	-0'485049	0'032008	-0'489514	0'031596	-0'481708	0'032660
LM 2	0'381104	0'002055	0'390046	0'009079	0'392060	0'012572
LM 3	-0'230168	0'005437	-0'214803	0'004486	-0'231759	0'005192
LM 4	-0'207393	0'199178	-0'200953	0'205436	-0'201912	0'200566
LM 5	0'213064	0'071339	0'218919	0'071192	0'220776	0'072049
LM 6	0'304917	0'047520	0'296900	0'053815	0'298666	0'052849
LM 7	0'293248	-0'029084	0'293298	-0'027968	0'300009	-0'029540
LM 8	0'214486	-0'042313	0'212678	-0'047008	0'211997	-0'049934
LM 9	0'078237	-0'106411	0'050199	-0'113946	0'045537	-0'110799
LM 10	-0'207235	-0'113331	-0'203663	-0'119836	-0'211099	-0'115960
LM 11	-0'355212	-0'066399	-0'353107	-0'066847	-0'342569	-0'069657

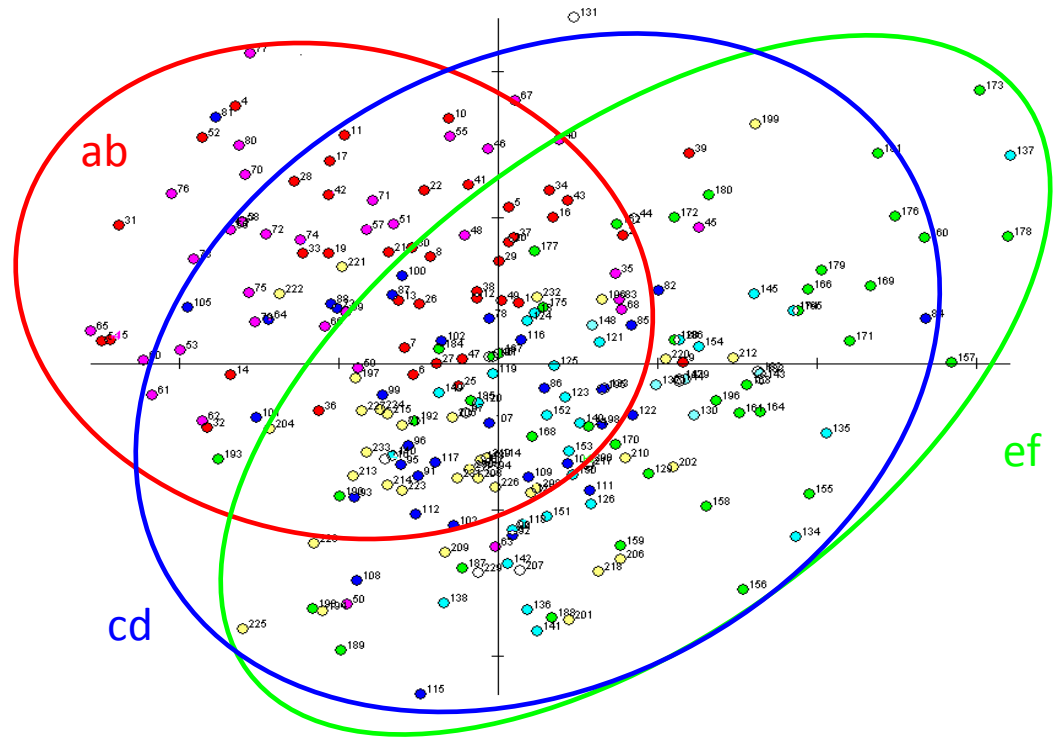


**Figura.5.5.1.III. Caricatura de los perfiles de los individuos centroide de cada entrada al inicio del experimento.** La situación del punto 3, que es interior al perfil, explica el por qué a pesar de estar escalados a tamaño de centroide 1, el perfil de julio sea mayor que los otros dos en todos los hitos, puesto que la distancia del punto 3 al centroide es menor en esa entrada. Tiene la cabeza mayor.



### Morfologías de los individuos de las distintas entradas al final del cultivo.

Al final del cultivo la situación es similar aunque las semejanzas entre las entradas hayan cambiado respecto de la situación inicial. El gráfico recoge la dispersión de las puntuaciones relativas rw1 y rw2.



**Figura.5.5.1.IV. Gráfico de dispersión de los individuos al final del cultivo.**

El resultado del MANOVA realizado sobre los parámetros biométricos básicos arroja diferencias significativas entre las tres entradas para el peso, talla y tamaño de centroide, en cambio no da diferencias significativas para el factor de condición,  $k$ , entre las entradas 1 y 2, cuando al inicio del cultivo no había diferencias significativas entre 2 y 3.

De modo absoluto, al final de los experimentos la muestra de la entrada de octubre es la de mayor talla (23'73 cm), peso (408'30 g), factor de condición (3'04) y tamaño de centroide (28'99) y la entrada de abril la de menor talla (22'50 cm), peso (325'53 g), factor de condición y tamaño de centroide. Todas las diferencias entre entradas para todos los parámetros son significativas excepto para el factor de condición, donde no se encuentran diferencias significativas entre las entradas de abril y julio, aunque los primeros terminasen el cultivo en noviembre del mismo año y el otro en julio del siguiente.

Es decir, que la entrada de octubre ha pasado de ser la menor en todos los parámetros a ser la mayor. La entrada de julio tiene mayor tamaño, centroide (28'41), talla (23'28 cm) y peso (361'94 g) que la entrada de abril, pero igual factor K (2'85)

**Tabla 5.5.1.XIV. MANOVA al final del cultivo. Efectos intersujetos.**

	N	Peso (g)	Talla (cm)	Ctrsize	K
Abril	81	325'53 ± 4'20 <b>a</b>	22'50 ± 0'09 <b>a</b>	27'40 ± 0'13 <b>a</b>	2'84 ± 0'01 <b>a</b>
Julio	73	361'94 ± 5'62 <b>b</b>	23'28 ± 0'11 <b>b</b>	28'41 ± 0'15 <b>b</b>	2'85 ± 0'02 <b>a</b>
Octubre	79	408'30 ± 4'68 <b>c</b>	23'73 ± 0'08 <b>c</b>	28'99 ± 0'11 <b>c</b>	3'04 ± 0'02 <b>b</b>

Aplicado el Test de Bonferroni<sup>7</sup> letras distintas indican diferencias significativas en las medias para un nivel de 0'05.

La proporción de la varianza explicada por cada deformación relativa disminuye respecto a la situación de inicio de cultivo, como aparece en la tabla 5.5.1.XV.

**Tabla.5.5.1.XV Porcentaje de varianza y varianza acumulada de las deformaciones relativas**

Def .Principal	Valor propio	% Var. Def. Relativa	% Var. acumulada
1	105'8	21'99	21'99
2	66'7	13'20	35'19
3	28'1	12'28	
4	22'9	8'52	
5	17'7	7'02	~ 63

Tomando el tamaño del centroide como covariable comprobamos si existen interacción entre el efecto de la época de entrada en cultivo y el tamaño sobre los valores de las deformaciones relativas.

El resultado negativo permite realizar un MANCOVA sobre los valores de las dos primeras deformaciones relativas (rw 1 y rw 2), tomando el tamaño de centroide como covariable.

Este análisis de la covarianza no refleja efectos significativos del tamaño de los animales sobre las deformaciones relativas, que son las variables que nos describen la forma.

El MANOVA siguiente sobre las deformaciones relativas por entradas muestra que existen diferencias significativas entre las deformaciones relativas de las entradas 1 y 2, y entre 1 y 3, pero no entre 2 y 3; es decir que se reducen las diferencias de forma que existían al inicio del cultivo. Además observamos que si bien la diferencia de forma desaparece entre las entradas de julio y octubre, son en cambio significativas sus diferencias en el factor de condición y no lo son entre los factores de condición de las entradas 1 y 2.

**Tabla 5.5.1.XVI. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error.**

	F	gl1	gl2	Sig.
Rw 1	8'202	2	230	0'000
Rw 2	2'242	2	230	0'109
Rw 3	'570	2	230	0'566

Diseño: Intersección+ENTRADA

**Tabla.5.5.1.XVII. Test de homogeneidad de Pendientes. Contrastes multivariados. Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'985	1'664	2'000	226	0'192
Entrada	0'979	1'201	4'000	452	0'310
TCentroide	0'985	1'689	2'000	226	0'187
Entrada * TCentroide	0'977	1'345	4'000	452	0'252

Diseño: Intersección+ Entrada+ TCentroide+ Entrada \* TCentroide.

Ya que no existe interacción significativa, se realizó un MANCOVA sin contar con la interacción que muestra que hay diferencias significativas en el valor de las deformaciones relativas de cada entrada, como puede verse en las tablas siguientes. En definitiva, la diferencia de los valores de las deformaciones relativas se debe fundamentalmente, no a la diferencia de tamaño de los individuos, sino al efecto de la época del año en el que se está realizando.

**Tabla5.5.1.XVIII. Resultados del MANCOVA sobre las deformaciones relativas considerando el tamaño del centroide como covariable. Contrastes multivariados. Lambda de Wilks**

Efecto	Lambda de Wilks	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'982	2'121	2'000	228	0'122
Entrada	0'559	38'536	4'000	456	0'000
Centroide	0'982	2'135	2'000	228	0'121

Diseño: Intersección+ENTRADA+Centoide

En otros términos, el tamaño de los individuos ya no produce diferencias en el perfil entre los individuos de las distintas entradas, sino solamente queda el efecto de la entrada. El test de Bonferroni contrasta diferencias solamente entre las entradas de julio y de octubre, únicamente en las deformaciones relativas rw1 y rw2, que son las que se recogen en la tabla 5.5.1.XIX. Estos contrastes se basan en las comparaciones por pares, linealmente independientes, entre las medias marginales estimadas

Como se ve en la figura 5.5.1.IV, las diferencias tienden a anularse, pasando a una situación donde la variación individual es mayor que la inducida por la época del año en la que se inició el cultivo.

**Tabla 5.5.1.XIX. Comparaciones por pares de las deformaciones relativas: Significación de las diferencias según test de Bonferroni. Basado en las medias observadas.**

	Entradas 1-2	Entradas 2-3	Entradas 1-3
Rws1	0'000*	0'518	0'000*
Rws2	0'000*	1'000	0'000*

\* La diferencia de medias es significativa al nivel '05

Como la deformación relativa (rw1) había resultado en el test de Levene no tener varianzas iguales en las distintas entradas, se realizaron las pruebas T2 de Tamhame, que son menos susceptibles a las diferencias de varianzas entre los grupos y el resultado produjo fue congruente con el test de Bonferroni.

**Tablas 5.5.1.XX. A y B. Agrupaciones de los individuos por entradas en función de los valores de las deformación relativas 1 y 2 ( rw 1 y rw2) según el test de Waller Duncan.**

<b>A rws1</b>			
Entrada	N	Subconjunto	
		1	2
Abril	81	-0'0073288573872	
Julio	73	0'002963153490117	
Octubre	79	0'004776294222658	
<b>B rws2</b>			
Entrada	N	Subconjunto	
		1	2
Julio	73	-0'00375022078463	
Octubre	79	-0'00334361845033	
Abril	81	0'006640888578451	

Para validar la interpretación del MANOVA se agrupan las entradas por la proximidad de las puntuaciones de las deformaciones relativas según el test de Waller-Duncan y resulta en la agrupación de las entradas 2 y 3 en ambas puntuaciones.

Estos resultados contrastan con la agrupación que hubiésemos hecho si atendemos a los valores de índice de condición, que hubiese agrupado a las entradas de abril y julio.

**Puntos del perfil de los animales afectados por la época de entrada en cultivo**

Del mismo modo que se hizo con los individuos al inicio del cultivo en las distintas entradas sobre las coordenadas de los puntos de marca, “landmarks”, después de reescalar y centrar sobre el centroide para minimizar la distancia

procrustes entre individuos, se realizó un MANOVA después de verificar, mediante el test de Levene, que la varianza era igual en cada entrada.

**Tabla 5.5.1.XXI. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas**

	F	gl1	gl2	Significación
LM1x	4'348	2	230	0'014
LM1y	0'465	2	230	0'629
LM2x	1'956	2	230	0'144
LM2y	0'075	2	230	0'928
LM3x	1'956	2	230	0'144
LM3y	3'282	2	230	0'039
LM4x	2'275	2	230	0'105
LM4y	2'604	2	230	0'076
LM5x	2'292	2	230	0'103
LM5y	0'674	2	230	0'511
LM6x	1'791	2	230	0'169
LM6y	2'237	2	230	0'109
LM7x	1'360	2	230	0'259
LM7y	4'079	2	230	0'018
LM8x	0'255	2	230	0'775
LM8y	4'681	2	230	0'010
LM9x	8'320	2	230	0'000
LM9y	0'100	2	230	0'905
LM10x	1'106	2	230	0'333
LM10y	2'402	2	230	0'093
LM11x	0'637	2	230	0'530
LM11y	0'697	2	230	0'499

En aquellas variables que se desvían de la igualdad de varianzas del error se aplicarán los test de Tamhane en las comparaciones por pares para corroborar los resultados de los test de Bonferroni.

Se comprobó que no existía interacción entre las distintas entradas y el tamaño de los animales y posteriormente el MANCOVA confirmó que el tamaño no tenía efecto sobre la posición de las variables del perfil (hitos o landmarks)

**Tabla 5.5.1.XXII. Test de homogeneidad de pendientes. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'000	41978'313	18'000	210'000	0'000
Entrada	0'894	0'673	36'000	420'000	0'927
Cetrsize	0'888	1'470	18'000	210'000	0'103
Entrada * cetrsize	0'887	0'722	36'000	420'000	0'884

Diseño: Intersección+Entrada+cetrsize+Entrada \* Ctrsize

Podemos por tanto afirmar que la mayor parte de la varianza en la posición de los hitos en los perfiles de los animales una vez centrados y escalados y sobreimpuestos se debe principalmente al efecto de la época de entrada en cultivo.

**Tabla 5.5.1.XXIII. MANCOVA. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	43932'504	18'000	212'000	0'000
Entrada	0'316	9'171	36'000	424'000	0'000
Cetrsize	0'884	1'539	18'000	212'000	0'079

Diseño: Intersección+Entrada+Cetrsize

El subsiguiente MANOVA confirmó el efecto significativo de la Entrada en la posición de las landmarks, con un valor para la Lambda de Wilks de 0'260, que se corresponde con un valor F de 11'352 que para los grados de libertad en



los que nos movemos (36 para el modelo y 426 para el error, derivados de las 18 coordenadas consideradas de los hitos y 3 entradas) resulta en probabilidades  $P < 0'0001$ ) como se recoge en la tabla 5.5.1. XXIV.

**Tabla 5.5.1.XXIV. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'000	26692455'999	18'000	213'000	0'000
Entrada	0'260	11'352	36'000	426'000	0'000

Diseño: Intersección+entrada

Las pruebas intersujetos después del MANOVA, considerando todas las variables, y la comparación por pares de los tests de Bonferroni y Tamhane nos permitieron identificar aquellas coordenadas de los hitos que estaban influenciadas por la época del año de entrada en cultivo. Así mismo los resultados de los tests nos permitieron dibujar la caricatura de los perfiles de los individuos medios de cada entrada.

**Tabla 5.5.1.XXV Pruebas de los efectos inter-sujetos. En negrita los valores con diferencias significativas.**

Fuente	Variable	S.C.	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entrada	LM1x	0'000	2	0'000	4'640	<b>0'011</b>
	LM1y	0'001	2	0'000	19'802	<b>0'000</b>
	LM2x	0'004	2	0'002	74'116	<b>0'000</b>
	LM2y	0'000	2	0'000	9'447	<b>0'000</b>
	LM3x	2'02E-005	2	1'01E-005	0'228	0'796
	LM3y	4'27E-005	2	2'14E-005	0'937	0'393
	LM4x	0'001	2	0'000	9'685	<b>0'000</b>
	LM4y	0'001	2	0'001	14'453	<b>0'000</b>
	LM5x	0'000	2	6'71E-005	3'244	<b>0'041</b>
	LM5y	0'001	2	0'000	20'417	<b>0'000</b>
	LM6x	0'001	2	0'001	29'280	<b>0'000</b>
	LM6y	8'10E-005	2	4'05E-005	4'719	<b>0'010</b>
	LM7x	7'56E-005	2	3'78E-005	2'476	0'086
	LM7y	0'000	2	8'61E-005	10'333	<b>0'000</b>
	LM8x	0'000	2	6'54E-005	3'587	<b>0'029</b>
	LM8y	6'00E-005	2	3'00E-005	2'805	0'063
	LM9x	0'001	2	0'000	6'263	<b>0'002</b>
	LM9y	0'001	2	0'000	11'070	<b>0'000</b>
	LM10x	0'002	2	0'001	20'053	<b>0'000</b>
	LM10y	0'001	2	0'000	11'449	<b>0'000</b>
	LM11x	0'003	2	0'001	49'887	<b>0'000</b>
	LM11y	0'000	2	0'000	15'617	<b>0'000</b>

**Tabla 5.5.1.XXVI. . Test de Bonferroni -Tamhane en las variables que no cumplieron el test de Levene.**

Coordenadas	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia de medias (I)-(J)	Error típico	Sig.
LM 1x	Abril	Julio	-0'000738373631334	0'001011376857197	1'000
		Octubre	-0'002914927730432(*)	0'000990970045353	<b>0'011</b>
	Julio	Octubre	-0'002176554099098	0'001017427352521	0'100
LM 1y	Abril	Julio	0'003925326960315(*)	0'000722737462127	<b>0'000</b>
		Octubre	0'003830916560904(*)	0'000708154601844	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'000094410399411	0'000727061191313	1'000
LM 2x	Abril	Julio	0'005524567211867(*)	0'000856684536162	<b>0'000</b>
		Octubre	0'010205246091113(*)	0'000839398991199	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	0'004680678879246(*)	0'000861809594881	<b>0'000</b>
LM 2y	Abril	Julio	0'003380418945228(*)	0'000797263006185	<b>0'000</b>
		Octubre	0'002256726837056(*)	0'000781176424767	<b>0'013</b>
	Julio	Octubre	-0'001123692108172	0'000802032579522	0'488
LM 3x	Abril	Julio	0'000555354916318	0'001074452783729	1'000
		Octubre	0'000663447991719	0'001052773272638	1'000
	Julio	Octubre	0'000108093075401	0'001080880626623	1'000
LM 3y	Abril	Julio	-0'000700156622616	0'000770572799337	1'000
		Octubre	-0'001008705248272	0'000755024753111	0'549
	Julio	Octubre	-0'000308548625656	0'000775182700272	1'000
LM 4x	Abril	Julio	-0'000906305743960	0'000918145322874	0'974
		Octubre	-0'003806494888242(*)	0'000899619667758	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'002900189144282(*)	0'000923638066695	<b>0'006</b>
LM 4y	Abril	Julio	-0'002532305948644(*)	0'001030906533412	<b>0'044</b>
		Octubre	-0'005428178467904(*)	0'001010105666251	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'002895872519260(*)	0'001037073863736	<b>0'017</b>
LM 5x	Abril	Julio	0'000809046798437	0'000734103086590	0'815
		Octubre	-0'001062020949740	0'000719290899169	0'424
	Julio	Octubre	-0'001871067748177(*)	0'000738494809875	<b>0'036</b>
LM 5y	Abril	Julio	-0'002568151792920(*)	0'000733014426739	<b>0'002</b>
		Octubre	-0'004576570359325(*)	0'000718224205488	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'002008418566405(*)	0'000737399637187	<b>0'021</b>
LM 6x	Abril	Julio	-0'003669749826841(*)	0'000696127749998	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'005050855891940(*)	0'000682081800743	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'001381106065099	0'000700292288336	0'149

**Tabla 5.5.1.XXVI. Continuación. Test de Bonferroni-Tamhane en las variables que no cumplieron el test de Levene.**

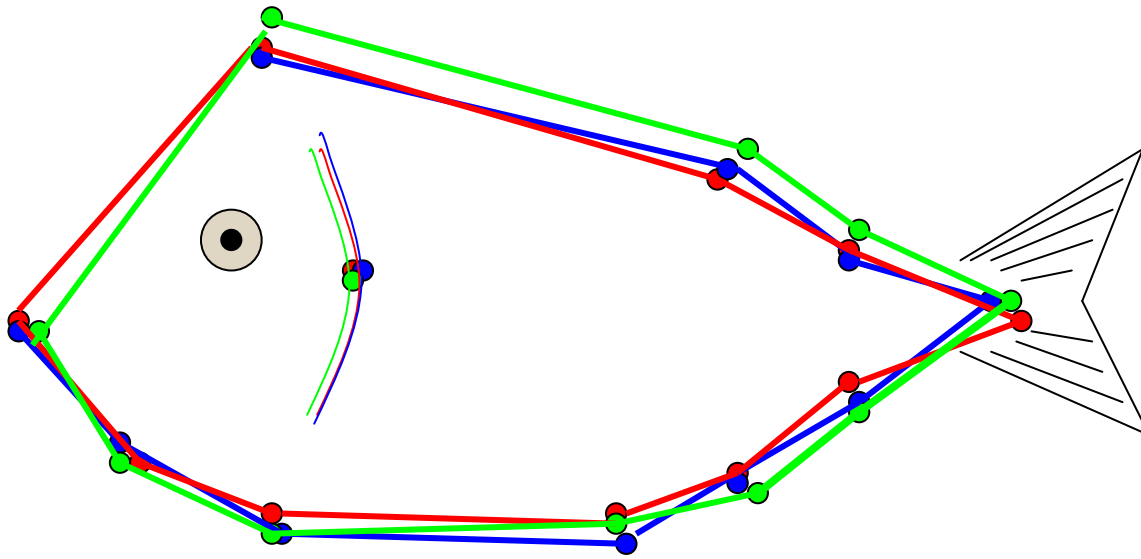
Coordenadas	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia de medias (I)-(J)	Error típico	Sig.
LM 6y	Abril	Julio	0'000669651835111	0'000472676576161	0'474
		Octubre	-0'000787435071141	0'000463139258905	0'271
	Julio	Octubre	-0'001457086906252(*)	0'000475504332594	<b>0'007</b>
LM 7x	Abril	Julio	0'001399431658304	0'000630696806203	0'082
		Octubre	0'000755540048378	0'000617971073987	0'668
	Julio	Octubre	-0'000643891609926	0'000634469908237	0'934
LM 7y	Abril	Julio	0'002019003065605(*)	0'000465750095584	<b>0'000</b>
		Octubre	0'001503939731889(*)	0'000456352535713	<b>0'003</b>
	Julio	Octubre	-0'000515063333717	0'000468536414803	0'818
LM 8x	Abril	Julio	-0'000768024463690	0'000689020542768	0'798
		Octubre	-0'001803036116074(*)	0'000675117997468	<b>0'024</b>
	Julio	Octubre	-0'001035011652384	0'000693142562708	0'410
LM 8y	Abril	Julio	-0'000995501086965	0'000527813582187	0'182
		Octubre	0'000176425936372	0'000517163751331	1'000
	Julio	Octubre	0'001171927023337	0'000530971192120	0'085
LM 9x	Abril	Julio	-0'003607640121152(*)	0'001024447936054	<b>0'002</b>
		Octubre	-0'002019922203538	0'001003777385679	0'136
	Julio	Octubre	0'001587717917614	0'001030576628246	0'374
LM 9y	Abril	Julio	-0'003185141757339(*)	0'000824884476803	<b>0'000</b>
		Octubre	0'000392170718001	0'000808240569844	1'000
	Julio	Octubre	0'003577312475341(*)	0'000829819293765	<b>0'000</b>
LM 10x	Abril	Julio	-0'006247987638293(*)	0'001004012308376	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'001950241970462	0'000983754092934	0'146
	Julio	Octubre	0'004297745667831(*)	0'001010018745773	<b>0'000</b>
LM 10y	Abril	Julio	0'002686347078471(*)	0'000811865490272	<b>0'003</b>
		Octubre	0'003680007071395(*)	0'000795484270764	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	0'000993659992924	0'000816722422006	0'675
LM 11x	Abril	Julio	0'007649680840342(*)	0'000860293846192	<b>0'000</b>
		Octubre	0'006983265619218(*)	0'000842935475249	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'000666415221124	0'000865440497370	1'000
LM 11y	Abril	Julio	-0'002699490676247(*)	0'000547995042551	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'000039297708976	0'000536938005161	1'000
	Julio	Octubre	0'002660192967271(*)	0'000551273386740	<b>0'000</b>

Basado en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel  $\alpha=0'05$

En este punto se ha de considerar que la diferencia que existía en la posición del hito 3 ha desaparecido, lo que nos indica que la transición hacia la forma adulta ha terminado. El tamaño de la cabeza se ha igualado en los tres perfiles, por lo tanto las diferencias en este momento se referirán fundamentalmente al contorno de los individuos.

**Tabla 5.5.1.XXVII Coordenadas medias de los puntos de marca por Entradas al Final del cultivo**

Marca	Abril		Julio		Octubre	
	x	y	x	y	x	y
LM1	-0'470071	0'038589	-0'469332	0'034664	-0'467155	0'034758
LM 2	0'390615	0'010895	0'385091	0'007514	0'380410	0'008638
LM 3	-0'230742	0'000927	-0'231297	0'001627	-0'231405	0'001936
LM 4	-0'210349	0'213712	-0'209443	0'213245	-0'206543	0'219140
LM 5	0'222579	0'074407	0'221770	0'076976	0'223641	0'078984
LM 6	0'293607	0'052477	0'297277	0'051807	0'298658	0'053264
LM 7	0'294572	-0'025907	0'293173	-0'027926	0'293817	-0'027412
LM 8	0'216387	-0'049046	0'217155	-0'048050	0'218190	-0'049222
LM 9	0'050431	-0'121467	0'054038	-0'118282	0'052451	-0'121859
LM 10	-0'212628	-0'122015	-0'206380	-0'124701	-0'210677	-0'125695
LM 11	-0'344403	-0'072573	-0'352052	-0'069873	-0'351386	-0'072534



**Figura 5.5.1.V. Caricatura de los perfiles de los individuos centroide de cada entrada al final del experimento.**

La situación del hito 3, sobre la inserción de la aleta pectoral, es diferente a la que se producía al inicio del cultivo. Ya no hay diferencias marcadas en el tamaño de la cabeza.

## **5.6.- MORFOLOGÍA DEL CRECIMIENTO. VISUALIZACIÓN.**

En este apartado se pretende estudiar que parte de la variación del perfil de los individuos se debe al crecimiento. Intentaremos visualizar, de modo gráfico, la variación de los perfiles de los individuos globalmente, para lo que realizamos un análisis de deformaciones relativas mediante el programa TPSRELW; por otro lado queremos visualizar los perfiles estimados cuando se someten las configuraciones reescaladas y centradas de cada individuo a una regresión frente al tamaño del centroide, mediante el programa TPSREGR

### **5.6.1. RESULTADOS**

**Visualización de los perfiles de los animales después del estudio global de los parámetros morfométricos (Deformaciones Relativas) y su regresión frente al peso y la talla.**

La salida gráfica del programa Tpsrelw al que hemos sometido todas las imágenes de los animales desde el inicio al final del cultivo nos ofrece la visualización de los perfiles de la forma de todos los individuos. En la figura. 5.6.1.I se representan, en los extremos de los ejes, las “rejillas” con los perfiles a los que tiende cada deformación relativa,  $rw1$  en abscisas y  $rw2$  en ordenadas, obtenidas después de escalar las configuraciones hasta que el tamaño de centroide tenga valor uno.

Estadísticamente, las deformaciones relativas, que podemos identificar con componentes principales, explican cada uno muy poca cantidad de la varianza, por eso las configuraciones en los extremos de los ejes son tan parecidas. No obstante las diferencias son altamente significativas.

El análisis es similar al realizado para comparar los perfiles de los animales al inicio y al final del cultivo, pero introduciendo todos los tamaños intermedios.

Se necesitan 8 deformaciones relativas para explicar el 80% aproximadamente de la variación del perfil, como se recoge en la tabla 5.6.1. I

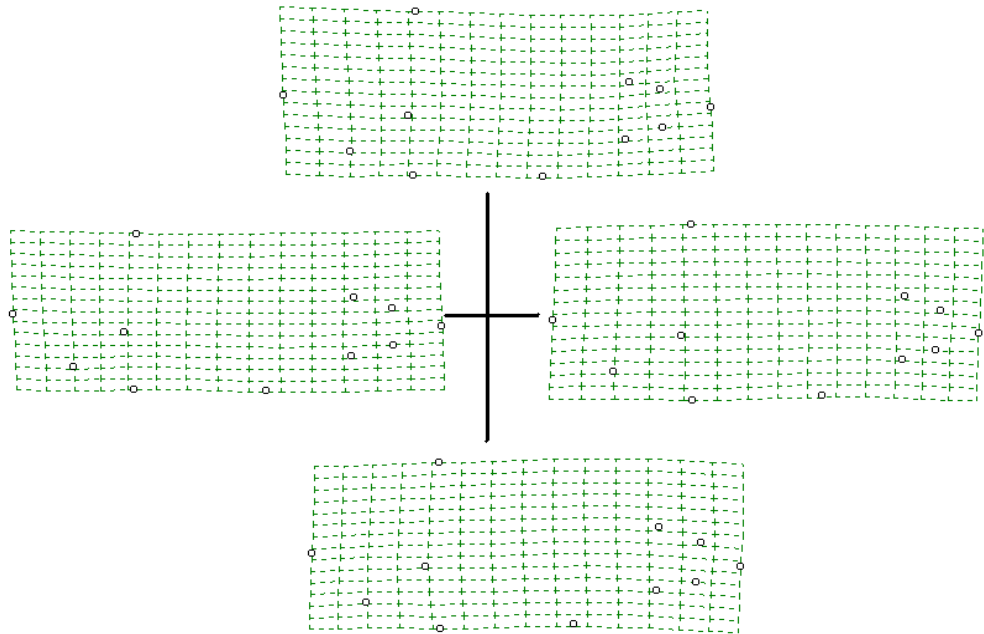
**Tabla 5.6.1.I. Porcentajes de varianza correspondientes a cada deformación relativa rw.**

Deformación Principal	Valor propio: Lambda ( $\lambda$ )	Deformación Relativa	% Varianza	% Varianza acumulada
1	102'07	1	22'33	22'33
2	64'233	2	14'65	36'98
3	27'224	3	12'63	49'60
4	23'353	4	10'62	60'22
5	17'901	5	6'75	66'97
6	8'7605	6	5'49	72'46
7	5'3979	7	5'16	77'62
8	2'2168	8	4'15	81'77

La descripción de la figura 5.6.1.I podría resumirse en las líneas siguientes.

En la deformación relativa 1, en el eje de abscisas, podemos intuir el paso, del extremo izquierdo al extremo derecho, desde la configuración de un alevín al inicio del cultivo, hacia la de un adulto, con un incremento general de la altura del cuerpo. En ordenadas, y de arriba abajo, se sitúa el proceso de engorde, con una intrusión de la cintura escapular en la zona que antes ocupaba la porción cefálica. También se produce un retraso de la cintura pélvica y aumenta la altura de la porción anterior del pedúnculo caudal.





**Figura 5.6.1.I: Configuraciones teóricas en los extremos de las dos deformaciones relativas mayores, rw 1 (abscisas) y rw 2 (ordenadas).**

La regresión respecto del tamaño del centroide de las configuraciones de los individuos ya reescaladas y centradas (Tabla 5.6.1.II) indica que existe una correlación de las variables que monitorizan la forma (Puntuaciones de las deformaciones relativas) con el tamaño, pero que la mayor parte de la variación de la forma depende de otros factores distintos del tamaño del animal (85'71%). Como podemos observar, a pesar del ajuste significativo de la variación de la forma del perfil respecto del tamaño, la parte de la varianza que queda sin explicar por la función es muy elevada (83%, 87% y 77% en cada entrada), lo que quiere decir que el grado de alometría es muy pequeño o que la variabilidad individual es, en este período de cultivo, muy elevada. Cabe preguntarse entonces: ¿de qué puede depender esta variación?

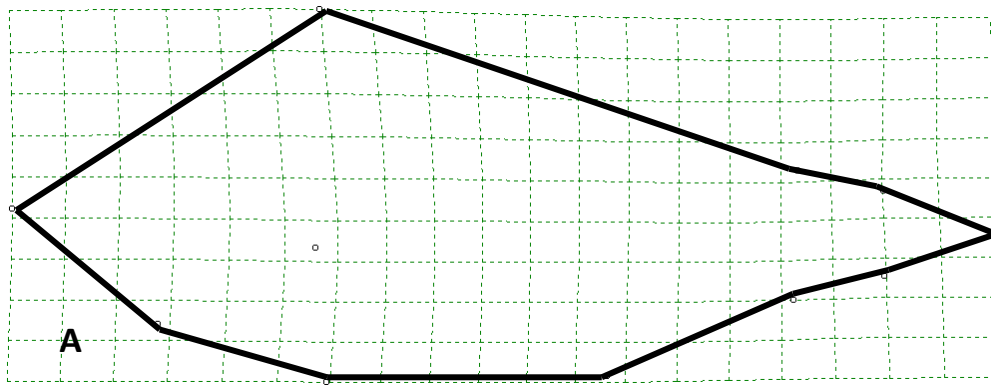
**Tabla 5.6.II Regresiones de las parcial warps respecto al tamaño del centroide. Para cada entrada se recoge la significación del ajuste mediante la Lambda de Wilks y el porcentaje de variación que no se explica por la regresión.**

Regresión general					
Parámetro	Value	Fs	df1	df2	Prob
Lambda de Wilks	0'23272371	160'817	18	878	0'000
Test F de Goodall (1-R <sup>2</sup> )	0'8571	149'1807	18	16110	0'000
Varianza sin explicar: 85'71%					
Entrada de abril					
Parámetro	Valor	Fs	df1	df2	Prob
Lambda de Wilks	0'20607165	54'152	18	253	0'000
Test F de Goodall (1-R <sup>2</sup> )	0'8325	54'3323	18	4860	0'000
Varianza sin explicar: 83'25%					
Entrada de julio:					
Parámetro	Valor	Fs	df1	df2	Prob
Lambda de Wilks	0'27938222	40'696	18	284	0'000
Test F de Goodall (1-R <sup>2</sup> )	0'870305	44'8679	18	5418	0'000
Varianza sin explicar: 87'03%					
Entrada de octubre					
Parámetro	Valor	Fs	df1	df2	Prob
Lambda de Wilks	0'13354929	109'213	18	303	0'000
Test F de Goodall (1-R <sup>2</sup> )	0'7726	94'2160	18	5760	0'000
Varianza sin explicar: 77'26%					

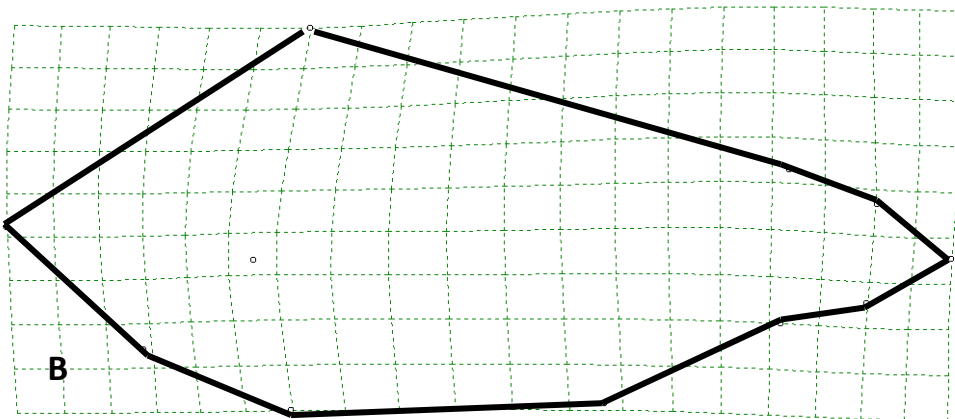
Las figuras 5.6.1.II y 5.6.1.III que reflejan los extremos de la regresión frente al peso y a la talla, ofrecen perfiles característicos que hemos de observar con atención.

Mientras que en el proceso de engorde, el paso de 20 a 400 gramos puede describirse como el paso de perfiles estilizado a otros más robustos, lo cual parece obvio, en cambio en el proceso de crecimiento en longitud, que podríamos describir como verdadero crecimiento, lo que se produce es el paso de perfiles robustos a perfiles estilizados, lo cual parece contrario al crecimiento general de la dorada.

Podemos interpretar estos resultados como que el crecimiento se produce básicamente por un proceso de elongación, mientras que el engorde produce el esperado robustecimiento. El crecimiento hay que considerarlo en la producción como un proceso mixto, combinado de ambos procesos, elongación y robustecimiento (engorde).

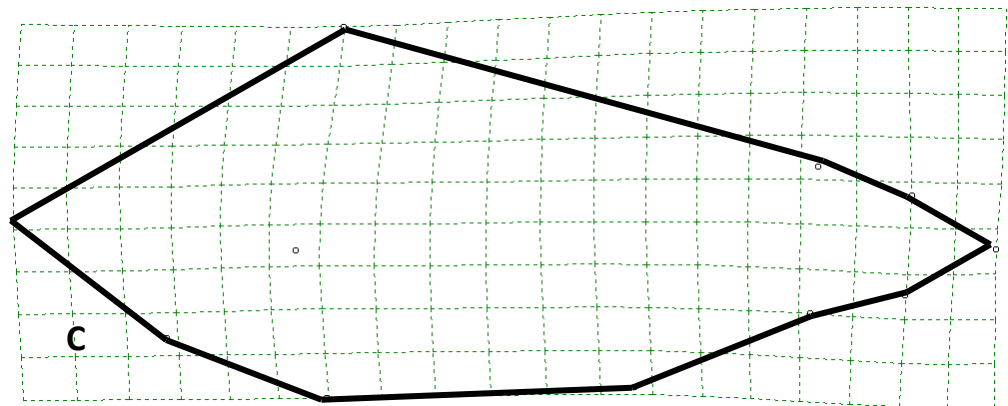


20 gramos

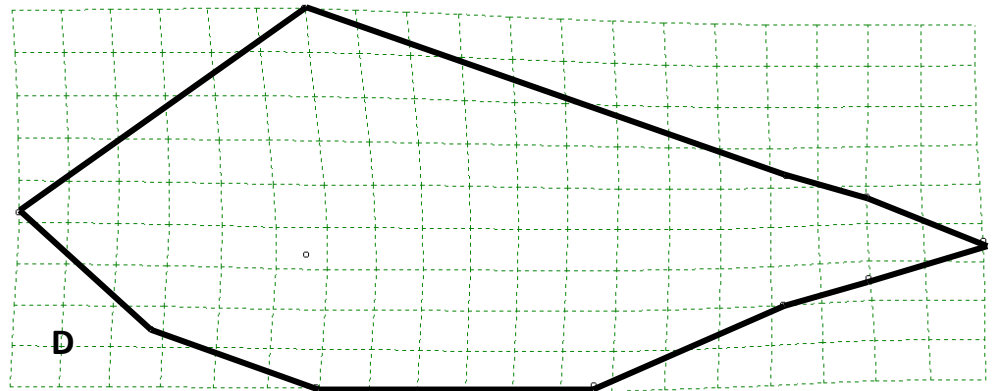


400 gramos

**Figuras 5.6.1.II. A y B. Perfiles en los extremos de la línea de regresión del perfil respecto del peso.**



11cm



24cm

**Figuras 5.6.1.III. C y D. Perfiles en los extremos de la línea de regresión del perfil respecto de la talla.**

## 5.7.- RELACIONES DE ALOMETRÍA

La finalidad de este apartado es confirmar si la época del año en la que se produce el crecimiento induce cambios en el patrón alométrico propio de la especie. Si se produce un efecto de la época de entrada en el desarrollo del crecimiento, se inducirán patrones alométricos distintos en esta fase del desarrollo ontogenético. Es necesario establecer el patrón de alometría de cada grupo de la población y calcular los ángulos que forman entre sí la primera componente principal de cada grupo. Si el patrón de alometría fuese similar el ángulo entre vectores, sería próximo a cero.

Mediante técnicas de remuestreo se realizaron 10 análisis de componentes principales en base a la matriz de covarianza, utilizando en cada uno al azar el 80% de la población para cada entrada. Con los diez componentes principales de cada entrada se calcularon todos los ángulos posibles entre éstos vectores. Mediante *bootstrapping* de los ángulos obtenidos se valoró la hipótesis nula de la igualdad de los ángulos. Este análisis se ejecuta mediante el programa de análisis estadístico R (<http://www.r-project.org/>).

### 5.7.1. RESULTADOS

Del resultado del análisis de componentes principales sobre los logaritmos naturales de las distancias entre puntos (trust), el crecimiento de las tres entradas de individuos no se puede considerar isométrico en cada entrada porque, a pesar de la homogeneidad de los coeficientes de la primera componente principal de las distintas medidas, estos coeficientes no son iguales (Jolicoeur, 1963). Los valores de estos coeficientes se recogen en la tabla 5.7.1.I. Estos resultados concuerdan con el resultado de las regresiones de las variables morfométricas, deformaciones relativas, respecto del tamaño del centroide. Es decir que, aunque existe una dependencia respecto del tamaño global del individuo considerado como tamaño

de centroide o de la longitud estándar del resto de medidas en estudio, ésta dependencia alométrica no explica sino solo una parte de la variación de la forma de los individuos.

Los ángulos formados por estos vectores componentes principales confirman que se ha inducido un modelo alométrico distinto en cada entrada, lo que contradice la teoría de que la especie debe presentar un patrón alométrico único independientemente. Es decir que esta otra parte de divergencia morfológica la explicaría el efecto de la época del año en la que sucede el crecimiento y otras partes se deberían a factores individuales e indeterminados.

Los ángulos formados por las direcciones del crecimiento de cada entrada se recogen en la tabla 5.7.1.II, donde podemos observar que aunque los ángulos son muy pequeños, es decir, que prácticamente el crecimiento sigue la misma dirección en las tres entradas (como se supone de una misma variedad geográfica de una misma especie), las diferencias entre ellas son significativas.

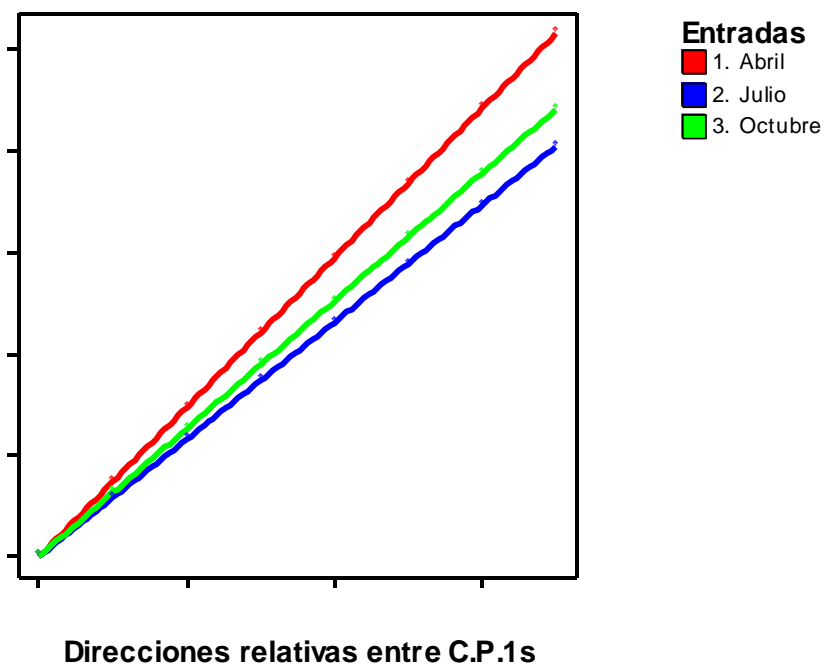
**Tabla 5.7.1.I. Componente Principal I de cada entrada**

	Entrada		
	1.Abril	2.Julio	3. Octubre
LN1.4	0'249	0'237	0'336
LN1.11	0'265	0'231	0'320
LN4.11	0'276	0'263	0'372
LN11.10	0'232	0'261	0'345
LN4.10	0'284	0'270	0'379
LN4.5	0'275	0'265	0'365
LN4.9	0'273	0'271	0'380
LN4.8	0'274	0'269	0'369
LN10.9	0'251	0'268	0'366
LN5.10	0'277	0'263	0'363
LN5.9	0'304	0'263	0'371
LN5.8	0'290	0'272	0'371
LN5.6	0'197	0'273	0'344
LN5.7	0'253	0'269	0'345
LN8.7	0'263	0'244	0'305
LN6.7	0'269	0'247	0'344
LN6.2	0'303	0'239	0'334
LN7.2	0'283	0'236	0'341

Después de *Bootstrapping*.

**Tabla 5.7.1.II Ángulos entre los Vectores de Alometría (C.P. I) de cada entrada después del “bootstrap” donde letras distintas describen diferencias significativas para  $\alpha = 0.05$**

	Entre C.P.I	“Bootstrap”		
		Media	E.T.	Desv. STD.
Ang 1:2	6°545656044	6°35844954 c	0°01171	0°274864681
Ang 2:3	2°23381955	2°20653339 a	0°00633	0°14871345
Ang 1:3	5°35135056	5°30052736 b	0°00796	0°18695155



**Figura 5.7.1.I. Direcciones relativas de crecimiento entre entradas.**



## **5.8.- MODELO ALOMÉTRICO DE CRECIMIENTO. ESTANDARIZACIÓN**

Los métodos de geometría morfológica utilizados en los capítulos anteriores se basan en el escalado de los perfiles hasta que todos tienen valor de centroide uno; ya se han mostrado como buenos métodos porque no consideran ninguna medida independiente por sí misma. Sin embargo su interpretación, por tratar los perfiles de un modo absoluto sin referirlos a un perfil modelo (el que tendría un individuo que siguiese de modo perfecto la recta de alometría de la especie) es más compleja que los métodos tradicionales. Además el centroide se desplaza hacia la zona del perfil donde tomemos más medidas, es el problema aritmético de la media que se ve influenciada por los valores extremos. Con esta metodología se ha observado cómo se inducían, en el período de tiempo de estudio, modelos alométricos distintos para cada entrada. En cambio, si considerásemos, como realmente es, que existe una única población y, por tanto, un único modelo, podemos estandarizar las medidas según las propuestas de Leonard (1999).

Así pues, en el presente capítulo se aborda la obtención de las ecuaciones de alometría para cada medida, en un modelo único, utilizando como variable independiente la longitud estándar (la distancia entre los puntos de marca 1 y 2). También se han obtenido los coeficientes particulares de alometría, que se utilizarán como las variables de trabajo en lugar de las medidas directas. Esto nos llevará a verificar si el uso de estas nuevas variables conlleva una pérdida de información importante, ya que, en principio, estas variables serían particulares de cada individuo, independientemente de su tamaño y, por tanto de su posición

en la recta alométrica de crecimiento. En resumen tendremos que comprobar si podemos distinguir los distintos individuos o grupos de individuos en función del régimen alimenticio, o del tamaño, o de la época de entrada.

De ser así, podríamos entonces utilizar estos parámetros con la misma finalidad que los métodos de morfometría geométrica pero con una interpretación más sencilla ya que las medidas se refieren a distancias entre accidentes anatómicos de uso frecuente.

En este capítulo y los siguientes, cuando el tamaño de las tablas sea muy voluminoso, por motivos de la complejidad de los cálculos realizados, se presentará en el texto una versión reducida de las mismas con los valores significativos, pero se podrán consultar las tablas completas en el anexo TABLAS.

### **5.8.1. RESULTADOS**

La tabla 5.8.1.I., recoge los coeficientes de correlación entre cada medida considerada para el estudio del perfil y la longitud estándar (longitud entre los puntos 1 y 2). Se puede observar que en todos los casos la correlación es superior a 0,9.

En la misma tabla también aparecen los valores de los parámetros de estas regresiones. De su estudio es fácil concluir que aunque se trata de crecimientos muy próximos a la isometría, dado que todos los coeficientes de alometría,  $\alpha$ , están todos alrededor de uno (1) y son muy similares entre sí, pero no son todos iguales sino que hay mayores y menores que la unidad.

**Tabla 5.8.1.I. Parámetros de las regresiones de las distancias entre puntos (“Truss”) según el modelo  $Y=b(\text{Long})^{\alpha}$  ;  $\text{Ln}Y=\text{Ln}b+\alpha\text{Ln}(\text{Long}) + \varepsilon$**

Y		B	E. t.	t	Sig.	R <sup>2</sup>
Ln 1.4	Ln b	-0'888	0'009	-98'248	0'000	0'915
	$\alpha$	0'968	0'003	307'437	0'000	0'991
Ln 1.11	Ln b	-1'555	0'018	-87'132	0'000	0'895
	$\alpha$	0'962	0'006	154'785	0'000	0'964
Ln 4.11	Ln b	-1'203	0'009	-128'805	0'000	0'949
	$\alpha$	1'070	0'003	328'862	0'000	0'992
Ln 11.10	Ln b	-1'698	0'026	-65'039	0'000	0'825
	$\alpha$	0'989	0'009	108'753	0'000	0'930
Ln 4.10	Ln b	-1'227	0'011	-113'707	0'000	0'935
	$\alpha$	1'096	0'004	291'758	0'000	0'990
Ln 4.5	Ln b	-0'856	0'007	-116'562	0'000	0'938
	$\alpha$	1'069	0'003	417'914	0'000	0'995
Ln 4.9	Ln b	-0'995	0'009	-108'462	0'000	0'929
	$\alpha$	1'093	0'003	342'213	0'000	0'992
Ln 4.8	Ln b	-0'773	0'007	-117'418	0'000	0'939
	$\alpha$	1'075	0'002	468'828	0'000	0'996
Ln 10.9	Ln b	-1'349	0'016	-85'847	0'000	0'892
	$\alpha$	1'050	0'005	191'842	0'000	0'976
Ln 5.10	Ln b	-0'786	0'008	-99'537	0'000	0'917
	$\alpha$	1'061	0'003	386'106	0'000	0'994
Ln 5.9	Ln b	-1'495	0'012	-123'016	0'000	0'944
	$\alpha$	1'094	0'004	258'540	0'000	0'987
Ln 9.8	Ln b	-1'826	0'008	-118'715	0'000	0'932
	$\alpha$	1'083	0'003	338'163	0'000	0'976
Ln 5.8	Ln b	-20'194	0'017	-127'584	0'000	0'948
	$\alpha$	1'076	0'006	180'912	0'000	0'973
Ln 5.6	Ln b	-20'247	0'037	-60'699	0'000	0'805
	$\alpha$	0'952	0'013	73'869	0'000	0'859
Ln 5.7	Ln b	-1'935	0'019	-101'772	0'000	0'920
	$\alpha$	1'005	0'007	151'729	0'000	0'963
Ln 8.7	Ln b	-20'173	0'029	-73'981	0'000	0'859
	$\alpha$	0'935	0'010	91'459	0'000	0'903
Ln 6.7	Ln b	-20'393	0'017	-140'583	0'000	0'957
	$\alpha$	1'004	0'006	169'439	0'000	0'970
Ln 6.2	Ln b	-20'235	0'023	-98'076	0'000	0'915
	$\alpha$	1'026	0'008	129'224	0'000	0'949
Ln 7.2	Ln b	-20'213	0'021	-107'139	0'000	0'928
	$\alpha$	1'017	0'007	141'319	0'000	0'957

Los coeficientes  $\alpha$  de las distancias 1-4, 1-11, 5-6 y 7-8 son los de menor valor relativo, lo que nos esta confirmando lo descrito por otros autores (Arias, 1976, Suau y López. 1976, Fuiman, 1983, Osse *et al.* 1997) que ocurre durante la época juvenil en el proceso general del crecimiento, un progresivo aumento del tronco en ambos sentidos, proximal y distal, con disminución relativa de la longitud del cráneo y de la parte anterior del pedúnculo caudal. Estamos describiendo con este procedimiento el mismo efecto que habíamos observado con el estudio de las deformaciones relativas en el espacio de la forma o de Kendall en el apartado 4 y más concretamente en las figuras 5.6.1.I, II y III.

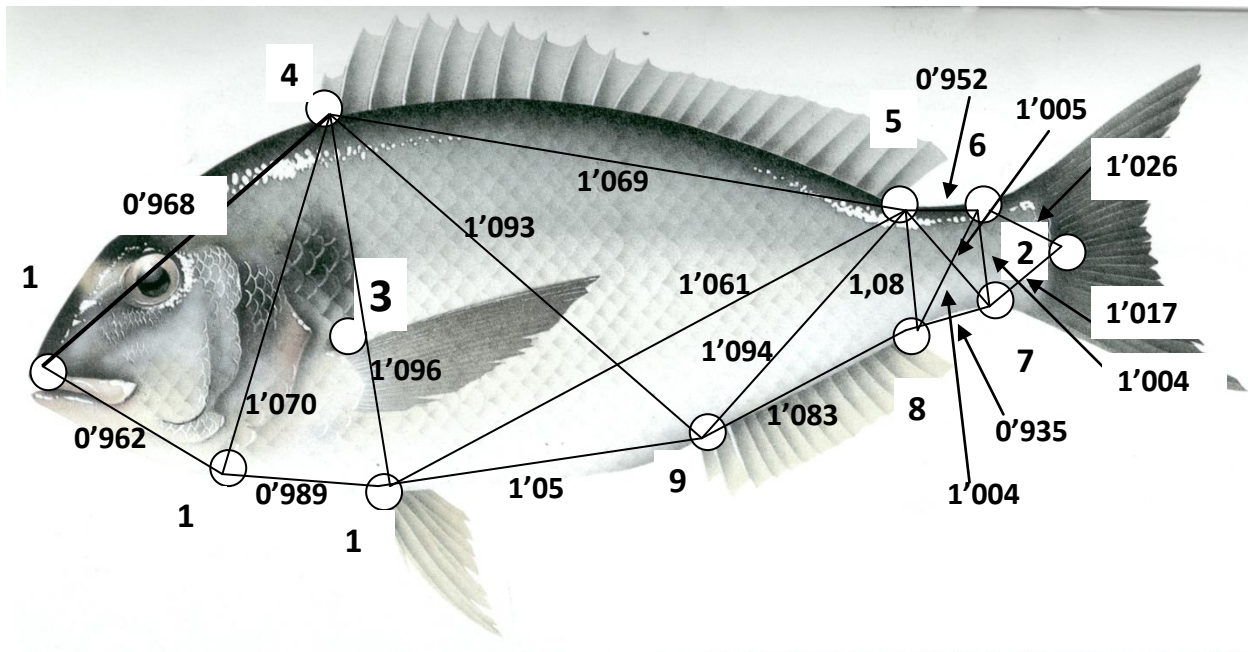


Figura 5.8.1.I. Coeficientes de Alometría respecto a la longitud estandar 1-2.

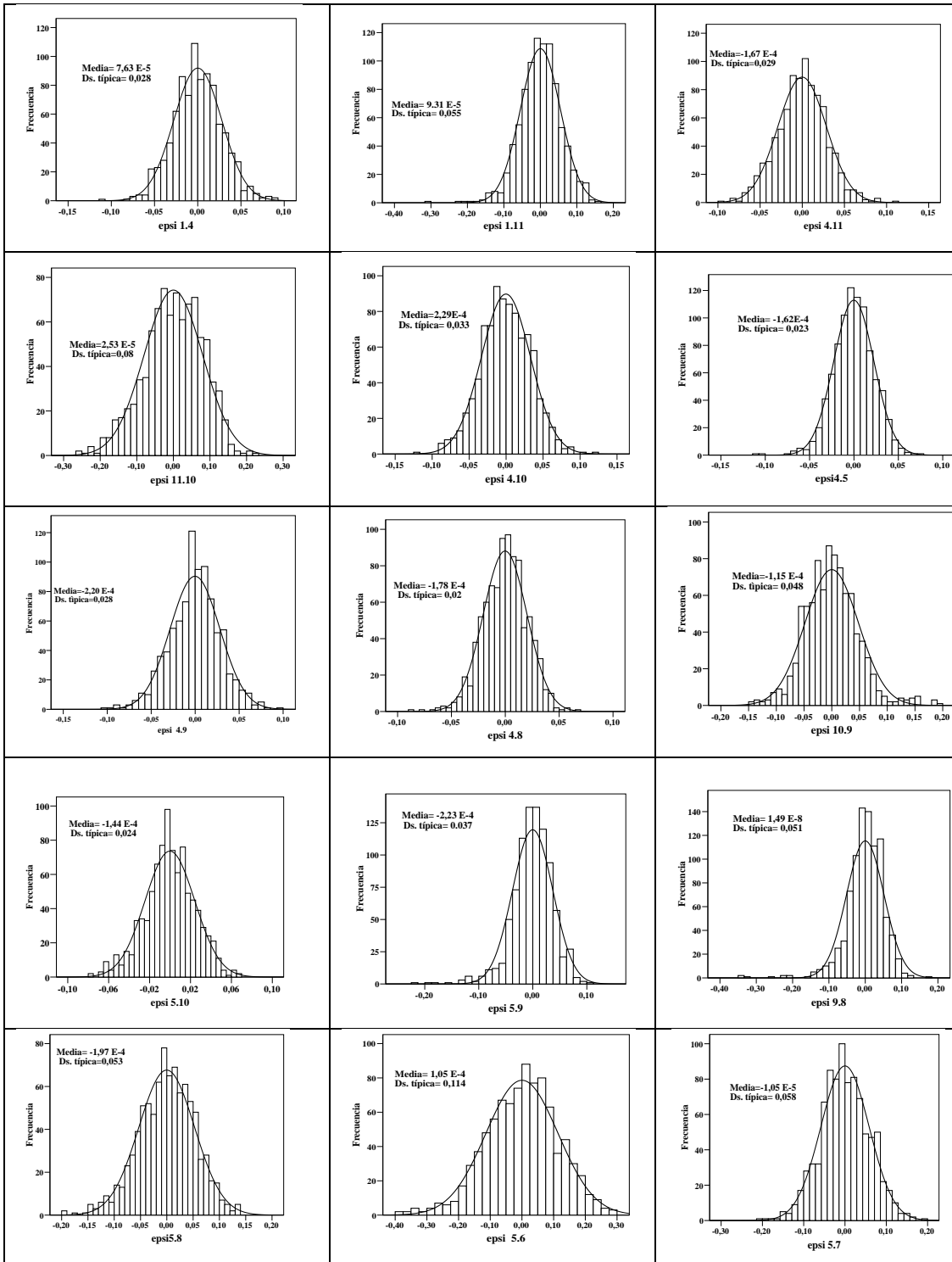
La distribución de los factores particulares de alometría se recoge en las tablas e histogramas siguientes.

**Tabla 5.8.1.II. A y B. Estadísticos descriptivos de los coeficientes particulares de asimetría'****ε. (Z K-S, Parámetro Z de la prueba no paramétrica Kolmogorov-Smirnov)****A**

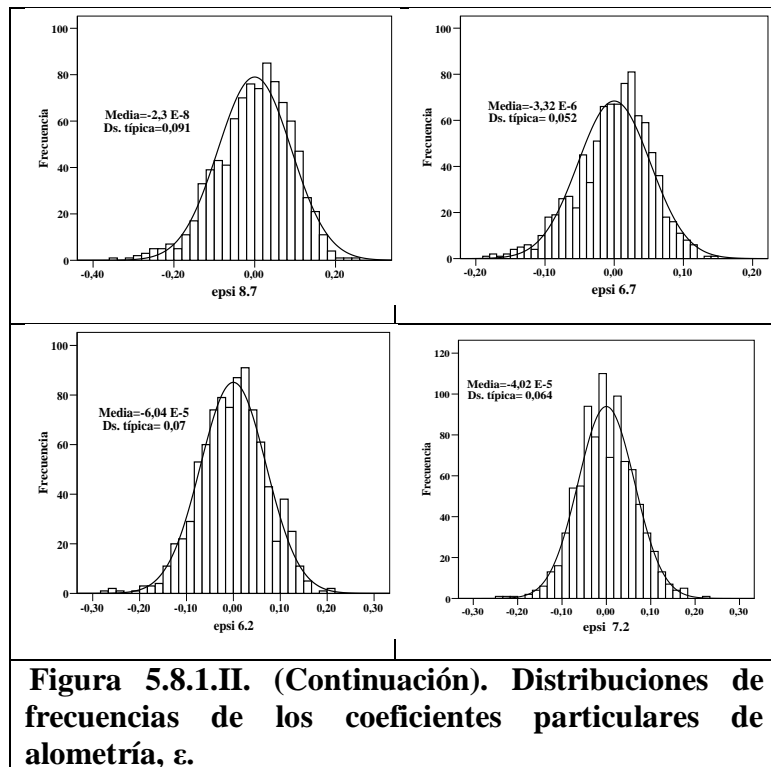
Valores	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi
Curtosis	1.4	1.11	4.11	11.10	4.10	4.5	4.9	4.8	10.9	5.10
Media	0'0001	0'0001	-0'0002	0'0000	-0'0002	-0'0002	-0'0002	-0'0002	-0'0001	-0'0001
Error típ.	0'0009	0'0018	0'001	0'0027	0'0011	0'0007	0'0009	0'0007	0'0016	0'0008
Mediana	-0'0006	0'0004	0'0007	0'0040	-0'0008	-0'0002	0'0003	0'0004	-0'0012	-0'0002
Desv.tp.	0'02781	0'0549	0'0287	0'0803	0'0332	0'0226	0'0283	0'0203	0'0483	0'0243
Asimetr.	0'048	-0'379	-0'009	-0'332	-0'031	-0'266	-0'162	-0'260	0'449	-0'193
Error típ.	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082
Curtosis	0'301	1'417	0'339	-0'086	0'119	1'061	0'468	0'484	1'358	0'153
Error típ.	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163
Z K-S	0'477	0'832	0'804	1'065	0'553	0'566	1'389	0'871	1'061	0'992
Sig	0'977	0'150	0'538	0'210	0'919	0'906	0'042	0'433	0'210	0'272

**B**

Valores	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi	Epsi
Curtosis	5.9	9.8	5.8	5.6	5.7	8.7	6.7	6.2	7.2
	-0'0002	0'0000001	-0'0002	0'0001	0'0000	0'0000	0'0000	-0'0001	0'0000
Error típ.	0'00125	0'0017259	0'0018	0'0038	0'00195	0'00303	0'00175	0'0023	0'00212
Mediana	0'0016	0'0030163	0'0012	0'0046	-0'0010	0'0086	0'0066	0'0020	-0'0037
Desv. típ.	0'03741	0'0516919	0'0529	0'1138	0'05845	0'09060	0'05233	0'0701	0'06350
Asimetría	-0'948	-1'590	-0'282	-0'268	-0'051	-0'458	-0'468	-0'194	0'015
Error típ.	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082	0'082
Curtosis	0'352	0'517	0'219	0'229	0'089	0'279	0'291	0'306	0'232
Error típ.	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163	0'163
Z K-S	1'638	20'242	0'824	0'803	0'661	1'187	1'582	0'615	0'870
Sig	0'009	0'000	0'506	0'539	0'775	0'119	0'013	0'844	0'435



**Figura 5.8.1.II. Distribuciones de frecuencias de los coeficientes particulares de alometría,  $\epsilon$ .**



### 5.8.2 Estudio de las distancias reescaladas entre puntos (Truss) y comparación de los coeficientes particulares al inicio del cultivo

Para cada individuo muestreado al inicio de cultivo, se calcularon las distancias esperadas en un reescalado, tomando como referencia una longitud estándar de 11 cm (distancia entre hitos 1 y 2), siguiendo el modelo obtenido en el apartado anterior aplicando la corrección de Leonard, aplicando sus coeficientes particulares.

A continuación se realizaron los MANCOVAS para discriminar el efecto de la covariable "talla de cada individuo" en las medidas esperadas y los MANOVAS para ver si existían diferencias en los perfiles de los individuos de mismo tamaño pero de distintas entradas.

En lo sucesivo se irán mostrando las tablas de los análisis estadísticos para que el lector pueda acompañar el razonamiento metodológico seguido para la interpretación de los resultados y la toma de decisiones finales de cara al desarrollo del modelo matemático.

**Tabla 5.8.2.I Prueba de Box (A) y Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error (B).**

A				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
563'301	1'192	342	21147'197	0'009
B				
Y	F	gl1	gl2	Sig.
d1.4xo	1'235	2	97	0'295
d1.11xo	2'975	2	97	0'056
d4.11xo	0'116	2	97	0'890
d11.10xo	1'807	2	97	0'170
d4.10xo	0'339	2	97	0'714
d4.5xo	0'879	2	97	0'418
d4.9xo	1'302	2	97	0'277
d4.8xo	1'494	2	97	0'230
d10.9xo	2'139	2	97	0'123
d5.10xo	0'186	2	97	0'830
<b>d5.9xo</b>	<b>5'845</b>	<b>2</b>	<b>97</b>	<b>0'004</b>
d5.8xo	0'633	2	97	0'533
d5.6xo	0'153	2	97	0'858
d5.7xo	0'444	2	97	0'643
d8.7xo	0'408	2	97	0'666
d6.7xo	0'062	2	97	0'940
d6.2xo	0'273	2	97	0'762
d7.2xo	0'566	2	97	0'570



Realizada la prueba de M de Box y el contraste de Levene, encontramos que se puede eliminar la variable d5.9xo, que nos da valores significativos; repetimos la prueba M de Box que ahora arroja un valor de 0'641.

**Tabla 5.8.2.II. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza.**

M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
400'900	0'969	306	21186'626	0'641

Podemos, por tanto realizar el análisis MANCOVA. Desechada esta variable, realizamos un análisis de la interacción entre entrada y tamaño, que resulta, en valores de lamda de Wilks, no significativos.

**Tabla 5.8.2.III. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	74873'940	17'000	78'000	0'000
Entrada	0'564	1'523	34'000	156'000	0'045
Tamaño	0'726	1'732	17'000	78'000	0'054
Entrada * Tamaño	0'568	1'500	34'000	156'000	0'051

Diseño: Intersección + Entrada + Tamaño + Entrada \* Tamaño

Puesto que la interacción es negativa, se analiza un nuevo modelo sin interacción y se obtiene la tabla siguiente, donde el tamaño de centroide tiene influencia multivariable, pero cuando observamos los efectos intersujetos (Tabla 5.8.2. V) vemos que sólo tiene efecto sobre las variables d1.4xo y d4.11xo

**Tabla 5.8.2.IV. Contrastes multivariados. Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	76749'111	17'000	80'000	0'000
Entrada	0'068	13'295	34'000	160'000	0'000
Tamaño	0'726	1'776	17'9000	80'000	0'046

Diseño: Intersección + Entrada + Tamaño

**Tabla 5.8.2.V. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	S. C.	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entrada	d1.4xo	0'348	2	0'174	18'818	<b>0'000</b>
	d4.11xo	0'069	2	0'035	4'688	<b>0'011</b>
	d4.10xo	0'117	2	0'058	5'162	<b>0'007</b>
	d4.5xo	0'099	2	0'049	4'805	<b>0'010</b>
	d4.9xo	1'520	2	0'760	62'211	<b>0'000</b>
	d4.8xo	0'222	2	0'111	11'723	<b>0'000</b>
	d10.9xo	3'636	2	1'818	77'361	<b>0'000</b>
	d5.8xo	0'133	2	0'066	18'313	<b>0'000</b>
	d5.6xo	0'809	2	0'404	39'166	<b>0'000</b>
	d5.7xo	0'098	2	0'049	9'266	<b>0'000</b>
	d8.7xo	0'276	2	0'138	16'896	<b>0'000</b>
	d6.7xo	0'045	2	0'023	12'824	<b>0'000</b>
	d6.2xo	0'518	2	0'259	45'528	<b>0'000</b>
d7.2xo	0'207	2	0'104	17'880	<b>0'000</b>	
Tamaño	d1.4xo	0'081	1	0'081	8'781	<b>0'004</b>
	d4.11xo	0'044	1	0'044	5'950	<b>0'017</b>

Por eso, al final, como el tamaño del centroide solo afecta a dos variables d4.11 y d1.4 realizamos un prueba, sin retirar las variables y, considerando no significativo el efecto del tamaño sobre la forma, realizamos un MANOVA diseñado sólo con la entrada como factor.

**Tabla 5.8.2.V A. Resumen de la prueba M de Box. B. Estadístico de Levene. Contrastan la igualdad de las varianzas y las del error.**

A				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
339'846	0'944	272	21233'759	0'738
B				
	F	gl1	gl2	Sig.
d1.4xo	0'667	2	97	0'516
d1.11xo	2'873	2	97	0'061
d4.11xo	1'085	2	97	0'342
d11.10xo	2'519	2	97	0'086
d4.10xo	0'113	2	97	0'893
d4.5xo	0'425	2	97	0'655
d4.9xo	1'524	2	97	0'223
d4.8xo	1'068	2	97	0'348
d10.9xo	1'697	2	97	0'189
d5.10xo	0'181	2	97	0'835
d5.8xo	0'553	2	97	0'577
d5.6xo	0'136	2	97	0'873
d5.7xo	0'281	2	97	0'755
d8.7xo	0'465	2	97	0'630
d6.7xo	0'058	2	97	0'944
d6.2xo	0'213	2	97	0'808
d7.2xo	0'541	2	97	0'557

Diseño: Intersección+Entrada

Realizado el MANOVA que se muestra en la tabla siguiente, el efecto significativo de la entrada sobre las distancias escaladas se muestra en la tabla Tabla 5.8.2.VII.

**Tabla 5.8.2.VI. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	19346321'500	17'000	81'000	0'000
Entrada	0'055	15'508	34'000	162'000	0'000

Diseño: Intersección+Entrada

Los efectos intersujetos son significativos excepto en d4.11 que es precisamente donde el centroide tenía un efecto significativo. Podemos concluir en que esta medida varía al inicio del cultivo más por el efecto del tamaño que de la entrada.

De modo general, d4.11xo está afectada por el tamaño del centroide, d4.10xo y d4.11xo están afectadas por el efecto de la época del año en el que se inicia el cultivo y todas las demás, 16 variables sólo se ven afectadas por la época del año en el que se inicia el cultivo.

El resultado del Test de Bonferroni se recoge en la Tabla 5.8.2.VIII donde se ha añadido también el resultado del test T2 de Tamhame, para corroborar los resultados, aún en el caso de no haber respetado el supuesto de la igualdad de las matrices covarianza

**Tabla 5.8.2.VII. Pruebas de los efectos inter-sujetos para el efecto Entrada**

Variable	S. C.	gl	M. C	F	Sig.
d1.4xo	0'267	2	0'133	13'360	<b>0'000</b>
d4.10xo	0'110	2	0'055	4'882	<b>0'010</b>
d4.5xo	0'144	2	0'072	7'009	<b>0'001</b>
d4.9xo	1'519	2	0'759	62'409	<b>0'000</b>
d4.8xo	0'260	2	0'130	13'555	<b>0'000</b>
d10.9xo	3'630	2	1'815	77'768	<b>0'000</b>
d5.10xo	0'473	2	0'236	14'349	<b>0'000</b>
d5.8xo	0'184	2	0'092	25'108	<b>0'000</b>
d5.6xo	0'813	2	0'406	39'703	<b>0'000</b>
d5.7xo	0'131	2	0'066	12'462	<b>0'000</b>
d8.7xo	0'279	2	0'140	17'020	<b>0'000</b>
d6.7xo	0'048	2	0'024	13'710	<b>0'000</b>
d6.2xo	0'512	2	0'256	44'593	<b>0'000</b>
d7.2xo	0'207	2	0'104	17'906	<b>0'000</b>
d1.11xo	0'186	2	0'093	8'472	<b>0'000</b>
d4.11xo	0'033	2	0'017	2'134	0'124
d11.10xo	1'194	2	0'597	25'297	<b>0'000</b>

Los resultados de los test de Bomferroni y Tamhane la tabla han sido utilizados para realizar las caricaturas de los perfiles, remarcando las diferencias de distancias.

**Tabla 5.8.2.VIII. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni y Tamhane.** La diferencia de medias observadas es significativa para  $\alpha=0'05$

Variable	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
d1.4xo	Abril	Julio	-0'1033(*)	0'02586	0'000	0'002
		Octubre	0'0118	0'02462	1'000	0'960
	Julio	Octubre	0'1151(*)	0'02370	0'000	0'000
d1.11xo	Abril	Julio	-0'0392	0'02713	0'456	0'508
		Octubre	-0'1034(*)	0'02584	0'000	0'004
	Julio	Octubre	-0'0642(*)	0'02487	0'034	0'009
d4.11xo	Abril	Julio	-0'0277	0'02282	0'686	0'580
		Octubre	0'0154	0'02173	1'000	0'892
	Julio	Octubre	0'0430	0'02092	0'127	0'077
d11.10xo	Abril	Julio	-0'0125	0'03975	1'000	0'990
		Octubre	0'2161(*)	0'03785	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'2286(*)	0'03643	0'000	0'000
d4.10xo	Abril	Julio	-0'0848(*)	0'02749	0'008	0'007
		Octubre	-0'0346	0'02618	0'567	0'461
	Julio	Octubre	0'0502	0'02520	0'147	0'150
d4.5xo	Abril	Julio	0'0828(*)	0'02619	0'006	0'006
		Octubre	0'0027	0'02494	1'000	0'999
	Julio	Octubre	-0'0801(*)	0'02401	0'004	0'003
d4.9xo	Abril	Julio	0'2522(*)	0'02855	0'000	0'000
		Octubre	0'2885(*)	0'02718	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'0363	0'02616	0'505	0'377
d4.8xo	Abril	Julio	0'1316(*)	0'02532	0'000	0'000
		Octubre	0'0638(*)	0'02411	0'028	0'052
	Julio	Octubre	-0'0678(*)	0'02321	0'013	0'007
d10.9xo	Abril	Julio	0'4574(*)	0'03953	0'000	0'000
		Octubre	0'3891(*)	0'03764	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0684	0'03623	0'187	0'142
d5.10xo	Abril	Julio	0'0416	0'03322	0'641	0'509
		Octubre	-0'1143(*)	0'03163	0'001	0'001
	Julio	Octubre	-0'1559(*)	0'03045	0'000	0'000
d5.9xo	Abril	Julio	-0'2885(*)	0'02669	0'000	0'000
		Octubre	-0'3674(*)	0'02541	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0790(*)	0'02446	0'005	0'001

**Tabla 5.8.2.VIII. Continuación. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni y Tamhane.** La diferencia de medias observadas es significativa para  $\alpha=0'05$ .

Variable	(I) Entrada	(J) Entrada	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
d5.8xo	Abril	Julio	-0'0310	0'01566	0'152	0'169
		Octubre	-0'1006(*)	0'01491	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0696(*)	0'01435	0'000	0'000
d5.6xo	Abril	Julio	0'2047(*)	0'02618	0'000	0'000
		Octubre	0'1974(*)	0'02493	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0074	0'02399	1'000	0'986
d5.7xo	Abril	Julio	0'0835(*)	0'01878	0'000	0'000
		Octubre	0'0108	0'01788	1'000	0'898
	Julio	Octubre	-0'0726(*)	0'01721	0'000	0'000
d8.7xo	Abril	Julio	-0'0234	0'02344	0'960	0'679
		Octubre	-0'1188(*)	0'02232	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0953(*)	0'02148	0'000	0'000
d6.7xo	Abril	Julio	-0'0386(*)	0'01083	0'002	0'005
		Octubre	-0'0533(*)	0'01031	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'0148	0'00992	0'419	0'313
d6.2xo	Abril	Julio	-0'1642(*)	0'01961	0'000	0'000
		Octubre	-0'1551(*)	0'01867	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'0090	0'01797	1'000	0'944
d7.2xo	Abril	Julio	-0'1102(*)	0'01969	0'000	0'000
		Octubre	-0'0916(*)	0'01874	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'0186	0'01804	0'917	0'696

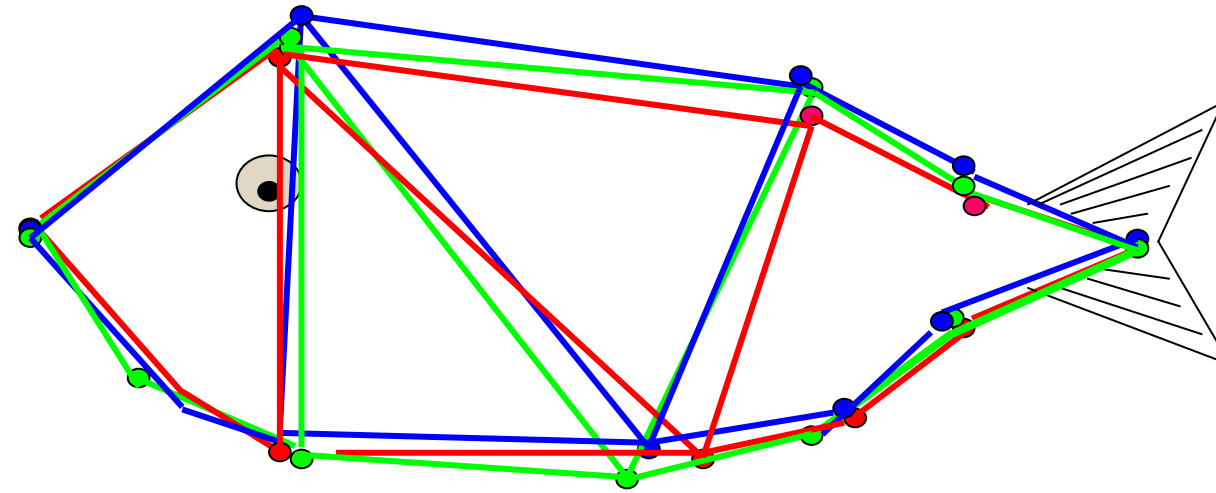


Figura 5.8.2.I Caricatura de los perfiles de los individuos centroide de cada entrada al inicio del experimento. Considerando el modelo de truss.  
Azul: Julio, Rojo: Abril, Verde: Octubre.

Se repitieron los análisis con los coeficientes particulares de alometría.

El test de Levene indica una desviación de las varianzas del error en algunas variables que queda reflejada en las siguientes tablas.



**Tabla 5.8.2.IX. Contraste de Levene**

	F	gl1	gl2	Sig.
epsi1.4	0'721	2	97	0'489
epsi1.11	3'376	2	97	<b>0'038</b>
epsi4.11	1'137	2	97	0'325
epsi11.10	1'219	2	97	0'300
epsi4.10	0'143	2	97	0'867
epsi4.5	0'382	2	97	0'684
epsi4.9	1'015	2	97	0'366
epsi4.8	0'917	2	97	0'403
epsi10.9	0'881	2	97	0'418
epsi5.9	5'797	2	97	<b>0'004</b>
epsi5.10	0'191	2	97	0'827
epsi5.8	0'711	2	97	0'494
epsi5.6	0'729	2	97	0'485
epsi5.7	0'579	2	97	0'562
epsi8.7	0'656	2	97	0'521
epsi6.7	0'243	2	97	0'785
epsi6.2	0'544	2	97	0'582
epsi7.2	0'053	2	97	0'949

Cuando se retiraron aquellas variables, epsi5.9 y epsi1.11, resultó, en un nuevo test la aceptación de la hipótesis de igualdad de las matrices de covarianza (Tabla 5.8.2.X)

**Tabla 5.8.2.X. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza(A). Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error (B)**

<b>A</b>				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
327'783	0'910	272	21233'759	0'852
<b>B</b>				
Variable	F	gl1	gl2	Sig.
epsi1.4	0'721	2	97	0'489
epsi4.11	1'137	2	97	0'325
epsi11.10	1'219	2	97	0'300
epsi4.10	0'143	2	97	0'867
epsi4.5	0'382	2	97	0'684
epsi4.9	1'015	2	97	0'366
epsi4.8	0'917	2	97	0'403
epsi10.9	0'881	2	97	0'418
epsi5.10	0'191	2	97	0'827
epsi5.8	0'711	2	97	0'494
epsi5.6	0'729	2	97	0'485
epsi5.7	0'579	2	97	0'562
epsi8.7	0'656	2	97	0'521
epsi6.7	0'243	2	97	0'785
epsi6.2	0'544	2	97	0'582
epsi7.2	0'053	2	97	0'949

**Tabla 5.8.2.XI. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'730	1'830	16'000	79'000	0'041
Entrada	0'572	1'591	32'000	158'000	0'033
cetrsiz	0'719	1'926	16'000	79'000	0'030
Entrada* cetrsiz	0'577	1'561	32'000	158'000	0'039

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz+entrada \* cetrsiz

En el análisis de homogeneidad de las pendientes, el resultado fue significativo (Tabla 5.8.2.XI) y cuando se analizaron los efectos intersujetos se identificaron las variables en las que se producía la interacción. Estos resultados se recogen en la tabla 5.8.2.XII.

Se eliminan, por tanto, las variables,  $\epsilon_{11.10}$ ,  $\epsilon_{10.9}$  y  $\epsilon_{5.10}$  se continúa el análisis del mismo modelo, que resulta en una interacción negativa

Se vuelve a comprobar la posible interacción entre el efecto de la entrada y el tamaño del centroide. Previamente se comprueba la igualdad de las matrices de covarianza (con un resultado de la prueba M de Box de 209'833, una F de 0'925 y una significación de 0'758). El resultado es, en esta ocasión, no significativo, En la tabla 5.8.2.XIII se ha recogido el resumen del estudio de la homogeneidad de pendientes que resultó en la desaparición también de la interacción multivariable.

**Tabla 5.8.2.XII. Pruebas de los efectos inter-sujetos para el efecto de la interacción Entrada\* Tamaño de Centroide**

Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
epsi1.4	0'003	2	0'002	2'935	0'058
epsi4.11	0'003	2	0'002	3'268	<b>0'042</b>
<b>epsi11.10</b>	0'099	2	0'050	8'875	<b>0'000</b>
epsi4.10	0'002	2	0'001	1'279	0'283
epsi4.5	0'001	2	0'001	2'087	0'130
epsi4.9	0'000	2	0'000	0'343	0'710
epsi4.8	0'000	2	0'000	0'637	0'531
<b>epsi10.9</b>	0'015	2	0'008	3'845	<b>0'025</b>
<b>epsi5.10</b>	0'003	2	0'002	3'711	<b>0'028</b>
epsi5.8	0'005	2	0'003	1'630	0'201
epsi5.6	0'005	2	0'003	0'249	0'780
epsi5.7	0'002	2	0'001	0'414	0'662
epsi8.7	0'004	2	0'002	0'246	0'783
epsi6.7	0'001	2	0'000	0'230	0'795
epsi6.2	0'011	2	0'006	1'529	0'222
epsi7.2	0'011	2	0'006	1'605	0'206

**Tabla 5.8.2.XIII. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'767	1'920(a)	13'000	82'000	0'039
Entrada	0'711	1'172(a)	26'000	164'000	0'270
TCentroide	0'754	2'059(a)	13'000	82'000	0'026
Entrada*Tctrde.	0'732	1'067(a)	26'000	164'000	0'386

Diseño: Intersección+Entrada+TCentroide+Entrada \* TCentroide

Se analizó, posteriormente el efecto del tamaño del centroide y el análisis de la Covarianza resulta significativo sobre alguno de los parámetros de la forma (Tabla 5.8.2.XIV)

**Tabla 5.8.2.XIV. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks .**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'757	2'072(a)	13'000	84'000	0'024
Entrada	0'084	15'890(a)	26'000	168'000	0'000
TCentroide	0'751	2'144(a)	13'000	84'000	0'019

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz

**Tabla 5.8.2.XV. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	S.C.	gl	M. C.	F	Sig.
Entrada	<b>eps1.4</b>	0'020	2	0'010	18'827	<b>0'000</b>
	<b>epsi4.11</b>	0'005	2	0'002	4'703	<b>0'011</b>
	<b>epsi4.10</b>	0'007	2	0'004	5'186	<b>0'007</b>
	<b>epsi4.5</b>	0'003	2	0'002	4'835	<b>0'010</b>
	<b>epsi4.9</b>	0'056	2	0'028	60'532	<b>0'000</b>
	<b>epsi4.8</b>	0'006	2	0'003	11'735	<b>0'000</b>
	<b>epsi5.8</b>	0'060	2	0'030	18'520	<b>0'000</b>
	<b>epsi5.6</b>	0'678	2	0'339	34'006	<b>0'000</b>
	<b>epsi5.7</b>	0'039	2	0'020	9'544	<b>0'000</b>
	<b>epsi8.7</b>	0'241	2	0'120	15'940	<b>0'000</b>
	<b>epsi6.7</b>	0'045	2	0'023	13'046	<b>0'000</b>
	<b>epsi6.2</b>	0'358	2	0'179	47'851	<b>0'000</b>
	<b>epsi7.2</b>	0'134	2	0'067	18'861	<b>0'000</b>
TCtroide	<b>eps1.4</b>	0'005	1	0'005	9'136	<b>0'003</b>
	<b>epsi4.11</b>	0'003	1	0'003	5'955	<b>0'017</b>

En la tabla 5.8.2.XV se recoge la prueba de los efectos intersujetos. El resultado refleja una influencia de la covariable en sólo dos de los parámetros que definen el perfil, las variables  $\epsilon_{1.4}$  y  $\epsilon_{4.11}$

Se comprueba la ausencia del efecto del tamaño del centroide (tabla 5.8.2. XVI) y, con el resto de variables, se pudo realizar un MANCOVA del modo ordinario para ver el efecto de la entrada. Los resultados aparecen en la tabla 5.8.2 XVII

De nuevo la prueba de Box nos confirma la hipótesis de igualdad de matrices de covarianza, con un valor  $M=169'250$ , una  $F=1'068$  y una  $Sig.=0'281$ .

**Tabla 5.8.2. XVI. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'862	1'257(a)	11'000	86'000	0'263
Entrada	0'095	17'539(a)	22'000	172'000	0'000
TCentroide	0'868	1'184(a)	11'000	86'000	0'310

Diseño: Intersección+Entrada+TCentroide

El resultado del MANOVA se recoge en las tablas siguientes. Primero el efecto significativo con la prueba de Lambda de Wilks en la tabla 5.8.2.XVII

**Tabla 5.8.2. XVII. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	22138'978(a)	11'000	86'000	0'000
Entrada	0'056	16'534(a)	22'000	172000	0'000

Diseño: Intersección+Entrada

**Tabla 5.8.2.XVIII. Pruebas de los efectos inter-sujetos para el efecto Entrada.**

Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
epsi4.10	0'007	2	0'003	4'898	0'009
epsi4.5	0'005	2	0'002	7'049	0'001
epsi4.9	0'056	2	0'028	60'792	0'000
epsi4.8	0'007	2	0'003	13'590	0'000
epsi5.8	0'082	2	0'041	25'201	0'000
epsi5.6	0'681	2	0'340	34'470	0'000
epsi5.7	0'052	2	0'026	12'792	0'000
epsi8.7	0'243	2	0'121	15'997	0'000
epsi6.7	0'048	2	0'024	13'897	0'000
epsi6.2	0'353	2	0'177	46'751	0'000
epsi7.2	0'134	2	0'067	18'904	0'000

Y las pruebas pot-hoc de comparaciones múltiples mediante el test de Bonferroni (Tabla 5.8.2 XIX) nos permiten afirmar que, entre los factores particulares hay algunos que se ven influidos por el efecto del tamaño del animal y otros por la interacción entre el tamaño del animal y la época del cultivo, pero que la mayoría, 11 coeficientes particulares, se ven influidos exclusivamente por la época del año. Dos coeficientes están afectados fundamentalmente por el tamaño del centroide, epsi1.4 y epsi4.11. Y en 4 coeficientes se produce interacción entre el efecto de la entrada y el tamaño del centroide, epsi4.11, epsi11.10, epsi10.9 y epsi5.10.

El efecto del tamaño del centroide y de la interacción afecta a más coeficientes particulares que a medidas estandarizadas. En ambos casos las variables que se ven afectadas por el tamaño de los animales tienen relación con tamaño de la cabeza, epsi1.4 y epsi4.11. Y la interacción, en el caso de los coeficientes particulares, se produce sólo en las distancias que afectan a la zona ventral..

**Tabla 5.8.2 XIX. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni.**  
 Basado en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel 0'05

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig.
epsi4.10	Abril	Julio	-0'0211(*)	0'00681	0'008
		Octubre	-0'0086	0'00649	0'564
	Julio	Octubre	0'0125	0'00624	0'147
epsi4.5	Abril	Julio	0'0149(*)	0'00469	0'006
		Octubre	0'0005	0'00447	1'000
	Julio	Octubre	-0'0144(*)	0'00430	0'004
epsi4.9	Abril	Julio	0'0484(*)	0'00556	0'000
		Octubre	0'0556(*)	0'00530	0'000
	Julio	Octubre	0'0072	0'00510	0'481
epsi4.8	Abril	Julio	0'0214(*)	0'00412	0'000
		Octubre	0'0103(*)	0'00392	0'029
	Julio	Octubre	-0'0111(*)	0'00377	0'012
epsi5.8	Abril	Julio	-0'0216	0'01043	0'123
		Octubre	-0'0674(*)	0'00993	0'000
	Julio	Octubre	-0'0458(*)	0'00956	0'000
epsi5.6	Abril	Julio	0'1877(*)	0'02571	0'000
		Octubre	0'1804(*)	0'02449	0'000
	Julio	Octubre	-0'0073	0'02357	1'000
epsi5.7	Abril	Julio	0'0527(*)	0'01172	0'000
		Octubre	0'0068	0'01116	1'000
	Julio	Octubre	-0'0459(*)	0'01074	0'000
epsi8.7	Abril	Julio	-0'0245	0'02255	0'838
		Octubre	-0'1118(*)	0'02147	0'000
	Julio	Octubre	-0'0873(*)	0'02067	0'000
epsi6.7	Abril	Julio	-0'0387(*)	0'01072	0'001
		Octubre	-0'0531(*)	0'01021	0'000
	Julio	Octubre	-0'0144	0'00983	0'439
epsi6.2	Abril	Julio	-0'1362(*)	0'01591	0'000
		Octubre	-0'1291(*)	0'01515	0'000
	Julio	Octubre	0'0070	0'01458	1'000
epsi7.2	Abril	Julio	-0'0885(*)	0'01541	0'000
		Octubre	-0'0739(*)	0'01467	0'000
	Julio	Octubre	0'0146	0'01412	0'915



### 5.8.3 Estudio de las distancias reescaladas entre puntos (Truss) y comparación de los coeficientes particulares al final del cultivo

Para cada individuo muestreado al final de cultivo, se calcularon las distancias esperadas en un reescalado, tomando como referencia una longitud estándar de 23 cm (distancia entre hitos 1 y 2), del mismo modo que hemos hecho en el apartado anterior aplicando la corrección de Leonard, aplicando sus coeficientes particulares de alometría,  $\epsilon$ .

A continuación se realizaron los MANCOVAS para discriminar el efecto de la covariable *talla de cada individuo* en las medidas esperadas y los MANOVAS para ver si existían diferencias en los perfiles de los individuos de mismo tamaño pero de distintas entradas.

Primero se realizaron las pruebas M de Box y Test de Leven para comprobar la adecuación de las variables antes de proseguir con el análisis.

Se realizó un análisis de interacción que resultó no significativo. No obstante, en el análisis de los efectos intersujetos aparecen dos distancias en las que, de modo individual, podría tener que considerarse el efecto de la interacción. Estos resultados se recogen en las tablas 5.8.3.II y III.

**Tabla 5.8.3.I. A. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza.**

M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
567'619	1'478	342	136204'243	0'000

**Tabla 5.8.3.I. B. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

	F	gl1	gl2	Sig.
d1.4xo	3'231	2	230	<b>0'041</b>
d1.11xo	3'328	2	230	<b>0'038</b>
d4.11xo	1'180	2	230	0'309
d11.10xo	2'595	2	230	0'077
d4.10xo	3'805	2	230	<b>0'024</b>
d4.5xo	2'533	2	230	0'082
d4.9xo	0'019	2	230	0'981
d4.8xo	0'798	2	230	0'451
d10.9xo	2'214	2	230	0'112
d5.10xo	0'051	2	230	0'950
d5.9xo	0'506	2	230	0'604
d5.8xo	1'738	2	230	0'178
d5.6xo	0'864	2	230	0'423
d5.7xo	0'099	2	230	0'906
d8.7xo	0'649	2	230	0'523
d6.7xo	5'226	2	230	<b>0'006</b>
d6.2xo	6'388	2	230	<b>0'002</b>
d7.2xo	11'354	2	230	<b>0'000</b>

**Tabla 5.8.3.II. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'000	92433'323	18'000	210	0'000
Entrada	0'888	0'715(a)	36'000	420	0'891
TCentroide	0'723	4'474(a)	18'000	210	0'000
Entrada * TCentroide	0'881	0'763(a)	36'000	420	0'838

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz+entrada \* cetrsiz

En la tabla 5.8.3.III, donde solamente se recoge los efectos de la interacción, podemos observar que las distancias d6.2xo y d7.2xo son las que presentan efectos significativos.

**Tabla 5.8.3.III. Pruebas de los efectos inter-sujetos de la Interacción Entrada**

Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
d1.4xo	0'073	2	0'036	0'631	0'533
d1.11xo	0'040	2	0'020	0'478	0'621
d4.11xo	0'117	2	0'058	1'140	0'322
d11.10xo	0'268	2	0'134	2'044	0'132
d4.10xo	0'260	2	0'130	1'637	0'197
d4.5xo	0'164	2	0'082	1'305	0'273
d4.9xo	0'273	2	0'137	1'725	0'180
d4.8xo	0'243	2	0'122	2'115	0'123
d10.9xo	0'018	2	0'009	0'125	0'883
d5.10xo	0'057	2	0'028	0'401	0'670
d5.9xo	0'034	2	0'017	0'459	0'633
d5.8xo	0'011	2	0'005	0'238	0'789
d5.6xo	0'006	2	0'003	0'080	0'923
d5.7xo	0'014	2	0'007	0'216	0'806
d8.7xo	0'050	2	0'025	0'805	0'448
d6.7xo	0'021	2	0'010	0'870	0'420
d6.2xo	0'129	2	0'064	2'994	<b>0'052</b>
d7.2xo	0'128	2	0'064	3'473	<b>0'033</b>

\* Cetrsize

Eliminando aquellas variables que no cumplieran con la hipótesis nula del test de Levene, se realiza otra prueba de M Box y nuevo test de Levene y, aunque la primera prueba resulta en desviaciones de la igualdad de las matrices de covarianza, el test de Levene no refleja desviación en las matrices de covarianza del error en ninguna de las variables.

**Tabla 5.8.3.IV. A. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza. B. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

<b>A</b>				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
233'510	1'387	156	138914'505	0'001

<b>B.</b>				
	F	gl1	gl2	Significación
d4.11xo	1'180	2	230	0'309
d11.10xo	2'595	2	230	0'077
d4.5xo	2'533	2	230	0'082
d4.9xo	0'019	2	230	0'981
d4.8xo	0'798	2	230	0'451
d10.9xo	2'214	2	230	0'112
d5.10xo	0'051	2	230	0'950
d5.9xo	0'506	2	230	0'604
d5.8xo	1'738	2	230	0'178
d5.6xo	0'864	2	230	0'423
d5.7xo	0'099	2	230	0'906
d8.7xo	0'649	2	230	0'523

De los contrastes multivariados realizados (tabla 5.8.3.V) resulta la ausencia de significación en la interacción entre el factor entrada y la covariable tamaño, lo que nos facilita la aplicación de un MANCOVA.

**Tabla 5.8.3.V. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'073	229'200	12	216	0'000
Entrada	0'932	0'646	24	432	0'901
TCentroide	0'901	1'967	12	216	0'028
Entrada * TCentroide	0'923	0'731	24	432	0'820

Diseño: Intersección+entrada+cetsize+entrada \* cetsize

Una vez realizado el análisis de Covarianza, que se recoge en la tabla 5.8.3.VI, que resultó en un efecto significativo del tamaño sobre las distancias estandarizadas, se identificaron cuáles son dichas variables en las pruebas intersujetos.

**Tabla 5.8.3.VI. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl l error	Sig.
Intersección	0'070	239'796(a)	12'000	218'000	0'000
Entrada	0'368	11'769(a)	24'000	436'000	0'000
Cetrsiz	0'893	2'171(a)	12'000	218'000	0'014

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz

De los valores presentados en la tabla 5.8.3.VII se deduce que las pruebas intersujetos detectan efecto del tamaño sobre las distancias: d4.9xo, d4.8xo, d5.9xo y d5.8xo.

**Tabla 5.8.3.VII Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
Entrada	d4.11xo	4'877	2	2'438	47'656	<b>0'000</b>
	d11.10xo	6'350	2	3'175	47'918	<b>0'000</b>
	d4.5xo	0'490	2	0'245	3'896	<b>0'022</b>
	d4.9xo	2'765	2	1'383	17'351	<b>0'000</b>
	d4.8xo	1'849	2	0'924	15'910	<b>0'000</b>
	d10.9xo	0'492	2	0'246	3'392	<b>0'035</b>
	d5.10xo	3'130	2	1'565	22'339	<b>0'000</b>
	d5.9xo	2'362	2	1'181	31'616	<b>0'000</b>
	d5.8xo	1'257	2	0'628	27'784	<b>0'000</b>
	d5.6xo	0'957	2	0'479	11'977	<b>0'000</b>
	d5.7xo	0'840	2	0'420	13'431	<b>0'000</b>
	d8.7xo	0'146	2	0'073	2'359	0'097

**Tabla 5.8.3.VII Pruebas de los efectos inter-sujetos. Continuación**

Cetrsize	d4.9xo	0'639	1	0'639	8'022	<b>0'005</b>
	d4.8xo	0'242	1	0'242	4'161	<b>0'043</b>
	d5.9xo	0'316	1	0'316	8'463	<b>0'004</b>
	d5.8xo	0'150	1	0'150	6'614	<b>0'011</b>
	d8.7xo	0'011	1	0'011	0'341	0'560

Y también observamos que la variable d8.7xo no se ve afectada ni por el tamaño ni por la época de entrada (recordamos que en las tablas se recogen sólo las variables en las que observamos efectos significativos)

Se retiraron las variables afectadas por la covariable Tamaño del centroide: d4.8xo, d4.9xo, d5.8xo y d5.9xo y se pasa a analizar el efecto exclusivamente de la entrada sobre el resto de la variables.

**Tabla 5.8.3.VIII. A. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianza. B. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

<b>A</b>				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
88'286	1'166	72	145241'735	0'159
<b>B</b>				
	F	gl1	gl2	Sig.
d4.11xo	1'009	2	230	0'366
d11.10xo	2'456	2	230	0'088
d4.5xo	2'673	2	230	0'071
d10.9xo	2'311	2	230	0'101
d5.10xo	0'056	2	230	0'945
d5.6xo	0'900	2	230	0'408
d5.7xo	0'085	2	230	0'918
d8.7xo	0'682	2	230	0'507

Diseño: Intersección+entrada

El resto de las variables, para el modelo del único efecto de la entrada, sí cumplen los criterios de la prueba de Box confirmado también por el resultado no significativo de todas las variables en el test de Levene.

El MANOVA que se realizó a continuación confirma que la entrada ejerce efectos significativos sobre seis de las distancias estandarizadas para una longitud (Desde el hito 1 al 2) de 23cm.

**Tabla 5.8.3.IX. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	1'000	165758'60a)	8	223	0'000
Entrada	0'303	9'113(a)	16	446	0'000

Diseño: Intersección+Entrada

Por último, las pruebas intersujetos identificaron aquellas variables. Los resultados se recogen en la tabla 5.8.3.X.

**Tabla 5.8.3.X. Pruebas de los efectos inter-sujetos.**

Fuente	Variable	S. C	gl	M. C..	F	Sig.
Entrada	d4.11xo	5'414	2	2'707	52'565	0'000
	d11.10xo	7'820	2	3'910	59'255	0'000
	d4.5xo	0'374	2	0'187	2'961	0'054
	d10.9xo	0'667	2	0'334	4'602	0'011
	d5.10xo	3'587	2	1'793	25'709	0'000
	d5.6xo	1'421	2	0'711	17'818	0'000
	d5.7xo	1'065	2	0'533	17'094	0'000
	d8.7xo	0'139	2	0'069	2'241	0'109

Diseño: Intersección+Entrada

Los test de Bonferroni y Tamhane (este último, como siempre, para aquellas variables que han ido presentando desviaciones de la hipótesis nula de la prueba M de Box) utilizados en las comparaciones múltiples, significan las diferencias entre entradas de dichas distancias. Al aplicarlos en este caso, no se observaron discrepancia en los resultados de ambos.

**Tabla 5.8.3.XI. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni y Test de Tamhane para aquellas variables que no cumplían el test de Levene sobre igualdad de varianzas. Basados en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel 0'05.**

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
d1.4xo	Abril	Julio	-0'1718(*)	0'03858	0'000	0'000
		Octubre	-0'3033(*)	0'03780	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1314(*)	0'03881	0'002	0'004
d1.11xo	Abril	Julio	0'2483(*)	0'03292	0'000	0'000
		Octubre	0'1935(*)	0'03225	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-00'0549	0'03312	0'297	0'279
d4.11xo	Abril	Julio	-0'1418(*)	0'03662	0'000	0'000
		Octubre	-0'3654(*)	0'03588	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'2236(*)	0'03684	0'000	0'000
d11.10xo	Abril	Julio	-0'4296(*)	0'04146	0'000	0'000
		Octubre	-0'3222(*)	0'04062	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'1075(*)	0'04170	0'032	0'030
d4.10xo	Abril	Julio	-0'1814(*)	0'04606	0'000	0'000
		Octubre	-0'3502(*)	0'04513	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1688(*)	0'04634	0'001	0'001
d4.5xo	Abril	Julio	-0'0233	0'04053	10'000	0'933
		Octubre	-0'0932	0'03971	0'059	0'044
	Julio	Octubre	-0'0700	0'04077	0'263	0'226
d4.9xo	Abril	Julio	-0'0848	0'04625	0'204	0'207
		Octubre	-0'2284(*)	0'04531	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1437(*)	0'04652	0'007	0'007
d4.8xo	Abril	Julio	-0'0900	0'03916	0'067	0'088
		Octubre	-0'2027(*)	0'03837	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1127(*)	0'03940	0'014	0'016



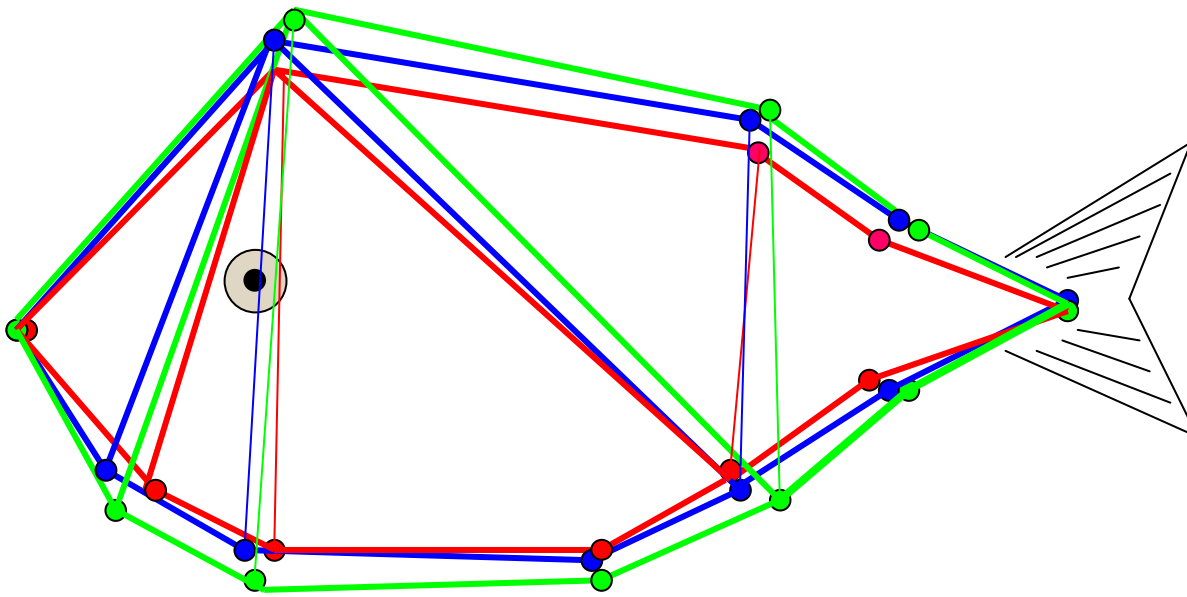
**Tabla 5.8.3.XI. Continuación. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni y Test de Tamhane para aquellas variables que no cumplían el test de Levene sobre igualdad de varianzas. Basados en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel 0'05.**

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
d10.9xo	Abril	Julio	0'0262	0'04344	1'000	0'919
		Octubre	-0'0983	0'04257	0'065	0'070
	Julio	Octubre	-0'1246(*)	0'04370	0'014	0'007
d5.10xo	Abril	Julio	0'0387	0'04262	1'000	0'760
		Octubre	-0'2417(*)	0'04176	0'000	0'000
d5.9xo	Abril	Julio	-0'2803(*)	0'04288	0'000	0'000
		Octubre	0'0571	0'03169	0'218	0'208
	Julio	Octubre	-0'1648(*)	0'03105	0'000	0'000
d9.8xo	Abril	Julio	-0'2220(*)	0'03117	0'000	0'000
		Octubre	0'0209	0'01540	0'527	0'461
	Julio	Octubre	-0'0538(*)	0'01509	0'001	0'002
d5.8xo	Abril	Julio	-0'0747(*)	0'01549	0'000	0'000
		Octubre	-0'0571	0'02456	0'063	0'079
	Julio	Octubre	-0'1663(*)	0'02407	0'000	0'000
d5.6xo	Abril	Julio	-0'1092(*)	0'02471	0'000	0'000
		Octubre	-0'1580(*)	0'03223	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1690(*)	0'03158	0'000	0'000
d5.7xo	Abril	Julio	-0'0110	0'03242	10'000	0'983
		Octubre	-0'1155(*)	0'02849	0'000	0'000
	Julio	Octubre	-0'1577(*)	0'02791	0'000	0'000
d8.7xo	Abril	Julio	-0'0422	0'02866	0'427	0'361
		Octubre	0'0589	0'02839	0'117	0'119
	Julio	Octubre	0'0381	0'02782	0'515	0'438
d6.7xo	Abril	Julio	-0'0208	0'02856	10'000	0'843
		Octubre	-0'0543(*)	0'01767	0'007	0'010
	Julio	Octubre	-0'0978(*)	0'01731	0'000	0'000
d6.2xo	Abril	Julio	-0'0434(*)	0'01777	0'046	0'024
		Octubre	0'1748(*)	0'02389	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'2947(*)	0'02341	0'000	0'000
d7.2xo	Abril	Julio	0'1199(*)	0'02404	0'000	0'000
		Octubre	0'0986(*)	0'02208	0'000	0'000
	Julio	Octubre	0'2052(*)	0'02163	0'000	0'000
		Julio	0'1065(*)	0'02221	0'000	0'000

Se concluye que al final del cultivo las variables que pueden identificar las distintas entradas son cada vez menos (seis) que al inicio del cultivo y que, por el contrario, el tamaño y la interacción tienen cada vez mayor peso en la configuración del perfil de los animales.

Esta variabilidad individual al final del cultivo se va a reflejar también en las matrices de covarianza, de ahí las desviaciones de la igualdad que resultaban al aplicar las pruebas de Box cuando se utilizaban todas las variables.

Los resultados del Test de Bonferroni (Tabla 5.8.3.XI) se utilizan para la caricaturización de los perfiles de los individuos medios de cada entrada y remarcar sus diferencias.



**Figura 5.8.3.I. Caricatura de los perfiles de los individuos centroide de cada entrada al final del ex perimento. Considerando el modelo de truss.**

**Azul: Julio , Rojo: Abril, Verde: Octubre.**

Cuando se estudiaron los coeficientes particulares de alometría,  $\epsilon$ , nos encontramos con una situación similar a la de las distancias estandarizadas. La desviación de las matrices de covarianza no se corrige hasta que se seleccionan los coeficientes que sólo son afectados por el factor entrada.

**Tabla 5.8.3. XII. A. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianzas. B. Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error**

<b>A</b>				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
709'542	1'651	380	135984'479	0'000

<b>B</b>				
	F	gl1	gl2	Significación
epsi1.4	2'583	2	230	0'078
epsi1.11	3'634	2	230	0'028
epsi4.11	0'707	2	230	0'494
epsi11.10	3'944	2	230	0'021
epsi4.10	3'397	2	230	0'035
epsi4.5	2'591	2	230	0'077
epsi4.9	0'050	2	230	0'951
epsi4.8	0'839	2	230	0'433
epsi10.9	2'359	2	230	0'097
epsi5.10	0'129	2	230	0'879
epsi5.9	0'463	2	230	0'630
epsi9.8	4'049	2	230	0'019
epsi5.8	1'865	2	230	0'157
epsi5.6	0'569	2	230	0'567
epsi5.7	0'332	2	230	0'718
epsi8.7	0'513	2	230	0'600
epsi6.7	6'754	2	230	0'001
epsi6.2	3'633	2	230	0'028
epsi7.2	9'005	2	230	0'000

Se estudió mediante las pruebas M de Box y el test de Levene la adecuación de las variables para los análisis multivariantes. La tabla 5.8.3.XII recoge los resultados. Como en los casos de las distancias, también se aprecia la ausencia de interacción entre el factor y la covariable.

**Tabla 5.8.3.XIII. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'867	1'788(a)	18'000	210'000	0'028
Entrada	0'888	0'716(a)	36'000	420'000	0'890
TCentroide	0'865	1'824(a)	18'000	210'000	0'024
Entrada * TCentroide	0'880	0'773(a)	36'000	420'000	0'827

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz+entrada \* cetrsiz

Una vez que se retiraron las variables que se desviaban en el test de Levene se repitió el análisis y la prueba mostró que las restantes variables cumplían con la hipótesis nula. (Tabla 5.8.3.XIV)

**Tabla 5.8.3.XIV. Contraste de Levene.**

	F	gl1	gl2	Sig.
epsi1.4	2'583	2	230	0'078
epsi4.11	0'707	2	230	0'494
epsi4.5	2'591	2	230	0'077
epsi4.9	0'050	2	230	0'951
epsi4.8	0'839	2	230	0'433
epsi10.9	2'359	2	230	0'097
epsi5.10	0'129	2	230	0'879
epsi5.9	0'463	2	230	0'630
epsi5.8	1'865	2	230	0'157
epsi5.6	0'569	2	230	0'567
epsi5.7	0'332	2	230	0'718
epsi8.7	0'513	2	230	0'600

Diseño: Intersección+Entrada+TCentroide+Entrada\* TCentroide

En la tabla 5.8.3.XV queda reflejada la ausencia de interacción. Se puede observar que si conservásemos este diseño analítico, ni la entrada ni el tamaño del centroide tendrían efecto sobre el valor de los coeficientes particulares. Cabría entonces preguntarse de donde viene la variación de estos parámetros o si son meramente variaciones individuales.

**Tabla 5.8.3.XV. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'912	1'738(a)	12'000	216'000	0'060
Entrada	0'935	0'620(a)	24'000	432'000	0'921
TCentroide	0'915	1'668(a)	12'000	216'000	0'075
Entrada *TCentroide	0'929	'678(a)	24'000	432'000	0'874

Diseño: Intersección+Entrada+TCentroide+Entrada \* TCentroide

Como podemos desestimar la interacción de la entrada con el tamaño realizamos un análisis de covarianza respecto del tamaño del centroide:

**Tabla 5.8.3.XVI. Contrastes multivariados. Valores de Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'903	1'949(a)	12'000	218'000	0'030
Entrada	0'410	10'218(a)	24'000	436'000	0'000
TCentroide	0'907	1'855(a)	12'000	218'000	0'041

Diseño: Intersección+entrada+cetrsiz

Las pruebas intersujetos, que se observan en la tabla 5.8.3.XVII, identifican los cuatro coeficientes que son afectados por el tamaño del centroide (y por la entrada):  $\epsilon_{4.8}$ ,  $\epsilon_{4.9}$ ,  $\epsilon_{5.8}$  y  $\epsilon_{5.9}$ , que son las variables que afectan a las mismas medidas que en el caso de las distancias estandarizadas. Esto

nos permite considerar que estos parámetros son válidos a la hora de estudiar la variación de la forma.

**Tabla 5.8.3.XVII. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Entrada	epsi1.4	0'041	2	0'020	26'041	<b>0'000</b>
	epsi4.11	0'066	2	0'033	47'957	<b>0'000</b>
	epsi4.5	0'003	2	0'002	3'986	<b>0'020</b>
	epsi4.9	0'021	2	0'011	17'349	<b>0'000</b>
	epsi4.8	0'010	2	0'005	15'838	<b>0'000</b>
	epsi10.9	0'010	2	0'005	3'466	<b>0'033</b>
	epsi5.10	0'019	2	0'010	22'106	<b>0'000</b>
	epsi5.9	0'048	2	0'024	31'563	<b>0'000</b>
	epsi5.8	0'110	2	0'055	27'528	<b>0'000</b>
	epsi5.6	0'220	2	0'110	11'803	<b>0'000</b>
	epsi5.7	0'074	2	0'037	13'718	<b>0'000</b>
	epsi8.7	0'032	2	0'016	2'345	0'098
	TCentroide	epsi1.4	0'000	1	0'000	0'226
epsi4.11		0'002	1	0'002	2'577	0'110
epsi4.5		0'001	1	0'001	1'929	0'166
epsi4.9		0'005	1	0'005	8'112	<b>0'005</b>
epsi4.8		0'001	1	0'001	4'247	<b>0'040</b>
epsi10.9		0'001	1	0'001	0'967	0'327
epsi5.10		6'89E-006	1	6'89E-006	0'016	0'900
epsi5.9		0'007	1	0'007	8'635	<b>0'004</b>
epsi5.8		0'013	1	0'013	6'522	<b>0'011</b>
epsi5.6		0'005	1	0'005	0'579	0'447
epsi5.7		0'000	1	0'000	0'062	0'804
epsi8.7	0'003	1	0'003	0'393	0'531	

Una vez retiradas las variables afectadas por el tamaño, nos encontramos con ocho variables afectadas únicamente por el efecto de la entrada: epsi1.4, epsi4.11, epsi4.5, epsi10.9, epsi5.10, epsi5.6, epsi5.7, epsi8.7.

**Tabla 5.8.3. XVIII. Prueba de Box sobre la igualdad de las matrices de covarianzas. B Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error.**

A				
M de Box	F	gl1	gl2	Sig.
92'810	1'226	72	145241'735	0'094

B				
	F	gl1	gl2	Sig.
epsi1.4	1'862	2	230	0'158
epsi4.11	0'574	2	230	0'564
epsi4.5	2'644	2	230	0'073
epsi10.9	2'653	2	230	0'073
epsi5.10	0'138	2	230	0'871
epsi5.6	0'552	2	230	0'577
epsi5.7	0'305	2	230	0'738
epsi8.7	0'565	2	230	0'569

Diseño: Intersección+entrada

El MANOVA resultó en un efecto significativo de la entrada, como era de esperar

**Tabla 5.8.3. XIX. Contrastes multivariados. Lambda de Wilks.**

Efecto	Valor	F	Gl hipótesis	Gl error	Sig.
Intersección	0'821	6'089	8'000	223'000	0'000
Entrada	0'414	15'470	16'000	446'000	0'000

Diseño: Intersección+Entrada

Donde, en el estudio univariante, identificamos las variables influenciadas por el factor entrada (en la tabla 5.8.3.XX).

**Tabla 5.8.3. XX. Pruebas de los efectos inter-sujetos para el factor Entrada.**

Factor	Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
Entrada	epsi1.4	0'051	2	0'025	32'611	<b>0'000</b>
	epsi4.11	0'073	2	0'036	52'774	<b>0'000</b>
	epsi4.5	0'003	2	0'001	3'013	0'051
	epsi10.9	0'014	2	0'007	4'727	<b>0'010</b>
	epsi5.10	0'022	2	0'011	24'964	<b>0'000</b>
	epsi5.6	0'328	2	0'164	17'648	<b>0'000</b>
	epsi5.7	0'094	2	0'047	17'490	<b>0'000</b>
	epsi8.7	0'030	2	0'015	2'185	0'115

Aplicando los test de Bonferroni y Tamhane a todas las variables:

**Tabla 5.8.3. XXI. Comparaciones múltiples. Test de Bonferroni. Basado en las medias observadas. La diferencia de medias es significativa al nivel  $\alpha=0'05$ .**

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
epsi1.4	Abril	Julio	-0'0203(*)	0'00449	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0354(*)	0'00440	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'0151(*)	0'00452	<b>0'003</b>	<b>0'004</b>
epsi1.11	Abril	Julio	0'0568(*)	0'00760	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	0'0446(*)	0'00745	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi4.11	Julio	Octubre	-0'0122	0'00765	0'339	0'325
		Abril	Julio	-0'0167(*)	0'00423	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0424(*)	0'00415	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi11.10	Julio	Octubre	-0'0257(*)	0'00426	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Abril	Julio	-0'1090(*)	0'01041	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0822(*)	0'01020	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi4.10	Julio	Octubre	0'0268(*)	0'01048	<b>0'034</b>	<b>0'024</b>
		Abril	Julio	-0'0202(*)	0'00502	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0383(*)	0'00492	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'0181(*)	0'00505	<b>0'001</b>	<b>0'001</b>
epsi4.9	Julio	Octubre	-0'0077	0'00328	0'057	0'042
		Julio	Octubre	-0'0058	0'00336	0'251
	Abril	Julio	-0'0075	0'00406	0'203	0'211
		Octubre	-0'0200(*)	0'00398	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	Julio	Octubre	-0'0126(*)	0'00409	<b>0'007</b>	<b>0'007</b>



**Tabla 5.8.3. XXI. (Continuación).**

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
epsi4.8	Abril	Julio	-0'0067	0'00293	0'071	0'094
		Octubre	-0'0151(*)	0'00287	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi10.9	Abril	Julio	-0'0084(*)	0'00295	<b>0'014</b>	<b>0'017</b>
		Octubre	0'0035	0'00616	1'000	0'932
epsi5.10	Abril	Julio	-0'0143	0'00604	0'056	0'058
		Octubre	-0'0178(*)	0'00620	<b>0'013</b>	<b>0'007</b>
epsi5.9	Abril	Julio	0'0032	0'00335	1'000	0'729
		Octubre	-0'0186(*)	0'00328	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi5.9	Abril	Julio	-0'0218(*)	0'00337	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	0'0082	0'00453	0'216	0'212
epsi9.8	Abril	Julio	-0'0235(*)	0'00444	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0317(*)	0'00456	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi5.8	Abril	Julio	0'0139	0'00618	0'076	0'085
		Octubre	-0'0118	0'00605	0'160	0'185
epsi5.8	Abril	Julio	-0'0257(*)	0'00622	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0166	0'00730	0'071	0'092
epsi5.6	Abril	Julio	-0'0491(*)	0'00715	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0325(*)	0'00734	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi5.7	Abril	Julio	-0'0767(*)	0'01556	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0806(*)	0'01525	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi5.7	Abril	Julio	-0'0039	0'01565	1'000	0'992
		Octubre	-0'0346(*)	0'00838	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi8.7	Abril	Julio	-0'0468(*)	0'00821	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0123	0'00843	0'440	0'358
epsi6.7	Abril	Julio	-0'0272	0'01326	0'124	0'122
		Octubre	0'0174	0'01299	0'543	0'454
epsi6.7	Abril	Julio	-0'0098	0'01334	1'000	0'844
		Octubre	-0'0263(*)	0'00830	<b>0'005</b>	<b>0'008</b>
epsi6.2	Abril	Julio	-0'0463(*)	0'00813	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	-0'0200	0'00835	<b>0'051</b>	<b>0'024</b>
epsi7.2	Abril	Julio	0'0635(*)	0'00890	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	0'1094(*)	0'00872	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi7.2	Abril	Julio	0'0460(*)	0'00895	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	0'0356(*)	0'00824	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
epsi7.2	Abril	Julio	0'0764(*)	0'00807	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		Octubre	0'0408(*)	0'00829	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>

Epsi1.4, epsi4.11, epsi10.9, epsi5.10, epsi5.6 y epsi5.7, son los coeficientes afectados por la entrada. El coeficiente epsi4.5 está en el límite de significación. Las diferencias en los coeficientes particulares, epsi4.10, epsi4.9, epsi4.8, epsi5.9 y epsi5.8 son debidas fundamentalmente al efecto del tamaño de los individuos. Esto nos confirma que el crecimiento no es totalmente isométrico.

Y que entre las variables epsi8.7 y epsi4.5 no hay diferencias significativas ni por efecto del factor fijo (entrada) ni por efecto de la covariable (tamaño del centroide). Podríamos decir que estas dos medidas siguen un crecimiento isométrico que no se ve alterado tampoco por la época del año.

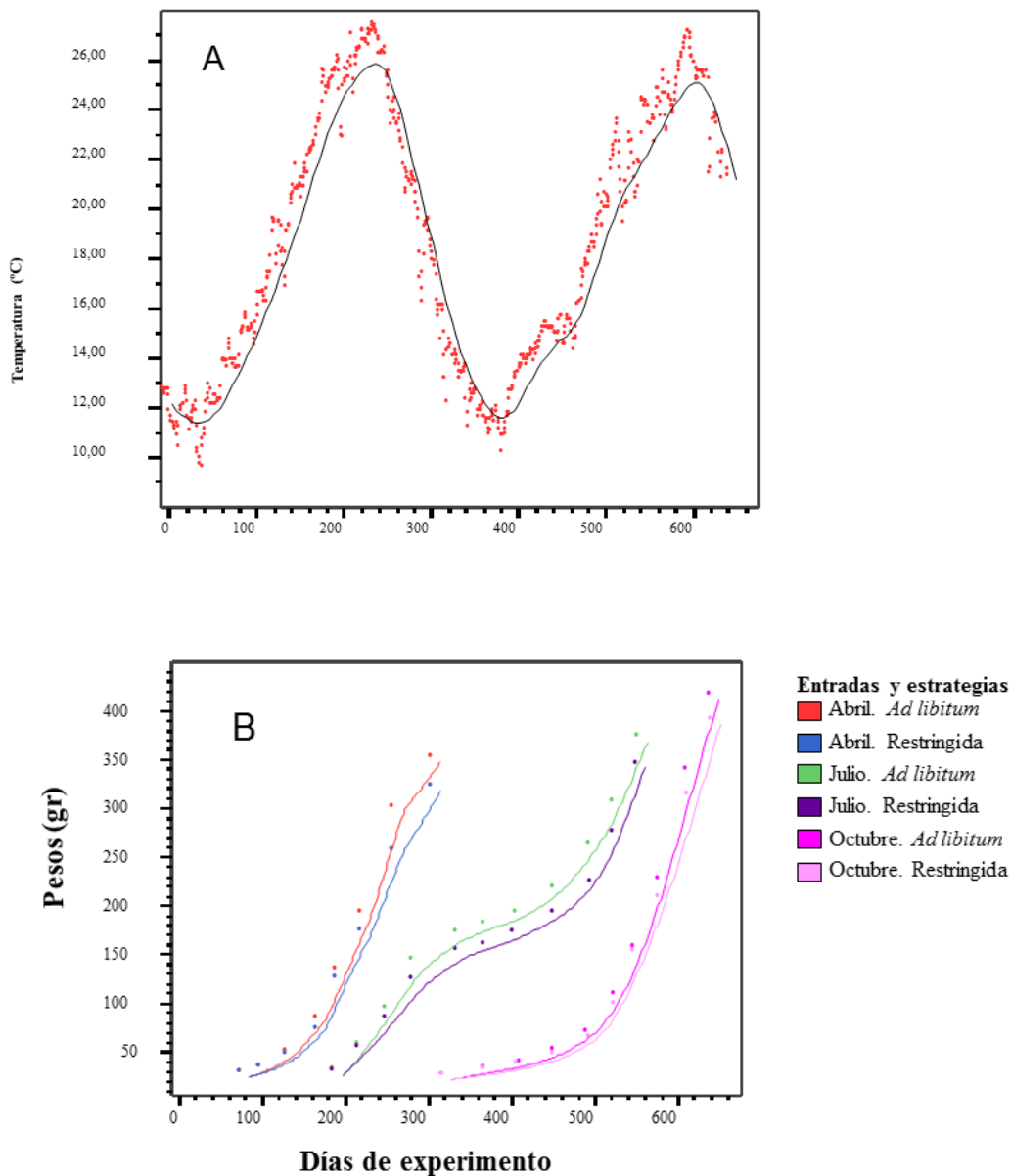
## **5.9.- MODELO PARA LA MONITORIZACIÓN DEL ESTADO DE CRECIMIENTO.**

En los apartados anteriores se ha estudiado la influencia que tiene la época del cultivo en los valores de los coeficientes particulares de alometría. Se ha visto que algunos de estos valores están influenciados por el tamaño de los individuos, pero todos los coeficientes están siempre influenciados por la época del año.

En el trabajo de Leonard se apunta que estos coeficientes son propios de cada individuo y permitirían identificar a un individuo concreto dentro de la población. Para admitir esto hemos de suponer que el crecimiento es continuo y, si bien como modelo matemático el razonamiento es correcto, choca con la evidencia de que el crecimiento biológico se realiza a pulsos, de modo que el valor calculado para cada uno de estos coeficientes dependerá del momento en el que se hayan tomado medidas a los individuos y, por tanto, al estado de crecimiento de ese estado instantáneo.

Tradicionalmente el estudio de los modelos de alometría se ha realizado mediante el estudio de los componentes principales de los logaritmos de las medidas absolutas y, si bien para estudios poblacionales o en periodos amplios de tiempo (o donde los cambios estacionales no son considerados) el uso de los valores absolutos es adecuado y correcto, para el estudio de pequeñas variaciones en las medidas producidas en cortos periodos de tiempo, resultan ser métodos poco precisos. Por eso hemos realizado el estudio de componentes principales de los factores particulares de alometría, porque reflejan con más precisión las variaciones producidas por los pulsos de crecimiento debidas a factores estacionales o de otra naturaleza. Los factores particulares podrían entonces darnos información más precisa referente a los momentos en los que se producen los pulsos de crecimiento.

### 5.9.1. RESULTADOS



**Figura. 5.9.1.I. Curvas de crecimiento y temperaturas durante el desarrollo del experimento.**

Para ayudar a comprender el análisis que se ha llevado a cabo en este apartado, creemos oportuno recordar los resultados expuestos en el capítulo correspondiente al efecto de la forma de alimentación en el crecimiento de los

cultivos, para volver a tener una relación general estacional del desarrollo de los mismos; las figuras que se muestran corresponden a aquellos resultados. En ellas se puede observar que los pesos al final de los experimentos se asemejan en las tres poblaciones, mientras que la dinámica es diferente en las tres: en cada cultivo los animales alcanzan un mismo tamaño en épocas distintas.

El uso de medidas absolutas nos relacionaría como próximos animales de tamaño o peso semejantes, mientras que los factores particulares de alometría son, según el cálculo teórico, independientes del tamaño del individuo.

Así pues, el resultado del análisis de componentes principales de los logaritmos naturales de las distancias entre puntos, calculados a partir de la matriz de covarianzas, podemos resumirlas como sigue:

**Tabla 5.9.1.I. Matriz de coeficientes de las componentes principales comunes' referidos a los logaritmos de las medidas**

	Componente				
	1	2	3	4	5
LN1.4	0'286	-0'006	-0'012	0'006	0'000
LN1.11	0'283	-0'022	0'016	-0'016	-0'025
LN4.11	0'316	-0'004	-0'014	0'004	-0'005
LN11.10	0'292	0'005	-0'056	0'039	0'041
LN4.10	0'324	-0'006	-0'014	0'004	-0'006
LN4.5	0'315	-0'011	-0'002	0'003	-0'008
LN4.9	0'323	-0'003	-0'009	-0'002	-0'010
LN4.8	0'317	-0'004	-0'006	-0'002	-0'006
LN10.9	0'310	0'003	-0'002	-0'009	-0'022
LN5.10	0'313	-0'008	0'000	0'001	-0'014
LN5.9	0'323	-0'014	0'001	0'006	-0'008
LN5.8	0'321	0'011	-0'002	0'000	-0'013
LN5.6	0'283	0'101	0'010	-0'031	0'021
LN5.7	0'298	0'039	0'002	-0'010	0'000
LN8.7	0'276	0'022	0'063	0'059	0'003
LN6.7	0'298	-0'006	-0'016	-0'004	-0'016
LN6.2	0'302	-0'050	0'029	-0'014	0'037
LN7.2	0'299	-0'038	0'017	-0'031	0'036

Observando la tabla podemos intuir un crecimiento en el tiempo mayor para la altura del individuo, como lo denotan los mayores coeficientes de las variables Ln4.10 y Ln4.11 y una mayor preponderancia del tamaño del cuerpo frente a la cabeza (Ln1.4, Ln1.11, Ln11.10) y a la parte posterior del pedúnculo caudal (Ln6.2, Ln7.2). Lógicamente todos los coeficientes de las medidas de diagonales entre estos puntos también son mayores y denotan cierta alometría positiva.

Al trabajar con medidas absolutas la mayor parte de la variabilidad se debe al tamaño, por lo que la primera componente pesa mucho más que las demás. La primera componente explica ella sola, el 98% de la varianza. No obstante conservamos esta componente principal como el vector director de alometría de la dorada para un periodo de engorde industrial.

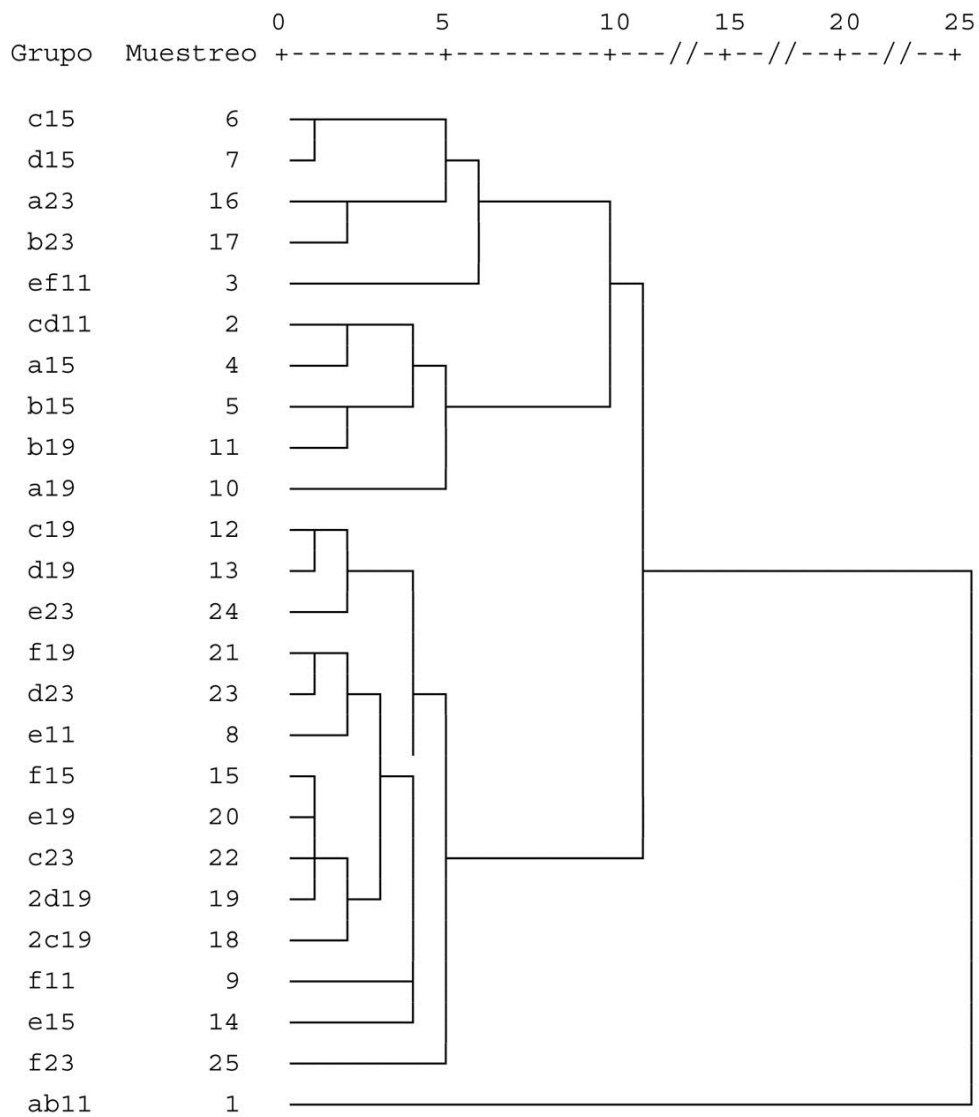
El estudio exploratorio de la relación entre los coeficientes particulares de alometría, variables epsilon ( $\epsilon$ ), mediante el análisis de *clusters* de las distancias euclídeas a partir de los valores medios de estas variables, obtenidos de cada individuo en cada punto de muestreo, se resumen en el dendrograma de la figura 5.9.1.II. A fin de facilitar la comprensión de estos resultados, conviene aclarar la nomenclatura que se ha seguido para la confección del dendrograma: los puntos muestreados iniciales para cada entrada se denominaron **ab11**, **cd11** y **ef11**, porque el valor que se utilizó para normalizar las medidas de los individuos en ese momento era de once unidades; en sucesivos muestreos, y siguiendo este mismo criterio. Se denominaron, para la primera entrada, **a15** y **b15** los individuos sometidos a alimentación *ad libitum* o restringidas respectivamente, cuando su talla aproximaba a 15 centímetros y se utilizaba esta medida para normalizar el resto de distancias entre hitos. De manera semejante se procedió con las demás entradas y puntos de muestreos (**c19**, **d19**, **e23**, **f23**, etc.). Durante el periodo invernal se produjo el hecho que el crecimiento se ralentizó de modo que los animales no mostraron diferencia notable de talla, por lo que en su

muestreo se volvió a normalizar las distancias respecto al valor del anterior muestreo; por esta razón aparece en la tabla como **2c19** y **2d19**, y **e11** y **f11**

Resulta llamativo que las menores distancias entre grupos de muestreo no se concretan entre individuos del mismo tamaño o de la misma entrada, como cabría esperar, sino que siguen otra relación. Sí parecen mantenerse muy próximos entre sí los dos tratamientos (alimentación *ad libitum* y restringida) en cada punto de muestreo y para cada entrada, pero esto no ocurre siempre. Observamos que entre los individuos de la segunda entrada al inicio del cultivo, (**cd11**), y los animales de la primera entrada con alimentación *ad libitum* en el segundo muestreo, cuando tienen unos 15cm (**a15**), hay menos distancia que entre esos y los correspondientes de experimento de alimentación restringida (**b15**), y que también hay más proximidad entre los individuos de los muestreos **f15**, **e19**, **c23**, **2d19** que entre cada uno de ellos y sus correspondientes grupos con el otro tipo de alimentación. Parece pues que las variables que definen el estado de crecimiento indican más una analogía de estado y forma, que una proximidad de parentesco o tratamiento.

**Tabla 5.9.1.II A. Pruebas de adecuación muestral. B. Correlaciones anti-imagen sobre algunas variables: Todas las variables dieron un índice de adecuación superior a 0'5 excepto las recogidas en la tabla**

<b>A</b>				
Medida de adecuación de Kaiser-Meyer-Olkin.		0'548		
Prueba de esfericidad de Bartlett con todas las $\epsilon$	Chi-cuadrado aproximado	74575'450		
	gl	406		
	Sig.	0'000		
<b>B</b>				
$\epsilon$ 2	$\epsilon$ 3	$\epsilon$ 1-4	$\epsilon$ 1-11	$\epsilon$ 6-7
0'447	0'426	0'464	0'210	0'473



**Figura. 5.9.1.II. Dendrograma. Análisis Jerárquico de Cluster. a partir de la distancias euclídeas al cuadrado de los centroides de los factores particulares,  $\varepsilon$ , de forma. Entre grupos de puntos de muestreo. (Distancia reescalada)**



**Tabla 5.9.1.III. Matriz de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.**

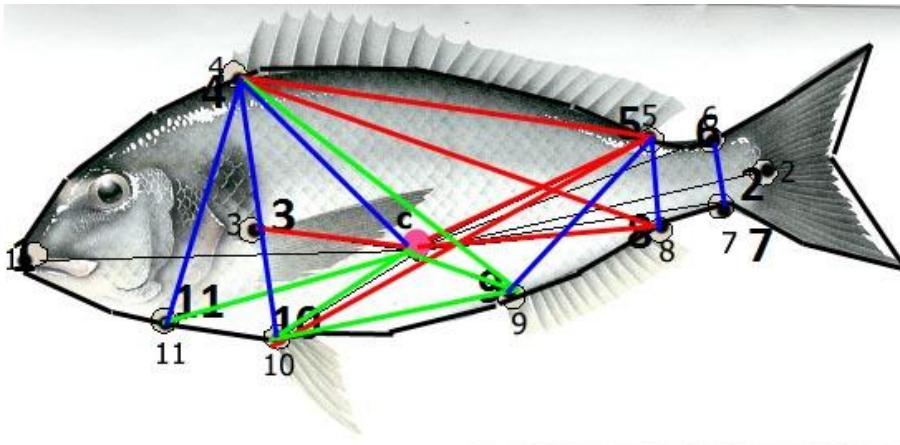
**La rotación ha convergido en 10 iteraciones**

	Componente				
	1	2	3	4	5
epsi5	0'857	0'031	0'285	-0'114	0'140
epsi4.5	0'813	0'179	0'110	-0'084	0'005
epsi5.10	0'763	0'358	0'230	0'123	-0'141
epsi4.8	0'520	0'437	0'417	0'129	0'053
epsi3	0'472	0'279	0'002	0'450	-0'288
epsi8	0'471	0'428	0'196	0'065	0'187
epsi10.9	0'218	0'855	-0'142	0'199	-0'050
epsi10	0'084	0'834	0'254	-0'095	0'139
epsi9	0'075	0'829	0'259	-0'090	0'128
epsi4.9	0'225	0'742	0'469	-0'001	0'173
epsi11	0'476	0'502	0'112	0'211	-0'256
epsi4.10	0'173	0'242	0'766	-0'067	0'298
epsi5.8	0'076	0'144	0'745	0'351	-0'058
epsi4.11	0'052	0'176	0'733	-0'033	0'470
epsi6.7	0'232	0'184	0'656	0'043	0'037
epsi5.9	0'533	-0'281	0'620	-0'040	-0'149
epsi4	0'347	0'305	0'530	0'081	0'046
epsi5.6	-0'409	0'123	0'072	0'799	-0'018
epsi6	0'324	0'177	0'128	0'790	0'101
epsi7	0'441	0'014	-0'029	0'737	-0'036
epsi5.7	-0'254	0'121	0'470	0'728	-0'061
epsi8.7	0'023	-0'299	-0'156	0'515	-0'203
epsi1.11	0'081	0'068	-0'039	-0'381	0'044
epsi1	0'058	0'169	0'014	-0'166	0'929
epsi2	-0'058	-0'192	-0'025	0'144	-0'859
epsi1.4	-0'209	-0'090	0'403	-0'161	0'682
epsi6.2	-0'280	-0'199	0'019	-0'564	-0'643
epsi7.2	-0'353	-0'113	0'084	-0'546	-0'639
epsi11.10	-0'242	-0'139	0'186	0'036	0'581

**Tabla 5.9.1.IV. Proporción de la varianza explicada por cada componente**

Componente	Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% varianza	% acumulado
1	4'379	15'099	15'099
2	4'145	14'292	29'391
3	3'992	13'765	43'157
4	3'939	13'584	56'740
5	3'917	13'506	70'246

Viendo el resultado del dendrograma, se intentó explicar mediante el análisis de componentes principales las correlaciones entre los coeficientes particulares de alometría que expliquen este modo de agrupación. En un primer análisis se utilizaron todos los coeficientes, tanto los de las distancias entre hitos como los de las distancias del centroide a cada hito; el resumen del análisis se resume en la tabla 5.9.1.III.



**Figura 5.9.1.III. Segmentos de las distancias que conforman las tres primeras componentes principales (cpI, cpII y cpIII)**

En la figura 5.9.1.III se muestran visualmente los elementos de las tres primeras componentes principales de los factores particulares de las distancias

normalizadas; se incluyen tanto las distancias entre hitos como las distancias entre cada hito y el centroide. La primera componente principal se refiere al tamaño del tronco, especialmente en la longitud, como muestra la dirección predominante de los segmentos implicados. La segunda componente principal mide las alturas, tanto en la cabeza como en la cola del animal. La tercera componente pone de manifiesto la distensión abdominal, que se puede ligar con el engorde.

**Tabla 5.9.1.VI. A. Pruebas de adecuación muestral. B. Comunalidades después de la extracción. Basadas en la matriz de correlaciones**

A					
Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin.		0'247			
Prueba de esfericidad de Bartlett con las $\epsilon$ del sistema de truss	Chi-cuadrado	20043'053			
	aproximado	153			
	gl	0'000			
		Sig.			
B					
	Comunalidades		Comunalidades		
	Inicial	Extracción	Inicial	Extracción	
epsi1.4	1'000	0'885	epsi5.10	1'000	0'737
epsi1.11	1'000	0'738	epsi5.9	1'000	0'876
epsi4.11	1'000	0'888	epsi5.8	1'000	0'830
eps11.10	1'000	0'904	epsi5.6	1'000	0'852
epsi4.10	1'000	0'789	epsi5.7	1'000	0'925
epsi4.5	1'000	0'880	epsi8.7	1'000	0'692
epsi4.9	1'000	0'822	epsi6.7	1'000	0'591
epsi4.8	1'000	0'825	epsi6.2	1'000	0'801
epsi10.9	1'000	0'716	epsi7.2	1'000	0'857

**Tabla 5.9.1.VII. Matriz de componentes. Correlaciones de cada variable con cada componentes. En negrita aparecen las correlaciones de aquellas variables que, por interpretación de los resultados, se han asignado a otra componente. En recuadrados las correlaciones de las variables que se han utilizado en la interpretación de cada componente. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. Convergencia en 11 iteraciones**

	C.P. 1	C.P.2	C.P.3	C.P.4	C.P.5	C.P.6
ε 4-8	0'873	0'099	0'109	0'160	0'061	-0'108
ε 4-9	0'810	0'370	0'145	-0'043	0'073	0'011
ε 4-5	0'792	-0'148	-0'363	0'265	0'153	-0'074
ε 5-10	0'637	0'006	-0'024	0'437	0'241	0'285
ε 10-9	0'632	-0'064	0'216	-0'328	0'238	0'319
ε 6-7	<b>0'419</b>	0'405	0'278	0'384	-0'162	0'028
ε 1-4	-0'251	0'885	-0'045	-0'030	0'187	-0'010
ε 4-11	0'223	0'875	0'107	0'261	0'133	-0'051
ε 4-10	0'417	0'720	0'073	0'289	-0'040	-0'073
ε 5-7	0'065	0'092	0'935	0'144	0'119	-0'059
ε 5-6	-0'053	-0'114	0'838	-0'250	0'232	-'131
ε 5-8	0'232	0'318	<b>0'619</b>	0'536	0'020	0'061
ε 5-9	0'140	-0'189	-0'051	0'902	-0'47	0'054
ε 7-2	-0'165	-0'149	-0'092	-0'024	-0'890	0'073
ε 6-2	-0'267	-0'249	-0'204	0'130	-0'785	0'083
ε 8-7	-0'368	-0'390	-0'162	0'386	0'479	0'015
ε 11-10	-'0109	0'408	-0'063	-0'125	0'118	-0'832
ε 1-11	-0'049	0'165	-0'182	-0'0007	-0'053	0'820

En la figura 5.9.1.IV se muestran visualmente los elementos de las tres primeras componentes principales de los factores particulares de las distancias normalizadas; se incluyen solamente las distancias entre hitos. Como en el caso anterior, la primera componente principal se refiere al tamaño del tronco, especialmente en la longitud, y también aquí se muestra la dirección predominante de los segmentos implicados. La segunda componente principal mide las alturas, tanto en la cabeza como en la cola del animal. La tercera componente pone de manifiesto el tamaño de la zona anterior del pedúnculo caudal. La distensión abdominal aparece, en este caso, incluida en la primera componente

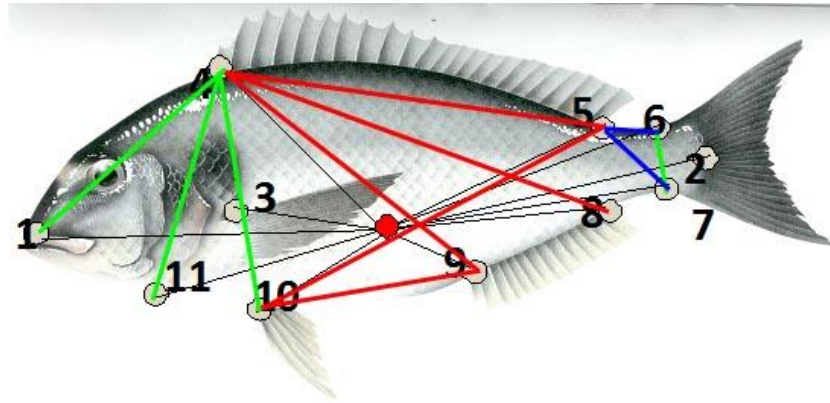


Figura 5.9.1.IV. Distancias entre hitos de las componentes principales (cpl, cpII y cpIII)

Tabla 5.9.1.VIII. Comparación de los dos métodos. Porcentajes de varianza explicada por cada Componente Principal o Deformación relativa (RW)

C.P o R.W.	Componentes Principales $\epsilon$			"Principal/Relative Warps"		
	Autovalor	% varianza individual	% total varianza	Autovalor	% varianza individual	% total varianza
1	5'13	28'50	28'50	102'07	22'33	22'33
2	2'66	14'77	43'27	64'23	14'65	36'98
3	2'33	12'97	56'24	27'22	12'63	49'61
4	1'81	10'08	66'32	23'35	10'62	60'23
5	1'36	7'56	73'88	17'90	6'75	66'90
6	1'31	7'26	81'14	8'76	5'49	72'47
7	0'97	5'41	86'55	5'39	5'16	77'63
8	0'68	3'79	90'34	2'22	4'15	81'78
9	0'52	2'91	93'250		3'72	84'85
10	0'34	1'86	95'116		3'32	88'82
11	0'28	1'58	96'695		2'57	91'39
12	0'23	1'29	97'98		2'04	93'43
13	0'12	0'69	98'68		1'64	95'07
14	0'09	0'55	99'23		1'41	96'48
15	0'08	0'43	99'66		1'11	97'59
16	0'05	0'30	99'97		1'01	98'60
17	0'04	0'02	99'99		0'82	99'42
18	0'01	0'01	100'00		0'57	100'00

**Tabla 5.9.1.IX. Coeficientes para el cálculo de las puntuaciones de clasificación sobre cada eje. Previamente es necesaria la normalización de las  $\varepsilon_i$  calculadas en cada individuo.**

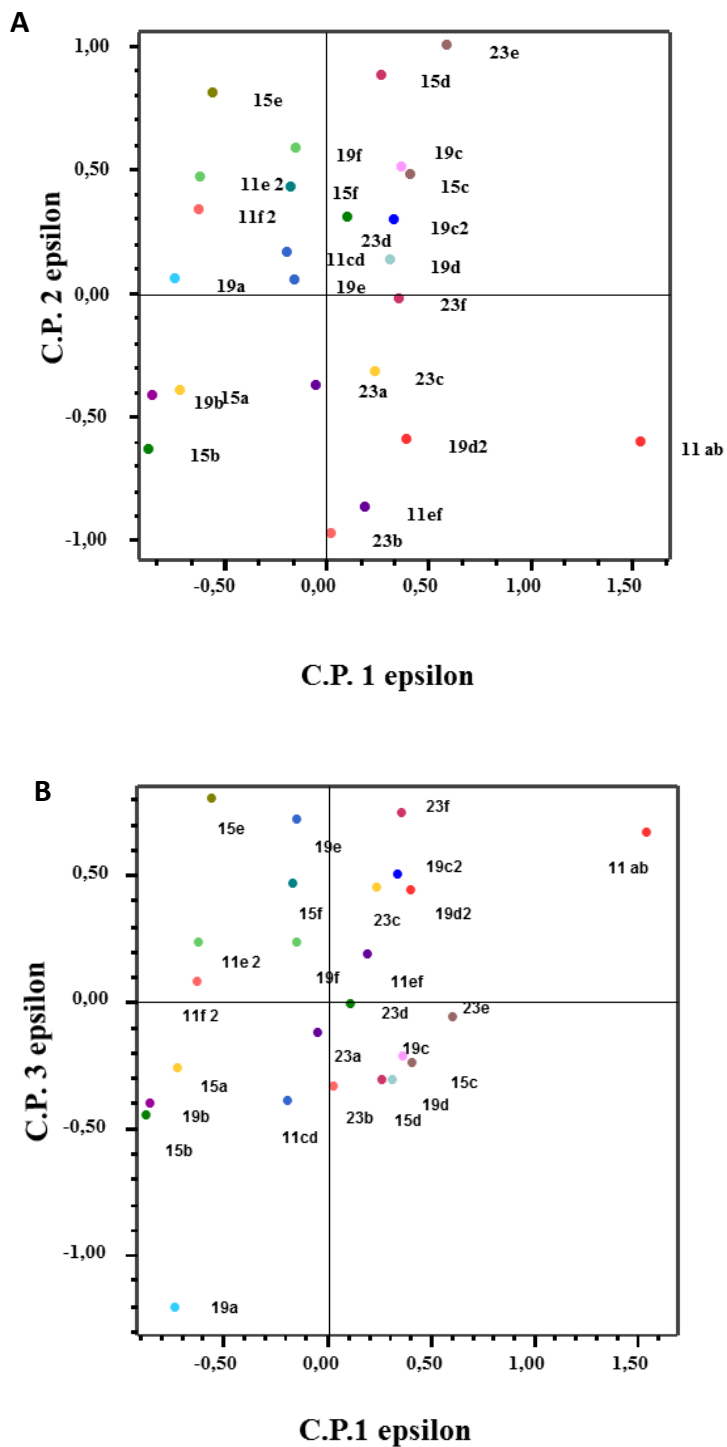
	Parámetros del modelo de regresión sobre medidas absolutas.		Parámetros descriptivos de cada $\varepsilon$ en el modelo		Coeficientes para el cálculo de las puntuaciones		
	b	a	Media de $\varepsilon$	Desv. St. $\varepsilon$	Eje 1	Eje 2	Eje 3
$\varepsilon_i$ 1.4	0'96815478	0'41130028	-1'9098E-09	0'02779900	-0'171	0'375	-0'074
$\varepsilon_i$ 1.11	0'96217134	0'21112589	9'3139E-05	0'05487585	-0'079	0'155	-0'056
$\varepsilon_i$ 4.11	1'06987801	0'30021105	-0'00016712	0'02875295	-0'026	0'302	-0'011
$\varepsilon_i$ 11.10	0'98894929	0'18299364	2'3115E-05	0'08027571	-0'010	0'106	-0'082
$\varepsilon_i$ 4.10	1'09605464	0'29328380	-0'00022913	0'03322312	0'055	0'217	-0'016
$\varepsilon_i$ 4.5	1'06864176	0'42490788	-0'00016208	0'02263123	0'251	-0'148	-0'208
$\varepsilon_i$ 4.9	1'09308787	0'36978701	-0'00022043	0'02827718	0'242	0'081	0'036
$\varepsilon_i$ 4.8	1'07495157	0'46159107	-0'00017812	0'02030664	0'274	-0'062	0'018
$\varepsilon_i$ 10.9	1'04994990	0'25946133	-0'00011526	0'04833611	0'208	-0'029	0'087
$\varepsilon_i$ 5.10	1'06113108	0'45588298	-0'00014384	0'02430714	0'130	-0'072	-0'059
$\varepsilon_i$ 5.9	1'09397891	0'22431487	-0'00022339	0'03740899	-0'059	-0'017	-0'058
$\varepsilon_i$ 5.8	1'08323428	0'11151212	-0'00019658	0'05289254	-0'016	0'039	0'255
$\varepsilon_i$ 5.6	0'95208885	0'10576567	0'00010534	0'11379609	-0'007	-0'066	0'372
$\varepsilon_i$ 5.7	1'00464600	0'14442116	-1'0497E-05	0'05845042	-0'020	-0'025	0'411
$\varepsilon_i$ 8.7	0'93546355	0'11385262	-0'01931596	0'09031556	-0'183	-0'184	0'018
$\varepsilon_i$ 6.7	1'00429266	0'09138167	-3'3222E-06	0'05232981	0'080	0'088	0'118
$\varepsilon_i$ 6.2	1'02565052	0'10696200	-6'0398E-05	0'07006724	-0'016	-0'042	0'017
$\varepsilon_i$ 7.2	1'01659820	0'10935879	-4'0206E-05	0'06350263	0'038	-0'008	0'085

Se puede aceptar como modelo para describir el proceso de cambios de forma en el crecimiento, el conjunto de las combinaciones lineales derivadas del análisis de componentes principales de los coeficientes particulares. El análisis de componentes principales ofrece también ecuaciones que asignan a cada individuo una puntuación, que se puede interpretar como el grado de crecimiento en cada parte del cuerpo descrito por cada componente. Los coeficientes de esta ecuaciones de puntuación se recogen en la tabla 5.9.1.IX; en esta misma tabla también se recogen los parámetros de las ecuaciones de alometría que se habían calculado anteriormente (que en conjunto conforman el modelo alométrico de

crecimiento), y que tal como se describió en el capítulo de Material y Métodos, son necesarias para los cálculos de los coeficientes particulares de alometría de cada nuevo individuo que se pueda analizar.

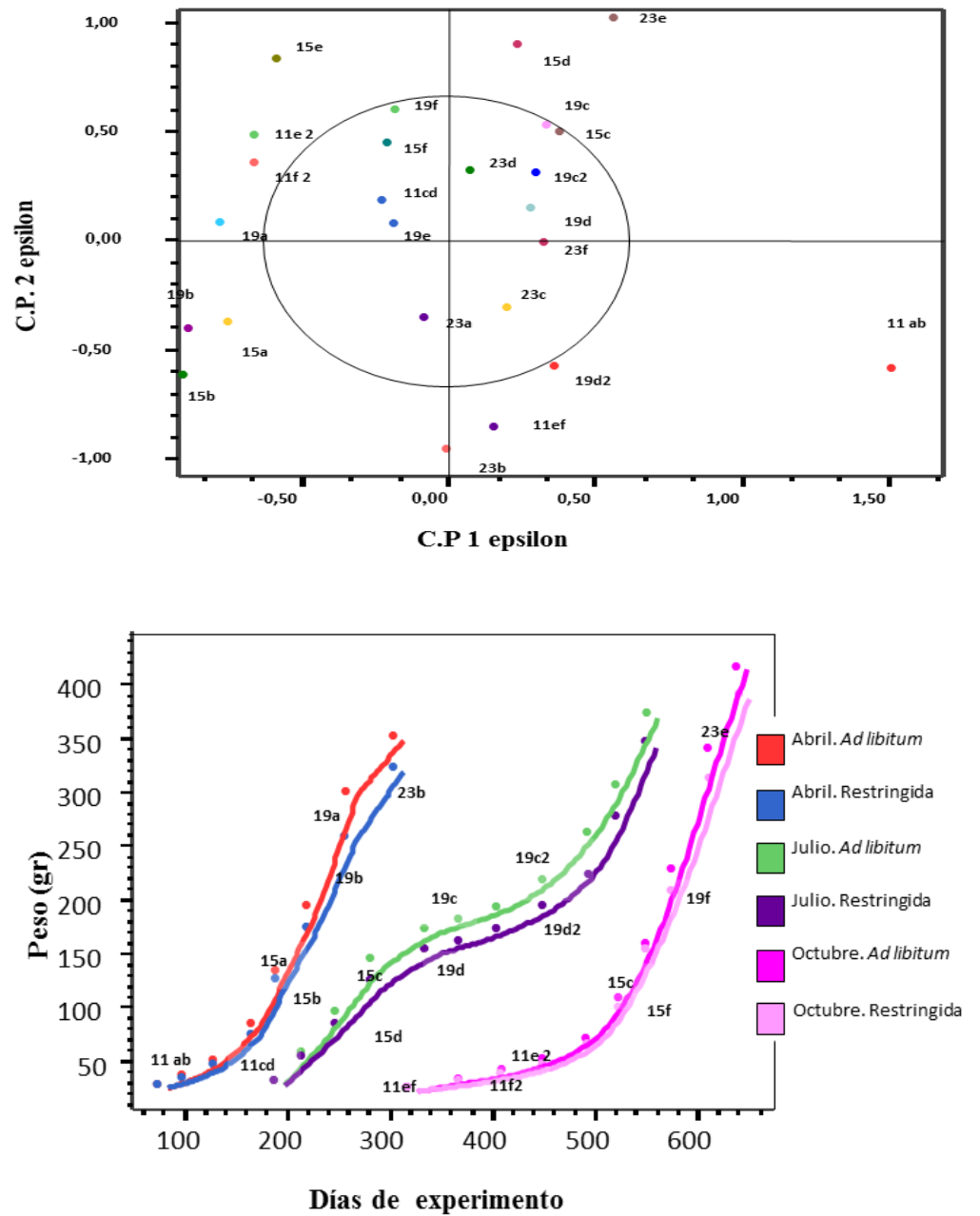
Las puntuaciones de cada individuo se pueden recoger en un gráfico de dispersión cuyos ejes de coordenadas serían las componentes principales; así obtenemos una imagen de la proximidad de la forma de los individuos similar complementaria a la obtenida en el dendrograma, pero una vez conocidos los factores (partes del cuerpo) que los asemejan o los diferencian. Se puede observar que los individuos situados en el primer cuadrante tienen altas puntuaciones sobre las dos primeras componentes, lo que significa mayor tamaño del tronco (cp1) a la vez que mayor altura en las zonas cefálica y caudal (cp2).

En el gráfico 5.9.1.VI-A se muestra el mismo resultado que en la figura anterior, pero ligeramente deformado para poner de manifiesto la relación de la posición de cada punto respecto a la posición temporal que ese grupo ocupa en las gráficas de crecimiento (Figura 5.9.1.VI-B).



**Figura. 5.9.1.V.** Gráficos de dispersión de los centroides de las puntuaciones de cada grupo de muestreo sobre las componentes principales. A: CP1 y CP 2; B: CP 1 y CP3.





**Figura. 5.9.1.VI. A. Gráficos de dispersión de los centroides de las puntuaciones de cada grupo de muestreo sobre las CP1 y CP 2. B. Curvas de crecimiento con la posición de los puntos de muestreo.**

El resultado de las correlaciones controlando para la talla de las puntuaciones de las componentes principales y de las puntuaciones de las deformaciones relativas nos dará una visión de la información que aportan dichas puntuaciones.

**Tabla 5.9.1.X. Correlaciones parciales entre distintas variables controlando para la talla**

	Peso	K	Relw scor 1	Relw scor 2	Relw scor 3	C.P.1	C.P.2	C.P.3
Peso	1'000	0'340	-0'295	0'050	-0'148	0'284	0'124	0'208
Sig	.	0'000	0'000	0'135	0'000	0'000	0'000	0'000
K	0'340	1'000	-0'341	0'413	0'175	0'315	0'462	0'351
Sig	0'000	.	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000
Relw scor 1	-0'295	-0'341	1'000	0'257	0'047	-0'624	0'168	-0'452
Sig	0'000	0'000	.	0'000	0'157	0'000	0'000	0'000
Relw scor 2	0'050	0'413	0'257	1'000	-0'009	0'263	0'807	-0'232
Sig	0'135	0'000	0'000	.	0'795	0'000	0'000	0'000
Relw scor 3	-0'148	0'175	0'047	-0'009	1'000	-0'389	0'160	0'509
Sig	0'000	0'000	0'157	0'795	.	0'000	0'000	0'000
C.P. 1	0'284	0'315	-0'624	0'263	-0'389	1'000	0'000	-0'007
Sig	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	.	0'999	0'824
C.P. 2	0'124	0'462	0'168	0'807	0'160	0'000	1'000	0'000
Sig	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'999	.	1'000
C.P. 3	0'208	0'351	-0'452	-0'232	0'509	-0'007	0'000	1'000
Sig	0'000	0'000	0'000	0'000	0'000	0'824	1'000	.

Como los resultados del análisis de componentes principales nos permiten deducir, el significado de cada componente y las correlaciones con otros parámetros que se utilizan tradicionalmente en acuicultura son congruentes (tabla 5.9.1.X).

Tanto las puntuaciones de las deformaciones relativas como la de las componentes principales de los factores particulares están más correlacionadas con el factor K que el propio peso, lo cual nos acerca a la idea de que la forma en este estado del desarrollo está condicionada más por la condición de los

individuos que por su tamaño. Recordemos que, precisamente K, es el factor de condición. También se observa que tanto la deformación relativa 2 como la componente principal 2 son las más relacionadas con el factor K, y que la interpretación del significado de la componente principal 2 estaba relacionada principalmente con la altura del perfil de los animales en su vista lateral izquierda. Estas correlaciones se recogen en la tabla 5.9.1.X.

Para la seguridad del modelo del estado de nutrición ante la posibilidad de la pérdida de información, había que probar la capacidad de discriminar animales sometidos a los distintos regímenes alimenticios o estados de crecimiento, por eso se realizaron algunos MANOVAs de las puntuaciones derivadas de las componentes principales de los coeficientes propios de alometría. En previsión de una posible deriva de alguno de los supuestos de normalidad los MANOVAs también se valoraron con la Raíz mayor de Roy, pero como el resultado fue congruente con la Lambda de Wilks, no se recogen en las tablas.

Así, el primer MANOVA se realizó sobre las puntuaciones de las CP de los individuos al inicio del experimento para ver si se podía discriminar entre las Entradas 1, 2 y 3, de abril, julio y octubre respectivamente.

Del mismo modo que anteriormente con los valores directos de las medidas absolutas o de los coeficientes propios, se comprobó que la diferencia de forma depende básicamente del factor entrada, no encontrándose interacción ni efectos significativos del tamaño como co-variable. Este análisis se recoge en la tabla 5.9.1.XI.

Después se realizó el estudio de los efectos inter-sujetos para diferenciar cuales son las variables que contribuyen a la significación de las diferencias, si existen, entre las formas de los individuos de las diferentes entradas.

Comprobamos en este caso que se mantiene la capacidad de discriminación y que la diferencia, al principio de experimento, se hace patente en cualquiera de las cinco primeras componentes principales (tabla 5.9.1.XII).

**Tabla 5.9.1.XI. Resultados de la prueba Lambda de Wilks, en los MANOVAs realizados para determinar el efecto del factor entrada y la covariable tamaño en las puntuaciones de las C.P. obtenidas a partir de los factores particulares de alometría. A: Efecto de la Interacción. B: MANCOVA. C: MANOVA sobre el efecto de la Entrada**

**A.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'931	1'332(a)	5'000	90'000	0'258
Entrada	0'818	1'899(a)	10'000	180'000	0'048
Tamaño	0'920	1'564(a)	5'000	90'000	0'178
Entrada* Tamaño	0'827	1'792(a)	10'000	180'000	0'065

**B.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'929	1'406(a)	5'000	92'000	0'229
Entrada	0'121	34'465(a)	10'000	184'000	0'000
Tamaño	0'915	1'703(a)	5'000	92'000	0'142

**C.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'524	16'871(a)	5'000	93'000	0'000
Entrada	0'110	37'478(a)	10'000	186'000	0'000

Diseño: (A) Intersección+Entrada+Tamaño+Entrada \* Tamaño.

(B) Intersección+Entrada+Tamaño

(C) Intersección+entrada

**Tabla 5.91.XII. Resultados de las pruebas inter-sujetos para el factor Entrada. Se han utilizado las puntuaciones de las componentes principales de los  $\epsilon_i$**

Fuente	Variable dependiente: Puntuaciones	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entrada	C.P. 1	49'554	2	24'777	35'337	<b>0'000</b>
	C.P. 2	19'888	2	9'944	15'104	<b>0'000</b>
	C.P. 3	17'052	2	8'526	13'471	<b>0'000</b>
	C.P. 4	244'128	2	122'064	172'894	<b>0'000</b>
	C.P. 5	35'311	2	17'656	21'074	<b>0'000</b>

Los test de Bonferroni y, por seguridad, el de Tamhane, nos ofrecen las diferencias entre las entradas para cada una de las variables, que son, en este caso, las puntuaciones de las componentes principales.

**Tabla 5.9.1 XIII Resultados de las comparaciones múltiples según los test de Bonferroni y Tamhane basados en la diferencia de medias observadas.**

Variable	Entrada (I)	Entrada (J)	Diferencia (I-J)	Error típ.	Sig. Bonferroni	Sig. Tamhane
C.P. 1	1	2	1'7395253	0'21668746	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		3	1'3543121	0'20632773	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	2	3	-0'3852132	0'19859734	0'166	0'123
C.P. 2	1	2	-0'7705805	0'20997110	<b>0'001</b>	<b>0'003</b>
		3	0'2666757	0'19993248	0'556	0'522
	2	3	1'0372562	0'19244170	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
C.P. 3	1	2	1'0637983	0'20586925	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		3	0'4876047	0'19602674	<b>0'044</b>	<b>0'046</b>
	2	3	-0'5761935	0'18868228	<b>0'009</b>	<b>0'010</b>
C.P. 4	1	2	-2'6986926	0'21743320	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		3	-3'8142563	0'20703782	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	2	3	-1'1155636	0'19928082	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
C.P.5	1	2	1'4870220	0'23685897	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
		3	1'1019742	0'22553485	<b>0'000</b>	<b>0'000</b>
	2	3	-0'3850478	0'21708483	0'238	0'253

De modo semejante, para los individuos de la primera entrada se realizó MANOVA para verificar la capacidad de discriminar entre regímenes de alimentación después del primer período de tratamiento, cuando los individuos tienen aproximadamente 15 cm de longitud.

Comprobado que las puntuaciones también nos permiten discriminar entre regímenes de alimentación, se realizaron las pruebas de los efectos inter-sujetos, para ver que componentes permiten dicha discriminación.

**Tabla 5.9.1.XIV. Resultados de la prueba Lambda de Wilks, en los MANOVAs realizados para determinar el efecto del factor entrada y la covariable tamaño en las puntuaciones de las C.P. obtenidas a partir de los factores particulares de alometría. A: Efecto de la Interacción. B: MANCOVA. C: MANOVA sobre el efecto de la Entrada.**

**A.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'947	1'030	5'000	92'000	0'405
Régimen	0'990	0'180	5'000	92'000	0'969
Tamaño	0'957	0'829	5'000	92'000	0'532
Régimen *Tamaño	0'983	0'326	5'000	92'000	0'896

**B.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'945	1'082	5'000	93'000	0'375
Régimen	0'591	12'889	5'000	93'000	0'000
Tamaño	0'954	0'894	5'000	93'000	0'489

**C.**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'281	48'046	5'000	94'000	0'000
Régimen	0'569	14'231	5'000	94'000	0'000

Diseño: (A) Intersección+Entrada+Tamaño+Entrada \* Tamaño.

(B) Intersección+Entrada+Tamaño

(C) Intersección+entrada

Observamos que solamente la cp4 nos permite la diferenciación, lo que parecer estar indicando que las diferencias de formas entre esos grupos es muy sutil, porque esta componente explicaba un porcentaje muy bajo de la variación (10%).

**Tabla 5.9.1.XV. Pruebas de los efectos intersujetos. La única variable que se muestra sensible al efecto del régimen de alimentación es la CP4**

Fuente	Variable	S. C.	gl	Media cuadrática	F	Sig.
régimen	C.P. 1	0'570	1	0'570	0'654	0'421
	C.P. 2	1'464	1	1'464	1'754	0'188
	C.P. 3	0'855	1	0'855	0'994	0'321
	C.P. 4	37'611	1	37'611	52'732	0'000
	C.P. 5	2'509	1	2'509	2'318	0'131

Con algunos animales de la segunda entrada de la zona media de la curva de crecimiento, 19 cm, se comprobó las posibles diferencias de formas entre los dos regímenes de alimentación, resultando el factor régimen alimenticio tenía efectos significativos. Una vez realizadas las pruebas inter-sujetos afectaban sólo a la cp5. Las tablas siguientes resumen en resultados de los contrastes multivariados y las pruebas intersujetos.

**Tabla 5.9.1.XVI. Entrada segunda. Muestreo segundo (Talla 19 cm) Resultados de los Contrastes multivariados con la prueba Lambda de Wilks' en los MANOVAs realizados para determinar el efecto del factor entrada y la covariable tamaño en las puntuaciones de las C.P. obtenidas a partir de los factores particulares de alometría. A: Efecto de la Intereacción. B: MANCOVA. C: MANOVA sobre el efecto de la Entrada.**

<b>A</b>					
Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'965	0'475	5'000	66'000	0'794
Régimen	0'965	0'483	5'000	66'000	0'788
Tamaño	0'969	0'419	5'000	66'000	0'834
Régimen * Tamaño	0'965	0'480	5'000	66'000	0'790
<b>B</b>					
Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'966	0'475	5'000	67'000	0'793
Régimen	0'816	3'028	5'000	67'000	0'016
Tamaño	0'970	0'421	5'000	67'000	0'832

**C**

Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Sig.
Intersección	0'441	17'254	5'000	68'000	0'000
Régimen	0'811	3'162	5'000	68'000	0'013

Diseño: (A) Intersección+Entrada+Tamaño+Entrada \* Tamaño.

(B) Intersección+Entrada+Tamaño

(C) Intersección+entrada

**Tabla 5.9.1.XVII. Pruebas de los efectos intersujetos. La única variable que se muestra sensible al efecto del régimen de alimentación es la CP5**

Fuente	Variable	S. C.	gl	M. C.	F	Sig.
régimen	C.P. 1	0'062	1	0'062	0'091	0'764
	C.P. 2	2'680	1	2'680	3'311	0'073
	C.P. 3	0'176	1	0'176	0'207	0'650
	C.P. 4	1'712	1	1'712	3'384	0'070
	C.P. 5	4'998	1	4'998	6'562	0'013

En este mismo sentido, se analizó la posible diferencia entre las formas de los individuos de la última entrada en el último muestreo, al final del experimento (grupos e23 y f23). Los resultados fueron similares a los anteriores, sin interacción entre el tamaño y el régimen alimenticio, y sin efecto significativo del tamaño. No obstante, como la significación del efecto del tamaño estaba en el límite (0'056), se consideró descriptivo valorar, en este caso, el efecto de esta covariable. El resultado de la prueba inter-sujetos indica que las puntuaciones de las cp2 y cp3 permiten discriminar los dos regímenes alimenticios y que el tamaño podría tener efecto sobre las puntuaciones de las cp2 y cp5.



**Tabla 5.9.1.XVIII. Entrada de octubre. Último muestreo. Resultados de la prueba Lambda de Wilks' en los MANOVAs realizados para determinar el efecto del factor entrada y la covariable tamaño en las puntuaciones de las C.P. obtenidas a partir de los factores particulares de alometría. A: Efecto de la Intereacción. B: MANCOVA. C: MANOVA sobre el efecto de la Entrada**

<b>A</b>					
Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Significaci <sup>o</sup> n
Intersección	0'142	2'426	5'000	73'000	0'043
régimen	0'949	0'789	5'000	73'000	0'561
talla	0'867	2'234	5'000	73'000	0'060
Régimen* Tamaño	0'950	0'770	5'000	73'000	0'575

<b>B</b>					
Efecto	Valor	F	Gl de la hipótesis	Gl del error	Significaci <sup>o</sup> n
Intersección	0'858	2'456	5'000	74'000	0'041
Régimen	0'670	7'289	5'000	74'000	0'000
Tamaño	0'867	2'266	5'000	74'000	0'056

Diseño: (A) Intersección+Entrada+Tamaño+Entrada \* Tamaño.  
(B) Intersección+Entrada+Tamaño

**Tabla 5.9.1.XIX. Pruebas de los efectos intersujetos. La única variable que se muestra sensible al efecto del tamaño es la CP5**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Régimen	C.P. 1	1'671	1	1'671	2'938	0'090
	C.P. 2	25'699	1	25'699	26'998	0'000
	C.P. 3	12'353	1	12'353	17'653	0'000
	C.P. 4	1'333	1	1'333	2'799	0'098
	C.P. 5	0'094	1	0'094	0'165	0'685
Tamaño	C.P. 1	0'193	1	0'193	0'339	0'562
	C.P. 2	6'191	1	6'191	6'504	0'013
	C.P. 3	0'015	1	0'015	0'022	0'882
	C.P. 4	0'458	1	0'458	0'961	0'330
	C.P. 5	2'559	1	2'559	4'513	0'037

## 5.10.- MODELO DE PREDICCIÓN DEL PESO Y DE LA TALLA EN FUNCIÓN DE LA MORFOMETRÍA

### 5.10.1. RESULTADOS

Los resultados de las distintas regresiones para la predicción del peso se recogen en las tablas siguientes.

En la tabla 8.1 A el error típico de la estima, utilizando el logaritmo natural de la longitud como variable independiente tiene un valor de 0'09837

**Tabla 5.10.1.I. Resumen de la regresión del Ln(Peso) frente al Ln(Longitud)**

<b>A. Resumen del modelo</b>					
R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corr.	Error típ. de la estimación		
0'994	0'989	0'989	0'09837		
<b>B. ANOVA</b>					
	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	762'910	1	762'910	78842'121	0'000
Residual	8'660	895	0'009676		
Total	771'571	896			
<b>C. Coeficientes</b>					
	B	Error típ.	Beta	t	Sig.
(Constante)	-4'086	0'032		-127'765	0'000
Ln Longitud	3'127	0'011	0'994	280'788	0'000

La correlación es muy buena, con un R<sup>2</sup> de 0'989. El ajuste para los coeficientes también es muy bueno con errores típicos pequeños, como se observa en la tabla 5.10.1.I.

Cuando se utilizaron todas las distancias entre hitos o entre hitos y el centroide como variables para el cálculo estimado del peso se obtuvo el modelo

que se recoge en las siguientes tablas, aunque había algunas variables que no ajustaban demasiado bien en el modelo y no parecía lógico que algunas medidas tuviesen coeficientes negativos, lo que indicaría que cuanto mayor fuesen menor sería el peso (Tabla 5.10.1.II).

**Tabla 5.10.1.II. Resumen del modelo de regresión multivariante del ln(peso) introduciendo todas las variables a la vez**

**A. Resumen del Modelo. Regresión Múltiple del Peso.**

R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corr.	Err. Tp. estima	Sig
0'997	0'994	0'994	0'07227	0'000

**B. ANOVA**

	Suma de Cuadrados	g.l.	Media Cuadrática	F	Sig.
Regresión	766'98	1	40'36	7727'90	0'000
Residual	4'58	895	0'005224		
Total	771'57	896			

**C. Coeficientes**

Variable	B	Err. tip.	Beta	t	Sig
Constante	-0'781	0'351		-2'225	0'026
ln Long 3	0'414	0'164	0'142	-2'529	0'012
ln Long 4	0'896	0'344	0'312	-2'604	0'009
ln Long 5	-2'001	0'759	-0'675	-2'638	0'008
ln Long 8	-0'383	0'284	-0'129	-1'349	0'178
ln Long 9	-0'686	0'220	-0'244	-3'124	0'002
ln Long 1.4	0'0539	0'176	0'017	0'306	0'759
ln Long 1.11	0'233	0'090	0'073	2'585	0'10
ln Long 4.11	0'588	0'221	0'201	2'657	0'008
ln Long 11.10	0'461	0'164	0'150	2'813	0'005
ln Long 4.10	0'083	0'266	0'029	0'312	0'755
ln Long 10.9	1'467	0'395	0'496	3'713	0'000
ln Long 5.9	1'999	0'499	0'700	4'003	0'000
ln Long 5.8	0'358	0'093	0'125	3'852	0'000
ln Long 5.6	-0'154	0'093	-0'050	-1'661	0'097
ln Long 5.7	-0'272	0'125	-0'088	-2'170	0'030
ln Long 8.7	-0'121	0'056	-0'018	-2'163	0'031
ln Long 6.7	0'092	0'068	0'030	-1'357	0'175
ln Long 6.2	-0'028	0'081	0'010	0'350	0'726
ln Long 7.2	-0'112	0'071	-0'037	-1'588	0'113

El ajuste multivariante para la regresión del peso es todavía mayor con  $R^2=0'99$  pero sobre todo en la estima se reduce el error típico a  $0'072$ .

Se consideró esto como un artefacto para forzar el ajuste con todas las variables por eso se optó por realizar una serie de regresiones ajustada por pasos para conseguir una regresión lógica con coeficientes positivos para las variables introducidas pero incluyendo también como variable el logaritmo natural del tamaño del centroide. El programa ajustó 10 ecuaciones se recogen en las siguientes tablas.

**Tabla 5.10.1.III. Resumen de los modelos de regresión multivariante del peso por el método de introducción sucesiva de variables**

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corregida	Error típ. de la estimación
1	0'995	0'991	0'991	0'088180035
2	0'996	0'993	0'993	0'078037111
3	0'997	0'993	0'993	0'075177754
4	0'997	0'994	0'994	0'073780091
5	0'997	0'994	0'994	0'073252948
6	0'997	0'994	0'994	0'072804808
7	0'997	0'994	0'994	0'072569023
8	0'997	0'994	0'994	0'072532317
9	0'997	0'994	0'994	0'072401343
10	0'997	0'994	0'994	0'072373135

En la tabla aparecen ordenadas por orden decreciente de eficacia de estima de la variable dependiente: el logaritmo natural del peso. El coeficiente de correlación es prácticamente idéntico en todos los ajustes, pero las mayores diferencias se encuentran en el error de la estima. Las variables introducidas en cada modelo aparecen en las tablas de coeficientes I y II.

Observando las tablas encontramos que los mejores ajustes para todas las variables introducidas corresponden a los modelos 10, 8 y 6.

**Tabla 5.10.1.V. Variables introducidas en cada modelo (modelos del 1 al 6) y coeficientes de cada variable**

Modelo		B	E. tip.	Beta	t	Sig
1	(Constante)	-4'281	0'029		-146'332	0'000
	lncentro	3'041	0'010	0'995	313'581	0'000
2	(Constante)	-2'499	0'116		-21'553	0'000
	lncentro	1'574	0'093	0'515	16'846	0'000
	ln4.10	1'377	0'087	0'482	15'773	0'000
3	(Constante)	-1'806	0'139		-13'000	0'000
	lncentro	1'375	0'093	0'450	14'770	0'000
	ln4.10	1'110	0'090	0'389	12'342	0'000
	ln5.8	0'459	0'055	0'160	8'384	0'000
4	(Constante)	-1'255	0'165		-7'609	0'000
	lncentro	0'604	0'159	0'198	3'802	0'000
	ln4.10	1'078	0'088	0'378	12'194	0'000
	ln5.8	0'407	0'054	0'142	7'472	0'000
	ln5.10	0'833	0'140	0'282	5'929	0'000
5	(Constante)	-0'998	0'178		-5'615	0'000
	lncentro	0'324	0'175	0'106	1'856	0'064
	ln4.10	0'711	0'132	0'249	5'391	0'000
	ln5.8	0'369	0'055	0'129	6'711	0'000
	ln5.10	0'954	0'143	0'323	6'660	0'000
	ln4.11	0'563	0'151	0'192	3'726	0'000
6	(Constante)	-0'937	0'178		-5'280	0'000
	lncentro	0'351	0'174	0'115	2'019	0'044
	ln4.10	0'671	0'132	0'235	5'102	0'000
	ln5.8	0'304	0'058	0'106	5'278	0'000
	ln5.10	0'759	0'153	0'257	4'961	0'000
	ln4.11	0'540	0'150	0'184	3'589	0'000
	ln5.9	0'290	0'084	0'102	3'464	0'001

Aunque la estima del peso es muy parecida en todos los modelos, nosotros proponemos el modelo 10, que es el que tienen menor error de estima y porque la única variable que no muestra un ajuste significativo es la constante. Hubiese sido igualmente válido elegir la regresión de los modelos 6 u 8, o incluso considerar la media de las tres estimas.

**Tabla 5.10.1.VI. Variables introducidas en cada modelo (modelos del 7 al 10) y coeficientes de cada variable**

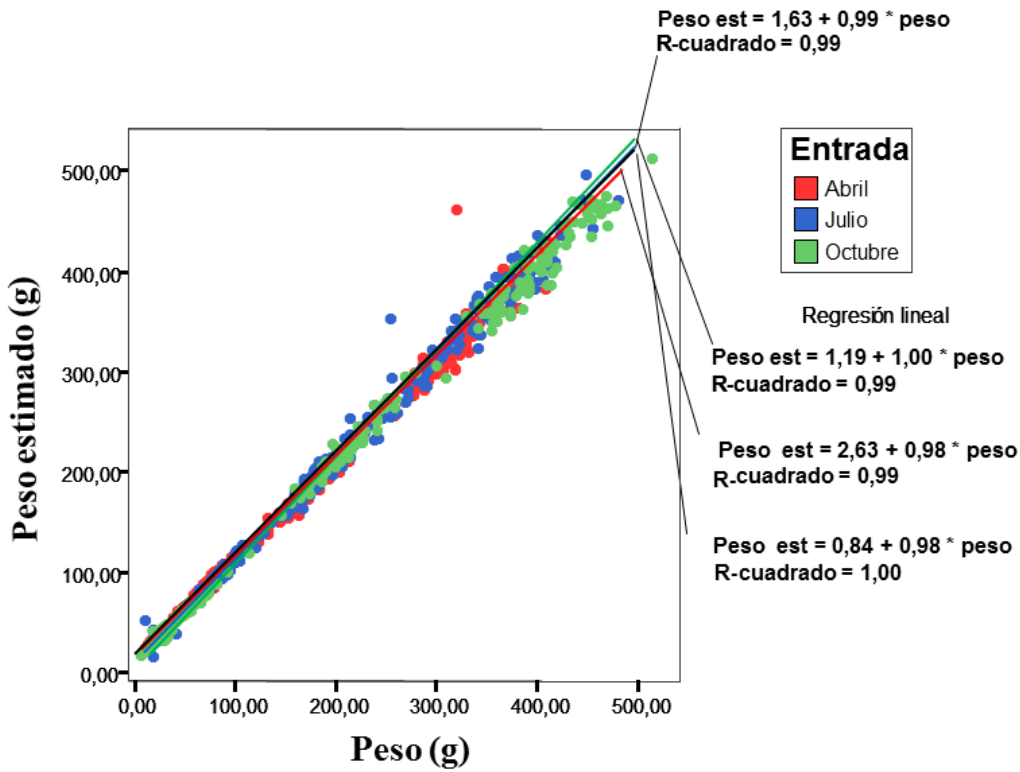
Modelo		B	E. tip.	Beta	t	Sig
7	(Constante)	-0'455	0'256		-1'776	0'076
	lncentro	0'065	0'205	0'021	'316	0'752
	ln4.10	0'671	0'131	0'235	5'116	0'000
	ln5.8	0'305	0'058	0'106	5'303	0'000
	ln5.10	0'712	0'154	0'241	4'634	0'000
	ln4.11	0'533	0'150	0'182	3'555	0'000
	ln5.9	0'292	0'084	0'102	3'500	0'000
	lnlong8	0'330	0'127	0'111	2'606	0'009
8	(Constante)	-0'381	0'103		-3'690	0'000
	ln4.10	0'669	0'131	0'234	5'108	0'000
	ln5.8	0'304	0'057	0'106	5'297	0'000
	ln5.10	0'740	0'124	0'250	5'956	0'000
	ln4.11	0'550	0'140	0'188	3'924	0'000
	ln5.9	0'292	0'083	0'102	3'494	0'000
	lnlong8	0'352	0'107	0'119	3'288	0'001
9	(Constante)	-0'079	0'179		-'444	0'657
	ln4.10	0'712	0'132	0'249	5'379	0'000
	ln5.8	0'236	0'066	0'083	3'573	0'000
	ln5.10	0'169	0'304	0'057	'554	0'580
	ln4.11	0'512	0'141	0'175	3'628	0'000
	ln5.9	0'644	0'191	0'225	3'378	0'001
	lnlong8	0'323	0'108	0'109	3'003	0'003
	ln10.9	0'303	0'147	0'102	2'055	0'040
10	(Constante)	0'014	0'060		'231	0'818
	ln4.10	0'727	0'129	0'255	5'619	0'000
	ln5.8	0'220	0'059	0'077	3'713	0'000
	ln4.11	0'502	0'140	0'171	3'588	0'000
	ln5.9	0'739	0'084	0'259	8'798	0'000
	lnlong8	0'332	0'107	0'112	3'110	0'002
	ln10.9	0'377	0'060	0'127	6'288	0'000

La significación de los ajustes se recoge en la tabla de los ANOVA

**Tabla 5.10.1.VII. Resumen del ANOVA de cada modelo de regresión multivariable correspondiente a las tablas 5.10.1.V y VI**

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	764'611	1	764'611	98333'206	0'000
	Residual	6'959	895	0'008		
	Total	771'571	896			
2	Regresión	766'126	2	383'063	62902'519	0'000
	Residual	5'444	894	0'006		
	Total	771'571	896			
3	Regresión	766'524	3	255'508	45209'073	0'000
	Residual	5'047	893	0'006		
	Total	771'571	896			
4	Regresión	766'715	4	191'679	35212'398	0'000
	Residual	4'856	892	0'005		
	Total	771'571	896			
5	Regresión	766'790	5	153'358	28579'587	0'000
	Residual	4'781	891	0'005		
	Total	771'571	896			
6	Regresión	766'853	6	127'809	24112'422	0'000
	Residual	4'717	890	0'005		
	Total	771'571	896			
7	Regresión	766'889	7	109'556	20803'282	0'000
	Residual	4'682	889	0'005		
	Total	771'571	896			
8	Regresión	766'888	6	127'815	24295'050	0'000
	Residual	4'682	890	0'005		
	Total	771'571	896			
9	Regresión	766'911	7	109'559	20900'343	0'000
	Residual	4'660	889	0'005		
	Total	771'571	896			
10	Regresión	766'909	6	127'818	24402'693	0'000
	Residual	4'662	890	0'005		
	Total	771'571	896			

En la figura 5.10.1.I puede observarse el ajuste entre los pesos reales y los pesos estimados mediante la regresión multivariante 10. Algunas de las medidas utilizadas entre los puntos de marca no se han utilizado en el modelo por ser redundantes.



**Figura. 5.10.1.I** Gráfico de dispersión de los valores de peso previsto frente al peso real. Se muestran los valores de la regresión para cada entrada en cultivo y la regresión global.

La estima del peso en función de las distintas medidas no sirve como predicción del crecimiento, que realmente debe medirse en función de la talla. Por este motivo se establece una predicción derivada de la talla y de una variable resultante del producto de la temperatura media diaria y de las horas de luz expresadas en valor decimal, que podemos denominar *fototemperatura*. A partir de esta nueva variable podemos establecer con más precisión la talla que pueden alcanzar los peces de ésta especie si no existen limitaciones por causa del alimento, como es en los casos de estos experimentos donde la ración se ha



limitado para provocar cambios de estado nutricional, pero no para limitar el crecimiento.

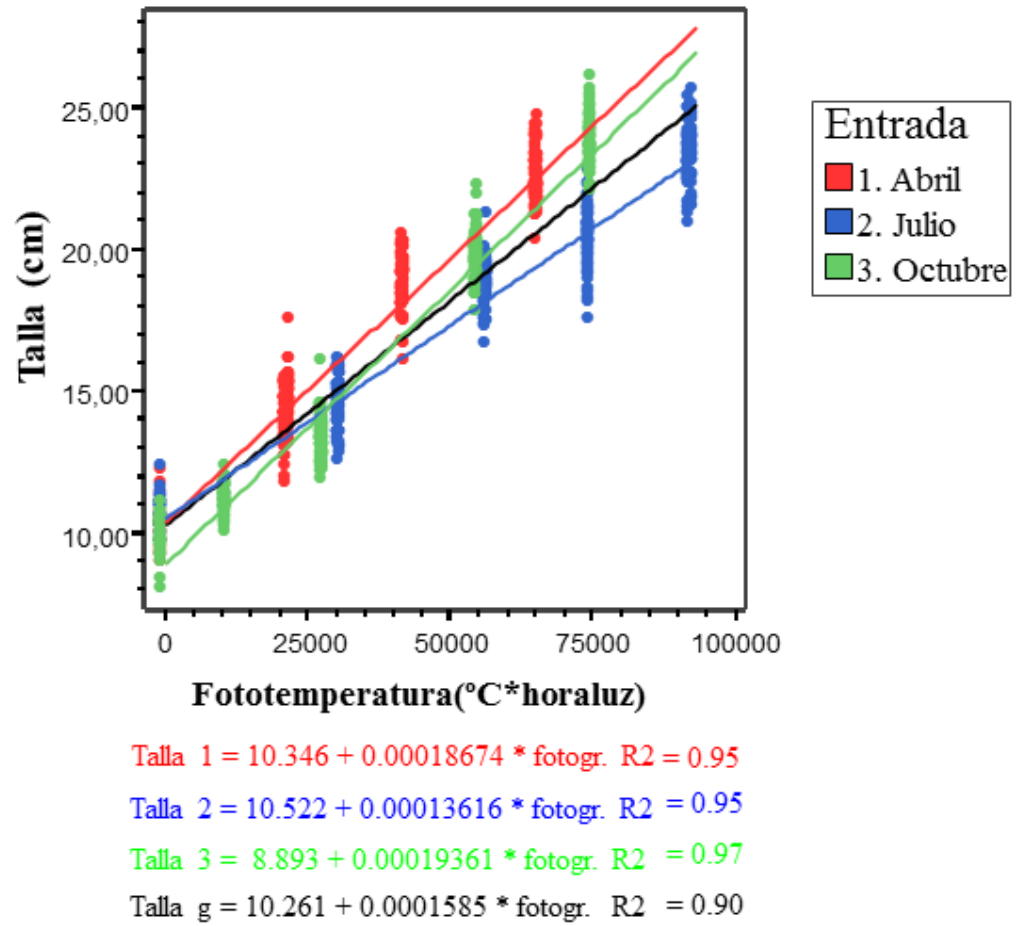


Figura. 5.10.1.II. Gráficos de dispersión

**Tabla 5.10.1.VIII Resumen de la regresión de la Talla frente a la Temperatura****A. Resumen del Modelo. Talla frente a T (°C)**

R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corr.	Er.típ. estima	Sig.
0'928	0'862	0'861	1'75520	0'000

**B. ANOVA**

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	17154'472	1	17154'472	5568'311	0'000
Residual	2757'255	895	3'081		
Total	19911'726	896			

**C. Coeficientes**

	B	Error típ.	Beta	t	Sig.
Constante	10'450	0'110		94'741	0'000
Temperatura (°C día)	0'002	0'000	0'928	74'621	0'000

**Tabla 5.10.1.IX. Resumen de la regresión de la Talla frente a la "Fototemperatura"****A. Resumen del modelo. Talla frente a fototemperatura FT(°Ch día)**

R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> corr.	Error típ. estim	Sig. cambio
0'949	0'900	0'900	1'49167	0'000

**B. ANOVA**

	Suma de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	17920'278	1	17920'278	8053'760	0'000
Residual	1991'449	895	2'225		
Total	19911'726	896			

**C. Coeficientes**

	B	Error típ.	Beta	t	Sig.
Constante	10'261	0'094		109'070	0'000
Fototemperatura	1'585E-04	0'000	0'949	89'743	0'000

La estima de la talla se mejora en aproximadamente un 17%. Sobre esta estima se puede aplicar la regresión multivariante para el cálculo del peso. El

hecho de incluir el fotoperiodo en la predicción de la talla podría compensar el crecimiento hiperplásico que se produce cuando aumenta la ingesta cuando los fotoperiodos son altos pero no las temperaturas, y, a la inversa en las fases otoñales cuando la ingesta es todavía alta por las temperaturas elevadas, pero los fotoperiodos decaen.

## **5.11.- VALIDACIONES**

### **5.11.1. ANTECEDENTES**

La finalidad de este apartado es comprobar en la práctica que el modelo responde a lo esperado por la teoría de modo que, los animales, peces de distinta procedencia y no utilizados en la construcción del modelo queden situados dentro de los ejes de coordenadas en una posición lógica, acorde con su historia de crecimiento.

Si realizaron tres pruebas de validación. Una sobre las imágenes de los peces utilizados para el estudio bioquímico y de calidad del cultivo en las piscifactorías cuyo seguimiento permitió el desarrollo de la primera parte de éste estudio y donde concluimos, de modo breve, en que el exceso de ingesta no permitía un adecuado rendimiento, lo que se manifestaba en que las tasas de crecimiento TGC después del invierno no se recuperaban.

Una segunda prueba la realizamos incorporando a las ecuaciones los datos obtenidos de las imágenes de aquellos peces que habíamos sometido a ayuno prolongado.

Y, por último, se trabajó con animales de una piscifactoría, con un lote de animales que tenían problemas de crecimiento, donde el encargado observaba que no se alcanzaban los crecimientos esperados, aunque las tasas de conversión eran óptimas.

Si las ecuaciones del modelo funcionan los animales deben ser “clasificados” en los cuadrantes de un modo comprensible.

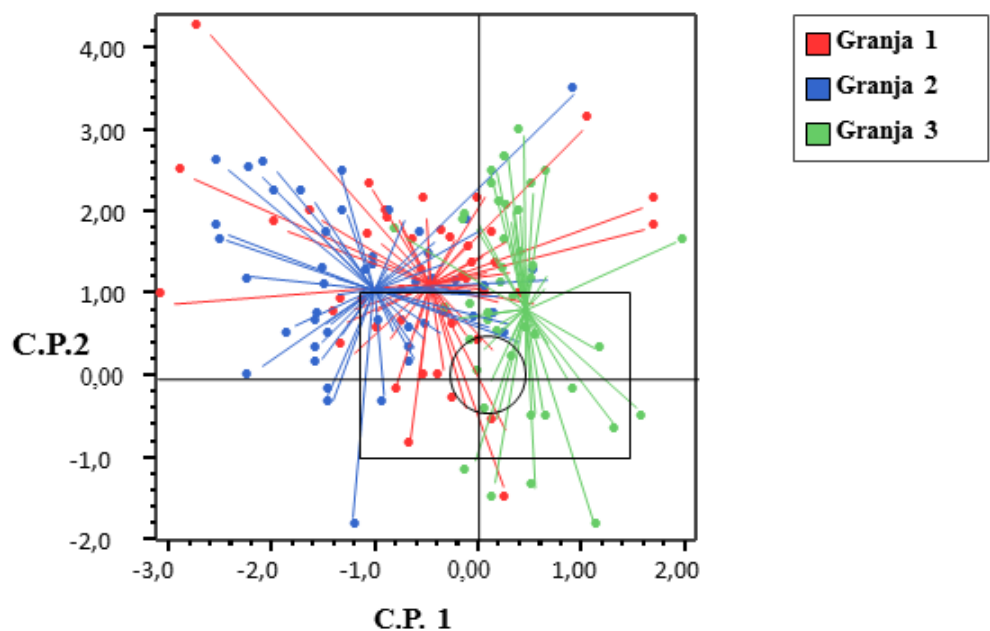
### **5.11.2. RESULTADOS**

Para comprobar la utilidad del modelo basado en las componentes principales realizamos tres pruebas aplicando los valores particulares obtenidos de los individuos en cada prueba para calcular las puntuaciones a partir de las ecuaciones de puntuación de Componentes Principales obtenidas con la población experimental, de modo que, cuando se aplican estas ecuaciones de puntuación de las componentes principales a las variables obtenidas de imágenes de otras doradas obtenemos una distribución de los individuos en los ejes de componentes principales de nuestro modelo que nos permitirán elaborar aproximaciones a hipótesis del estado del momento de crecimiento.

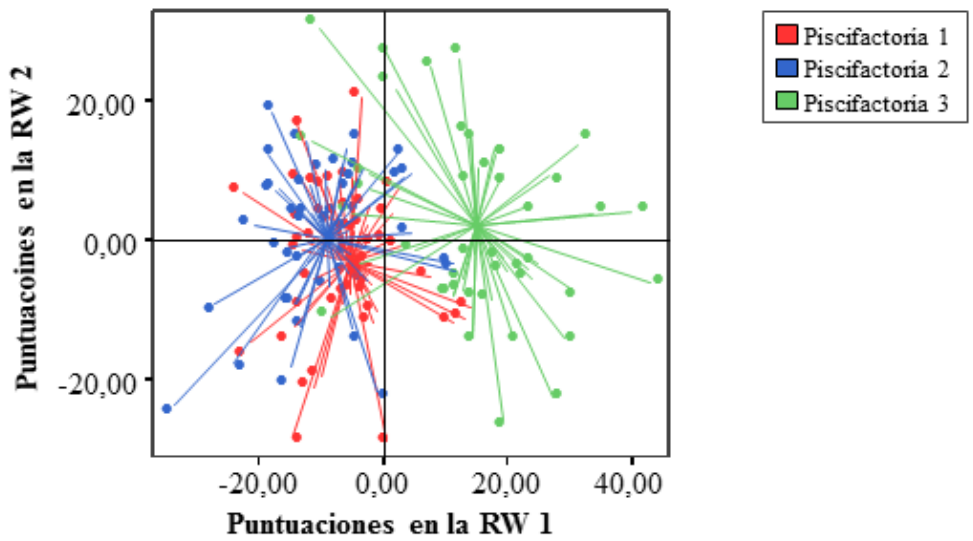
Primero, cuando se sustituyeron los valores de los factores particulares de alometría de las doradas que se examinaron en la primera campaña sobre los ejes CP1 y CP2 y se calculan sus puntuaciones, obtenemos un gráfico de dispersión como el que aparece en la figura 5.7.1.I.

Si recordamos que se trataba de cultivos caracterizados por tener unos tejidos grasos y que en el global del cultivo la tasa de conversión del alimento había sido muy alta, es decir de mala conversión, vemos que coincide con la ubicación en la gráfica. Los animales de la granja que 3 están prácticamente ubicados en el primer cuadrante que implicaba una saturación del crecimiento. Es decir, que se les debería haber contenido la ingesta para evitar tanto la saturación grasa como el dispendio energético que causó la mala conversión del alimento. Los animales de las granjas 1 y 2 están situados en el cuadrante 4. Este cuadrante ubicaba a aquellos animales que habían alcanzado una saturación en altura pero cuyo tronco era todavía pequeño, es decir que el siguiente suceso debería ser una

elongación del tronco pero que, como por la época del año el crecimiento había prácticamente terminado, la alimentación debería ser contenida. En cambio se les seguía suministrando alimento en abundancia. En éste caso el mayor problema para la mala conversión del alimento sería la pérdida de alimento en las jaulas aunque ya presentaban un engrasamiento significativo. Podría tratarse de lotes de animales de complexión corta, con pedúnculos caudales pequeños y de cuerpos rechonchos. En este caso sería todavía más aconsejable la contención del alimento debido a que ya se ha completado el crecimiento en elongación en esta época. Otra observación. La granja 3 era una de las que trabajaba en jaulas. Nótese la gran dispersión de los animales y cómo formaban dos grupos perfectamente separados, unos en el cuadrante 1 y otros en el cuadrante dos. Lo que implica la necesidad de separar los animales, posiblemente unos animales dominasen sobre otros y se estaba formando una población bimodal.



**Figura.5.11.2.I Gráfico de dispersión de las puntuaciones de los individuos muestreados en cada piscifactoría sobre los ejes de componentes principales 1 y 2.**

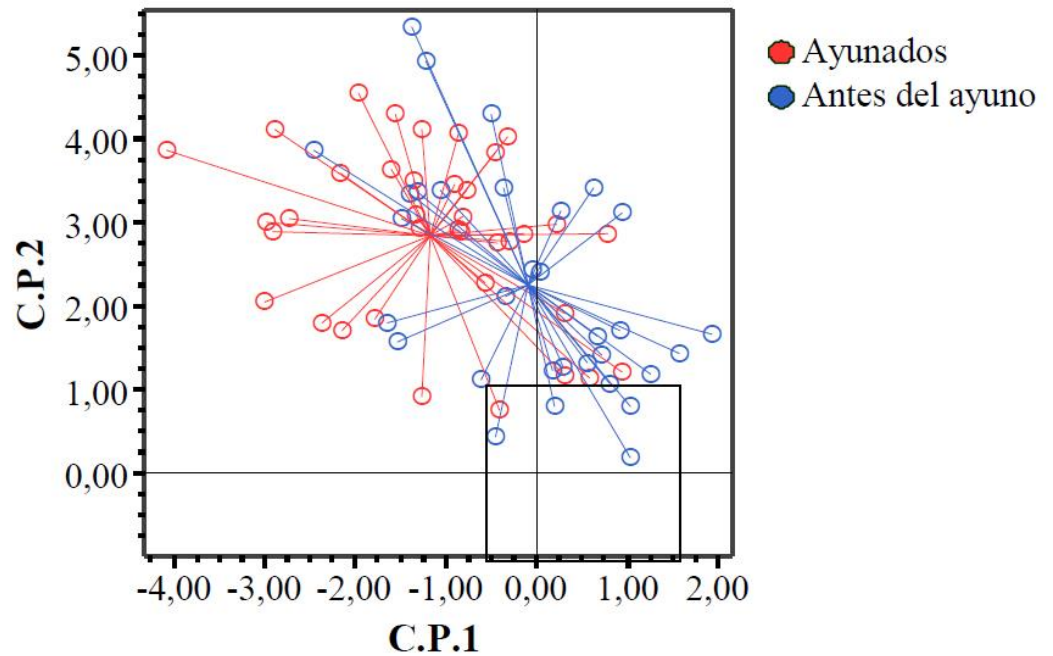


**Figura.5.11.2.II. Gráfico de dispersión de las puntuaciones de los individuos muestreados en las piscifactorías, sobre los ejes de las Deformaciones Relativas.**

Como vemos la distribución de los individuos sobre los ejes de las deformaciones relativas es muy parecida a la distribución sobre las componentes principales lo que podría ser un indicativo de que ambas metodologías proporcionan información similar. Sí hay que observar que la posición relativa de las granjas 1 y 2 respecto a la granja 3 ha cambiado ligeramente

En resumidas cuentas, la ubicación en el gráfico mas aconsejable es la que reflejaría el cuadrante IV, donde la ración debe mantenerse. El cuadrante I, saturación de crecimiento y el cuadrante III, implican bien un exceso o una falta de alimento respectivamente. La situación del cuadrante II es más bien una situación transitoria a la que se puede llegar después de largos períodos de restricción de alimento como el invierno, ayuno o cuando al inicio de la fase de

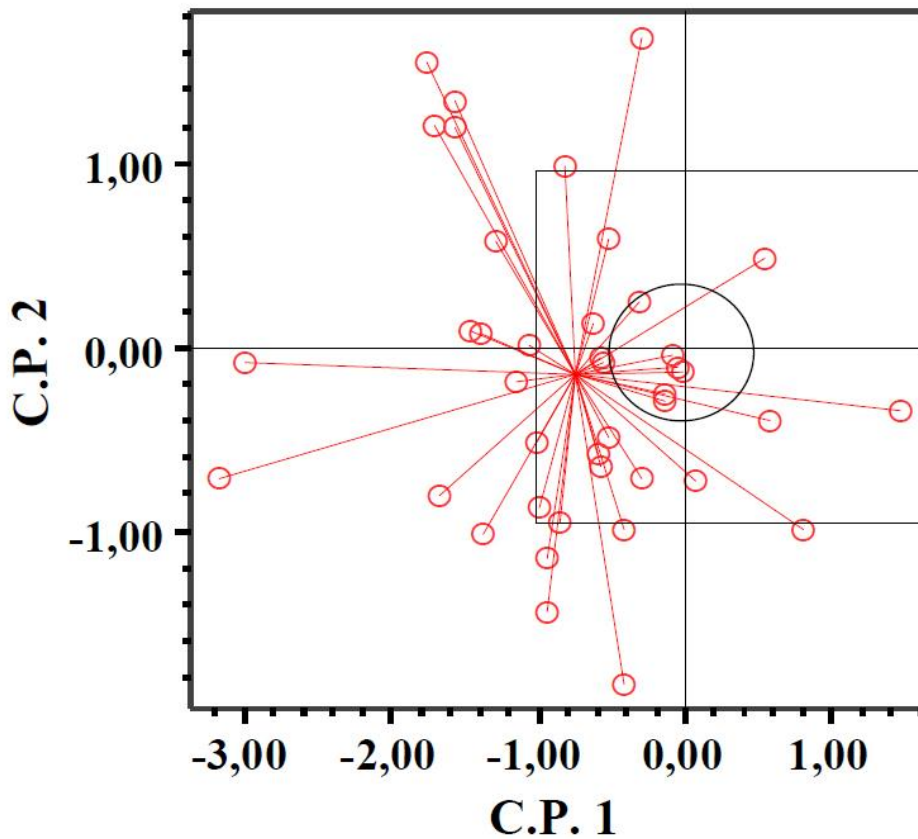
crecimiento anual se produce una rápida elongación, lo que indica la necesidad de desarrollar una ingesta importante.



**Figura.5.11.2.III. Dispersión de los animales antes y después de ayunar sobre los ejes de componentes principales del modelo.**

Una segunda prueba consistió en calcular las puntuaciones sobre las C.P. del modelo, de los coeficientes particulares de alometría obtenidos de las imágenes de animales antes y después de un período de ayuno. Como se observa en la figura 8.3 antes del ayuno los animales ocupaban en parte el cuadrante 1 y en parte el cuadrante 4 mientras que, después del ayuno todas las puntuaciones se han desplazado hacia el cuadrante 4, de modo que vemos como se ha pasado de una situación aconsejable de restricción alimenticia antes del ayuno a una de mantenimiento de la ingesta después del ayuno.

**Puntuación de una muestra (Crimar) sobre los ejes C.P. del cultivo referencia**



**Figura. 5.11.2.IV. Diagrama de dispersión de los individuos hermanos a los utilizados en el modelo pero cultivados en granjas marinas. Las puntuaciones se realizan sobre los ejes de Componentes Principales del modelo.**

Y, por último, animales de la entrada de abril, hermanos de los utilizados para construir el modelo pero cultivados en jaulas en el mar, de los que la



empresa aseveraba que no crecían adecuadamente, cuando se muestrearon en el mes de julio, se obtuvieron, en el mes de julio valores, de 93'05 gramos, 15'40 cm y una  $K= 2'548$ ; mientras que los hermanos utilizados para el modelo en el instituto de acuicultura, aunque con 40 días mas de cultivo dieron valores para el peso de 170 g los animales con restricción de alimento y de 183 g los alimentados a saciedad, con longitudes de 18'7cm y 18'87cm y valores K de 2'59 y 2'72 respectivamente. Este mismo grupo de animales muestreado 30 días antes que los de las jaulas presentaban un peso de 69'56 g y 14'1 cm de longitud los de alimentación restringida y 81'56 g de peso y 14'76 cm de longitud los alimentados a saciedad.

Las puntuaciones de cada pez sobre los ejes de C.P. del modelo colocaban a la mayoría de los individuos de la muestra en el cuadrante 3, lo que equivale a asumir la necesidad de aumentar la ración de alimento.

La situación en el eje de coordenadas es independiente de que estén comiendo mucho, aunque la ingesta no se traduzca en incremento de peso, necesitan más alimento porque están en una situación de crecimiento, delgados, ya sea por mucha síntesis de fibras musculares ya sea por escasez de alimento, traduciendo a situaciones coloquiales “están en el estirón”.



**6.- DISCUSIÓN GENERAL E  
INTERPRETACIÓN DE LOS  
RESULTADOS.**



Basándonos en los datos expuestos en los capítulos anteriores, podemos afirmar que la morfometría es un elemento útil para discriminar poblaciones de individuos sometidas a distintas condiciones del cultivo.

También nos planteamos la posibilidad de utilizar los coeficientes particulares de alometría propuestos por Leonard (1992) para distinguir individuos en distintas fases de crecimiento; se utilizará para ello la información extraída del perfil del animal, perfil que es independiente de la talla que este tuviera, y se cotejarán los resultados con los obtenidos utilizando la morfometría geométrica.

Los lotes experimentales de animales introducidos en tres diferentes momentos del ciclo anual, se sometieron a dos estrategias alimenticias distintas, con la esperanza de encontrar diferencias en el engorde de los animales según la modalidad elegida, *ad libitum* o restringida.

El estudio de la composición corporal nos ha permitido comprobar que, al final del cultivo, los resultados del aprovechamiento energético de los animales alimentados con un régimen restrictivo son significativamente mejores, tanto en la asimilación global de alimento como en la retención final de proteínas y grasas. Pensamos que esto podría deberse a que la capacidad de los peces para regular su ingesta está directamente relacionada con la forma natural de explotar su nicho ecológico, normalmente hostil, que suministra nutrientes a lo largo del año con variaciones estacionales. Podría decirse que la aportación constante de alimento lleva al animal al límite en el aprovechamiento nutricional y, a partir de un punto, se desecha el exceso energético por alguna vía; por ello los animales alimentados *ad libitum* retienen menos grasas y menos proteína. Se debe tener presente que, en animales poiquiloterms, tanto el ritmo metabólico como la disponibilidad de alimento dependen de la temperatura.

Estas reflexiones nos llevan a recomendar que la forma de alimentación en el uso industrial debiera ser la restringida, al menos mientras se utilice un único tipo de pienso.

Es evidente que el piscicultor intenta poner en el mercado los animales mayores, obtenidos según un plan de optimización en el que intervienen dos importantes variables: tiempo y gasto de materiales. A ahora bien, ¿la consideración de mayor se debe hacer según la talla o el peso? La forma de medir la envergadura en morfometría es por medio tamaño del centroide, porque este parámetro mide el tamaño desde el centro del animal hacia todas las direcciones del perfil.

Se ha estudiado la relación entre la talla o el peso de los animales con su tamaño de centroide y se encontrado que la correlación más alta se encuentra entre talla y tamaño de centroide; en cambio, la correlación del peso con el tamaño del centroide está influida por el efecto de la época del año y, lógicamente, la ingesta. Este hecho se puede interpretar como que la talla alcanzada no sufre mermas considerables, aunque pueda variar el peso por reducción de grasa o por ralentización del metabolismo; esto resulta coherente con el hecho de que los peces presenten un crecimiento continuo a lo largo de su vida.

En la práctica, los piscicultores controlan el cultivo siguiendo solamente el peso de los animales, favoreciendo la obesidad, procurando que los peces alcancen pesos máximos; a nuestro juicio esta forma de proceder compromete la eficacia de la alimentación para obtener mayor carga proteínica, porque al final del cultivo la retención de grasa y proteína es menor. Nosotros proponemos que los seguimientos de los animales se realicen por medio del tamaño o talla, pasando el peso a un segundo factor.

Ahora que conocemos que es el cambio en tamaño más que el de peso lo que nos permite hacer un seguimiento más exhaustivo de los procesos de engorde, y partiendo del valor del centroide en estas determinaciones, nos

proponemos estudiar el perfil de los animales para las tres entradas; hay que tener presente que el número de perfiles que se puede tener con un determinado tamaño de centroide es indeterminado. Por ello el estudio pretende analizar el perfil concreto perteneciente a los animales de cada entrada, en cada momento.

Se observa una clara diferencia entre los perfiles de los animales jóvenes y de los que salen al mercado, lo que indica que se produce un crecimiento alométrico en ese intervalo. Esto nos lleva a plantear la necesidad de desarrollar un modelo de crecimiento para estudiar, a continuación, las desviaciones al modelo y calcular los perfiles instantáneos en cada momento del crecimiento.

Las diferencias de los perfiles de las distintas entradas al inicio del cultivo son mucho mayores que al final del cultivo o, lo que es lo mismo, las diferencias de forma se van diluyendo. Al principio del cultivo la posición geométrica de casi todos los hitos están afectados por el factor entrada, y solamente tres se ven afectados por el tamaño. Al final del cultivo se han encontrado diferencias significativas en la posición de todos los hitos debida al factor entrada, y se observa que ya no influye el tamaño en ninguno de ellos; además (véase Tabla 5.5.1.XXVI), en muchos componentes no existe diferencia entre dos de las tres entradas.

Hemos comprobado, por la posición de los hitos que podemos visualizar de modo exagerado en las caricaturas, como se pasa de los perfiles juveniles, más estilizados, a perfiles más robustos al final de cultivo; se observa, además que hay un cambio en las posiciones relativas de los perfiles de cada entrada donde la azul, que es la más exterior (julio) queda ahora englobada por el perfil verde (octubre). Hacemos hincapié que la entrada de octubre coincide con el desarrollo estacional normal en la naturaleza; también fue la entrada de octubre la que obtuvo mejores rendimientos bioquímicos.

Hemos estudiado la posible influencia del crecimiento (engorde y/o aumento de tamaño) en el cambio del perfil, de la forma de la silueta, de los animales; Se pretendía profundizar sobre el efecto de la estrategia de

alimentación. Los perfiles de los animales tienden a la robustez cuando aumentan en peso; la regresión entre el perfil y la talla ha mostrado que los animales tienden a la estilización (Figuras 5.6.1.II y 5.6.1.III), lo que nos puede estar indicando que el crecimiento en talla, en tamaño, no tiene por qué ir ligado al engorde, a la robustez, por lo que podríamos decir que el engorde es un efecto secundario no ligado necesariamente al crecimiento. El resultado de las regresiones nos indica que, aunque existe una correlación significativa entre el incremento de talla y el cambio de morfología (que parece consistente con un crecimiento alométrico), estos factores apenas si explican el 15% de la variación de la forma.

Conocida la influencia de la talla y el engorde en la variación de la silueta, nos propusimos estudiar si el patrón de alometría estaba influenciado por la época del año. El análisis mostró que la influencia era positiva (Tabla 5.7.1.II), puesto que los ángulos directrices entre la primera componente principal de cada estación estudiada eran significativamente distintos de cero, porque si hubiese mantenido la misma dirección, el ángulo hubiera sido nulo.

El resultado anterior es aparentemente contradictorio, puesto que trabajamos con una misma población, de una misma especie, por lo que el modelo alométrico de las tres poblaciones debería ser el mismo; podemos pensar que en un periodo tan reducido, como es el periodo de engorde, los distintos factores que influyen en el crecimiento (época del año, estrategia alimenticia, principalmente) inducen modelos de crecimiento aparentemente distintos, cuyas diferencias se van diluyendo, tal y como se apreciaba al estudiar los perfiles al inicio y al final del cultivo (Figuras 5.5.1.III y 5.5.1.V). Aceptando que, a pesar de las diferencias, el modelo es único, se utilizaron los coeficientes particulares de alometría para desarrollar un modelo que explicase estas diferencias.

Comenzamos desarrollando las ecuaciones de alometría para cada distancia entre hitos, según el modelo de trust, y el cálculo de los coeficientes particulares de alometría para cada una de estas distancias; tomamos como variable independiente la distancia entre los hitos 1 y 2 (los situados en la boca y



el final del pedúnculo caudal respectivamente). Se verificó la normalidad de los valores de los coeficientes particulares.

Los valores de los coeficientes de alometría ( $\alpha$ ) nos describen variaciones relativas de distancias entre hitos, en el mismo sentido que las figuras obtenidas de las regresiones de las deformaciones relativas respecto del tamaño (Figuras 5.6.1.II y 5.6.1.III).

Siguiendo con este planteamiento, se calcularon las distancias teóricas de los individuos al inicio del cultivo, eligiendo arbitrariamente una longitud estándar teórica de 11cm (magnitud arbitraria de escalado), y se comprobó la capacidad del modelo para discriminar los individuos de cada entrada. De modo similar a cuando se analizaron los valores reales observados al inicio del cultivo (figura 5.5.1.II), también resultó ser el factor entrada el que permitía una mejor discriminación.

Lo mismo ocurrió cuando se utilizaron exclusivamente los coeficientes particulares; también con ellos resultó ser el factor entrada el que producía una mejor discriminación.

Se repitió el mismo procedimiento al final del cultivo, con distancias teóricas de escalado de 23cm. El resultado fue semejante al obtenido para el análisis al inicio del cultivo. Nosotros entendemos, por tanto, que para discriminar las formas de los peces, independientemente del tamaño, basta con utilizar los coeficientes particulares de alometría.

La conclusión a la que llegamos con este análisis, desde el punto de vista biológico, es que, en el fondo, no se trata de modelos de alometría distintos, sino de estado instantáneos distintos dentro de un modelo alométrico común, que se evalúan en un periodo de tiempo extremadamente corto. Observando las caricaturas realizadas de nuevo con estos datos (Figuras 5.8.2.I y 5.8.3.I), se vuelve a apreciar que el perfil de la entrada de octubre (color verde) cambia de posición en la caricatura, del inicio al final del cultivo, ocupando la posición más exterior, indicando con esto un mayor aprovechamiento de los recursos.

Recordamos que estos animales son los que se desarrollan en el periodo más parecido a la época normal de crecimiento en estado salvaje. Así mismo este cambio en la posición de los perfiles permitiría salvar la supuesta objeción de que las diferencias podrían deberse a clanes familiares distintos.

Cabe resaltar que, si bien los estudios morfométricos y de geometría morfológica se desarrollan cada vez más como instrumentos útiles en sistemática y evolución, son muy escasos; nosotros no conocemos, a fecha de hoy, ninguno que sea aplicable al establecimiento de “momentos” de los procesos de engorde de cultivo de peces.

Los parámetros obtenidos de las componentes principales de los factores particulares y sus puntuaciones han sido utilizados para proponer un modelo matemático, y han sido transferidos a una patente destinada a clasificar los individuos en función de su estado potencial de crecimiento.

## **7.- CONCLUSIONES**



- 1.- El régimen de alimentación moderadamente restringida mejora la conversión del alimento en masa corporal; esta forma de alimentación no compromete el crecimiento. Consecuencia de esto es que la utilización de menores cantidades de alimento reducen las pérdidas de pienso, lo que redonda en un mayor ahorro y sostenibilidad de la instalación.
- 2.- Los individuos alimentados *ad libitum* regulan la ingesta para adecuar la utilización energética, pero en una dieta de composición constante y alta energía no consiguen igualar las conversiones de los individuos alimentados con moderada restricción de ración.
- 3.- El régimen de alimentación *ad libitum* debería utilizarse solamente al final del proceso de engorde, para facilitar la ganancia en peso de los animales, y se debería evitar su uso justo antes de los periodos invernales.
- 4.- La restricción moderada de la alimentación conserva la distribución normal de la población de peces, lo que quiere decir que no se aprecia en la población una cola de individuos pequeños. Nos atrevemos a recomendar que, para evitar que la restricción sea excesiva, hay que hacer controles habitualmente.
- 5.- El análisis morfométrico de las imágenes facilita los controles del estado de los individuos; se han utilizado tanto los sistemas de morfología geométrica como los basados en el cálculo de los coeficientes particulares de alometría. Nosotros proponemos estos últimos métodos para la toma de decisiones, que permiten guardar un modelo, y los de morfología geométrica para la visualización de los perfiles de las imágenes.
- 6.- Los individuos de dorada presentan perfiles morfométricos que están más influenciados por la época de año que por el tamaño o por la pertenencia a un grupo familiar.
- 7.- En estas fases, en el periodo en el que se desarrolla el engorde industrial, el crecimiento es ligeramente alométrico. El patrón de alometría se ve alterado por la época del año en la que se inicia el cultivo, induciendo transitoriamente patrones alométricos distintos en función de esa época.

- 8.-Los patrones alométricos no afectan a la capacidad de los coeficientes particulares para describir estados de crecimiento.
- 9.-La capacidad de distinguir morfologías distintas entre individuos disminuye con el tiempo, quedando las diferencias reducidas a variaciones individuales y a estados de crecimiento.
- 10.-Las diferencias de la morfología de los perfiles son más patentes en la zona del tronco, a la altura de la cintura escapular, en la zona abdominal y en la zona del pedúnculo caudal.
- 11.- El crecimiento en talla está relacionado positivamente con perfiles de siluetas estilizadas
- 12.-La mayor ganancia en peso está correlacionada con el crecimiento en talla, más que con el engorde propiamente dicho. Como consecuencia de ello es preferible obtener animales de mayor longitud que animales con mayor factor de condición, K.
- 13.- El crecimiento no se puede considerar continuo sino a pulsos (pulsos de elongación y robustecimiento alternativamente) y la morfología del perfil refleja de modo global estas alternancias. Como consecuencia de esto, y de modo especial en experimentos o controles a corto plazo, se debería comprobar que los lotes experimentales sean homogéneos también desde el punto de vista morfométrico para salvar las posibles diferencias en los estados del pulso de crecimiento.
- 14.- Para comprobar la recuperación del crecimiento post invernial y realizar su monitorización es preferible utilizar los parámetros TGC y FTGC (Coeficiente “fototérmico” del crecimiento) en vez de SGR.

## **8.- BIBLIOGRAFÍA**





- Adams C.E., Huntingford F.A. (2002). Inherited differences in head allometry in polymorphic Arctic charr from Loch Rannoch, Scotland. *J. Fish Biol.* 60:515-520.
- Ahima R.S., Flier, J.S. (2000). Leptin. *Annu. Rev. Physiol.* 62: 413-437.
- Ainsworth A.J., Mao C.P., Boyle C.R. (1994). Immune response enhancement in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, using beta-glucan from *Schizophyllum commune*. En: Modulators of fish immune responses. Eds.: Stolen, J.S., y Fletcher, T.C. pp
- Alam M.K., Maughan O.E., Matter W.J. (1996). Growth response of indigenous and exotic carp species to different protein sources in pelleted feeds. *Aquaculture Res.* 27:673-679.
- Arias A. (1976). Sobre la biología de la dorada *Sparus aurata* (L.) de los esteros de la provincia de Cádiz. *Invest. Pesq.* 40:201-222.
- Alami-Durante H., Fauconneau B., Rouel M., Escaffre A.M., Bergot P. (1997). Growth and multiplication of white skeletal muscle fibers in carp larvae in relation to somatic growth rate. *J. Fish Biol.* 50: 1285-1302.
- Alessio G., Bronzi P. (1974). Artificial reproduction of the gilt-head bream *Sparus aurata* (L.) (Osteichthys, Sparidae). The artificial insemination, incubation, and hatching of eggs obtained by hormone induced ovulation. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.* 29: 123-132.
- Andrades J. A., Becerra J., Fernández-Llebrez P. (1996). Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) *Aquaculture* 141:1-11.
- APROMAR Asociación Empresarial de Productores de Cultivos Marinos (2012). La Acuicultura Marina de Peces en España. Informe. (<http://www.apromar.es/informes.asp>)
- Baños N., Planas J.V, Gutiérrez J., Navarro I. (1999). Regulation of plasma insulin-like growth factor-I levels in brown trout (*Salmo trutta*). *Comparative Biochem. Physiol.* 124:33-40.
- Bartness T.J., Powers J.B., Hastings M.H., Bittman E.L., Goldman, B.D. (1993). The timed infusion paradigm for melatonin delivery: what has it taught us about the melatonin signal, its reception and photoperiodic control of seasonal responses? *J. Pineal Res.* 15: 161-190.
- Basaglia F. (1992). Comparative examination of soluble red muscle proteins of fifteen Sparidae species. *J. Fish Biol.*, 40:557-566.
- Beddow T.A., Ross L.G. (1996). Predicting biomass of Atlantic salmon from morphometric lateral measurements. *J. Fish Biol.* 49:469-482.
- Bell T.A., de Groot S.J., Roberts R.J. (1995). New animal drug approvals and the United States aquaculture: a partnership for growth. *Aquaculture Res.* 26:567-576.
- Ben-Atia I., Fine M., Tandler A., Funkenstein B., Maurice S., Cavari B., Gertler A. (1999). Preparation of recombinant gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth hormone and its use

- for stimulation of larvae growth by oral administration. *Gen.Comp.Endocrinol.* 113:155-164.
- Ben-Tuvia, A. (1979). Studies of the population and fisheries of *Sparus aurata* in the Bardawil Lagoon, eastern Mediterranean. *Invest. Pesq.* 43: 43-68
- Benedito-Palos L., Navarro J.C., Bermejo-Nogales A., Saera-Vila A., Kaushik S., Pérez-Sánchez J., (2009). The time course of fish oil wash-out follows a simple dilution model in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) fed graded levels of vegetable oils. *Aquaculture* 288: 98-105.
- Benedito-Palos L., Navarro J.C., Sitjà-Bobadilla A., Bell G., Kaushik S., Pérez-Sánchez J. (2008). High levels of vegetable oils in plant-protein rich diets fed to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *British J. Nutrition* 100: 992-1003.
- Boersma B., Wit J.M. (1997). Catch-up growth. *Endocrinology Rev.* 18:646-661.
- Boeuf G., Boujard D., Person-Le Ruyet J. (1999). Control of the somatic growth in turbot. *J. Fish Biol.* 55:128-147.
- Boeuf G., Le Bail P.Y. (1999). Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177: 129-152.
- Boglione C., Costa C., Di Dato P., Scardi M., Ferzini G., Cataudella S. (2003). Skeletal quality assessment of reared and wild sharpnose sea bream and pandora juveniles. *Aquaculture* 227:373-394.
- Bonnet S., Fauconneau B., David K., Faure A., Laroche M. (1996). Effect of fasting and stress on post mortem changes in brown trout reared in sea water. Refrigeration Science and Technology. Refrigeration and Aquaculture. Monographie. Institut international du froid. Paris.
- Bookstein F.L. (1989). Principal Warps: Thin-Plate Splines and the decomposition of deformations. *IEE trns. Pattern analysis and mach. Intell.* 2: 567-585.
- Bosworth B.G., Libey G.S. (1998). Relationship among total weight, body shape, visceral components and fillet yields in Palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x White bass male *M. chrysops*) and Paradise bass (Striped bass female *M. saxatilis* x Yellow bass male *M. mississippiensis*). *J. World Aquaculture Soc.* 29:40-50.
- Brooks M.J. (1991). The ontogeny of Sexual Dimorphism: Quantitative Models and a Case Study in Labrisomid Blennies (Teleostei: Paraclinus). *Syst.Zool.* 40:271-283.
- Brett J.R. (1979). Environmental factors and growth. En: Fish physiology. Eds.: Hoar, W.S., Randall, D.J., y Brett J.R. London.
- Bromage N. (1995). Broodstock management and seed quality-general considerations. Broodstock management and egg and larval quality. Eds. Bromage, N. & Roberts, R. J. Editorial Blackwell Science. 424 pp. New York. USA.

- Bromage N., Porter M., Randall C. (2001). The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture* 197: 63-98.
- Brooks S., Johnston I.A. (1993). Influence of development and rearing temperature on the distribution, ultrastructure and myosin sub-unit composition of myotomal muscle-fiber types in the plaice *Pleuronectens platessa*. *Mar. Biol.* 117: 501-513.
- Cabanac M., Richard D. (1996). The nature of the ponderostat: Hervey's hypothesis reviewed. *Appetite* 26, 45-54.
- Cadrin S.X. (2000). Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Rev. Fish Biol. Fisheries* 10:91-112.
- Cadrin S.X., Friedland K.D. (1999). The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Res.* 43:129-139.
- Calder P.C. (1998). Dietary fatty acids and lymphocyte functions. *Proc. Nutr.Soc.* 57: 487-502.
- Calderer-Reig A. (2001). Influencia de la temperatura y la salinidad sobre el crecimiento y consumo de oxígeno de la dorada (*Sparus aurata* L.) .Tesis doctoral.Universidad de Barcelona.
- Camus P., Koutsikopoulos C. (1984). Incubation experimentale et developpement embryonnaire de la daurade royale, *Sparus aurata* (L.), a differentes temperatures. *Aquaculture* 42:117-128.
- Carss D. N. (1990). Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages. *Aquaculture* 90:29-40.
- Chatain B. (1987). La vessie natatoire chez *Dicentrarchus labrax* et *Sparus aurata* II et influence des anomalies de developpement sur la croissance de la larve. *Aquaculture*, 65: 175-181.
- Chatain B., Corrao D., (1992). A sorting method for eliminating fish larvae without functional swimbladder. *Aquaculture* 107: 81-88.
- Cho C.Y., Bureau D.P. (1998). Development of bionergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and water output in aquaculture. *Aquatic Living Resources* 11:199-210.
- Cho, C.Y. (1992). Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture* 100:107-123.
- Cibert C., Fermon Y., Vallod D., Meunier F. (1999). Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield. *Aquatic Living Resources* 12:1-10.
- Company R., Calduch-Giner J.A., Kaushik S., Pérez-Sanchez J. (1999). Growth performance and adiposity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): risk and benefits of high energy diets. *Aquaculture* 171:279-292.

- Contessi B., Voltipatti D., Gusmani L., Bovo G., Maltese C., Mutinelli F., Borghesan F., Gennari L., Sarli G., Galeotti M. (2000). "Winter disease" in farmed gilthead sea bream (*S. aurata*): immunological aspects. *Boll. Soc. Ital. Patol. Ittica* 12: 2-16.
- Coop R.L., Holmes P.H. (1996). Nutrition and parasite interaction. *Int. J. Parasitol.* 26: 951-962.
- Cowey C.B. (1994). Aminoacids requirements of fish: a critical appraisal of present values. *Aquaculture* 124: 1-11.
- Creech S. (1992). A multivariate morphometric investigation of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *A. presbyter* Cuvier, 1829 (Teleostei: Atherinidae): morphometric evidence in support of the two species. *J. Fish Biol.* 41:341-353.
- Devauchelle N. (1980). Etude expérimentale sur la reproduction, les oeufs et les larves de bar (*Dicentrarchus labrax*), daurade (*Sparus aurata*), mullet (*Liza remada*), rouget (*Mullus surmulatus*), sole (*Solea solea*), turbot (*Scophthalmus maximus*). Thèse. Université de Brest.
- Divanach P., Kentouri M. (1984). Sur les possibilités d'obtention de gamètes viables de poissons à la criée. *L'Aquaculture du Bar et des Sparidés*. Ed: Barnabé G. et Billard R. 1984 INRA. Paris.
- Divanach P., Kentouri M. (1986). Hatchery techniques for specific diversification in Mediterranean finfish larviculture. *CIHEAM* 3:75-85.
- Dryden I.L. (2005). Statistical Analysis on High-Dimensional Spheres and Shape Spaces. *Ann. Statistics.* 33: 1643-1665.
- Dutil J.D., Lambert Y., Boucher E. (1997). Does higher growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low salinity result from lower standard metabolic rate or increased protein digestibility? *Canadian J. Aquatic Sci.* 54:99-103.
- Efthimiou S. (1996). Dietary intake of  $\beta$ -1,3/1,6 glucans in juvenile dentex (*Dentex dentex*), Sparidae: effects on growth performance, mortalities and non-specific defense mechanisms. *J. Appl. Ichthyol.* 12:1-7.
- Efthimiou S., Divanach P., Rosenthal H. (1994). Growth, food conversion and agonistic behavior in common dentex (*Dentex dentex*) juveniles fed on pelleted moist and dry diets. *Aquatic Living Resources* 7:267-275.
- Ehlinger T.J., Gross M.T., Philipp D.P. (1997). Morphological and growth rate differences between bluegill males of alternative reproductive life histories. *North Am. J. Fisheries Management* 17:533-542.
- Einen O., Skrede G. (1998). Quality characteristics in raw and smoked fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*), fed high-energy diets. *Aquacult. Nutr.* 4:99-108.
- Einen O., Waagan B., Thomassen M.S. (1998). Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) - I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture* 166:85-104.

- Ekström P., Meissl H. (1997). The pineal organ of teleost fishes. *Rev. Fish Biol. Fisheries* 7: 199-284.
- Escaffre A.M., Kaushik S., Mambrini M. (2007). Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate. *Aquaculture* 273:127-138.
- FAO. (2002). Inland capture fishery statistics of Southeast Asia: current status and information needs, por D. Coates. RAP Publication 2002/11. Bangkok, Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico.
- FAO. (2004). The State of World Fisheries and Aquaculture 2004(Sofia). Roma, 2004.
- FAO. (2007). The State of World Fisheries and Aquaculture 2006. Rome, 2007
- FAO. (2009). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008. Roma, 2009. Coord.. Pulvenis de Séligny, J. F. , Gummy A. y Grainger,R.
- FAO, NACA (NETWORK OF AQUACULTURE CENTERS IN ASIA-PACIFIC). (2000) Informe de la Conferencia sobre la Acuicultura en el Tercer Milenio Bangkok, Tailandia., 20-25 de febrero de 2000.
- Fauconneau B., Paboeuf, G. (2001). Muscle satellite cells in fish. En: Muscle development and growth. Ed: Johnston, I.A.
- Favaloro E., Mazzola A. (2003). Shape change during the growth of sharpnose seabream reared under different conditions in a fish farm of the southern Tyrrhenian Sea. *Aquacultural Engineering* 29:57-63.
- Felip A., Zanuy Doste S., Carrillo Esteve M., Piferrer F. (1999). Growth and gonadal development in triploid sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) during the first two years of age. *Aquaculture* 173:389-399.
- Ferguson A. (1980). Biochemical systematics and evolution. Glasgow and London: Blackie, Ed.
- Fernández A., Blanco G., Vázquez E., McCarthy I., Sánchez Prado J. A. (2002). Estrategias de crecimiento de una población de salmón atlántico *Salmo salar* L., 1758. en condiciones ambientales diferentes. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 18:363-369
- Fernández Díaz C., Yúfera M. (1997). Detecting growth in gilthead seabream *Sparus aurata* L. larvae fed microcapsules. *Aquaculture* 153:93-102.
- Fernandez Palacios H., Izquierdo M., Robaina L., Valencia A., Salhi M. (1997). The effects of dietary protein and lipid from squid and fish meals on egg quality of broodstock for gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 148:233-246.
- Ferrari I., Chierigato A.R. (1981). Feeding habits of juvenile stages of *Sparus auratus* L., *Dicentrarchus labrax* L. and Mugilidae in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aquaculture* 25:243-257.

- Fonds M., Cronie R., Vethaak A.D., Van der Puyl P. (1992). Metabolism, food consumption and growth of plaice (*Pleuronectes platessa*) and flounder (*Platichthys flesus*) in relation to size and temperature. *Neth. J. Sea Res.* 34:111-118.
- Fontoura N.F., Agostinho A.A. (1996). Growth with seasonally varying temperatures: an expansion of the von Bertalanffy growth model. *J. Fish Biol.* 48:569-584.
- Friedman J.M. (1998). Leptin, leptin receptors and the control of body Weight. *Nutr. Rev.* 56: S38-S46.
- Fruhbeck G., Gómez-Ambrosi J., Murunzábal F.J., Burrell M.A. (2001). The adipocyte: a model for integration of endocrine and metabolic signalling in energy metabolism regulation. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 280:827-847.
- Fuiman L.A. (1983). Growth gradients in fish larvae. *J. Fish Biol.* 23:117-123.
- Gadomski D.M., Caddell S.M. (1991). Effects of temperature on early-life-history stages of California halibut *Paralichthys californicus*. *Fish. Bull.* 89:567-576.
- Galloway T.F., Kjørsvik E., Kryvi H. (1999). Muscle growth and development in Atlantic cod larvae (*Gadus morhua* L.) related to different somatic growth rates. *J. Exp. Biol.* 202: 2111-2120.
- Gaylord T.G., Gatlin D.M. (2001). Dietary protein and energy modifications to maximize compensatory growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture* 194:337-348.
- Gelineau A., Corraze G., Boujard T. (1998). Effects of restricted ration, time-restricted access and reward level on voluntary food intake, growth and growth heterogeneity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on demand with self-feeders. *Aquaculture* 167:247-258.
- Ghigo E., Arvat E., Muccioli G., Camanni F. (1997). Growth hormone-releasing peptides. *European Journal of Endocrinology* 136:445-460.
- Giskegjerde T.A., Tvenning L. (1998). ¿Perder peso o perder pienso? *Trow informa* 4-5.
- Giustina A., Veldhuis D. (1998). Pathophysiology of the neuroregulation of growth hormone secretion in experimental animals and the human. *Endocrine Rev.* 19:717-797.
- Gjedrem T. (1997). Flesh quality improvement in fish through breeding. *Aquacult. Int.* 5:197-206
- Gómez-Requeni P., Mingarro M., Kirchner S., Calduch-Giner, J.A., Médale F., Corraze G., Panserat S., Martin S.A.M., Houlihan D.F., Kaushik S.J., Pérez-Sánchez J. (2003). Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotropic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 220:749-767.
- Gómez-Requeni P., Mingarro M., Calduch-Giner J.A., Médale F., Martin S.A.M., Houlihan D.F., Kaushik S., Pérez-Sánchez J. (2004). Protein growth performance, amino acid utilization and somatotropic axis responsiveness to fish meal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 232:493-510.

- González Serrano J.L., Delgado J.N., Torrent F.B., Ortega R.L., Mediavilla M.G., Ortíz A.L., Ramírez A.D., Molina A.G., Claver I.F. (1999). *Conclusiones del borrador del libro blanco de la Acuicultura en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* **1**: 1-96.
- González-Hita M., Bastidas-Ramírez B.E., Ruíz-Madrigal B., Godínez S., Panduro A. (2002). Funciones endocrinas de la célula adiposa. *Rev. Endocrinol. Nut.* **10**:140-146.
- Happe A., Zohar Y. (1988). Self-fertilization in the protandrous hermaphrodite *Sparus aurata*: development of the technology. In: Y. Zohar and B. Breton (eds.), *Reproduction in fish. Basic and applied aspects in endocrinology and genetics*: 177-180. Les colloques de l'INRA, n° 44, Paris.
- Harvey S., Daughaday W.H. (1995). Growth hormone release: profiles. En: Growth hormone. Eds.: Harvey, S., Scanes, C.G., y Daughaday, W.H. London. UK.
- Harzevili A.R.S., Van Duffel H., Dhert P., Swings J., Sorgeloos P. (1998). Use of a potential probiotic *Lactococcus lacti* AR21 strain for the enhancement of growth in the rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). *Aquaculture Res.* **29**:411-417.
- Helliwell, T.R. 1988. Lectin binding and desmin staining during bupivacaine-induced necrosis and regeneration in rat skeletal muscle. *J.Pathol.* **155**, 317-326.
- Heras S., Gonzales Castro M., Roldán M.I. (2006). Mugil curema in Argentinean waters: Combined morphological and molecular approach. *Aquaculture* **261**:473-478.
- Hervey G.R. (1969). Regulation of energy balance. *Nature* **223**:629-631.
- Higgins P.J., Thorpe J.E. (1990). Hyperplasia and hypertrophy in the growth of skeletal muscle in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Biol.* **37**:505-519.
- Hoar N. S. (1969). Reproduction. In *Fish Physiology*. Ed. By N.S. Hoar R.J. Randall vol. 3, pp1-72.
- Hontoria F. (1991). Caracterización de tres poblaciones originarias del área levantina española del crustáceo branquiópodo *Artemia* : aplicación en acuicultura. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Hontoria F., Crowe J.H., Crowe L.M., Amat F., (1994). Potential use of liposomes in larviculture as a delivery system through *Artemia* nauplii. *Aquaculture* **127**:255-264.
- Humphries J.M., Bookstein F.L., Hernorff B., Smith G.R., Elder R.L., Poss S.G. (1981). Multivariate Discrimination by Shape in Relation to Size. *Syst.Zool.* **30**:291-608.
- Huss H.H. (1998). Pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad. FAO. *Documento Técnico de Pesca* **348**.
- Ibeas C., Izquierdo M.S., Lorenzo A. (1994). Effects of different levels of n-3 highly unsaturated fatty acids on growth and fatty acid composition of juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* **127**:177-188.

- Ibeas C., Cejas J., Gómez T., Jerez S., Lorenzo A. (1996). Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. *Aquaculture* 142:221-235.
- Imslund A.K., Jonassen T.M. (2001). Regulation of growth in turbot (*Scophthalmus maximus*) Rafinesque and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.): aspects of environmental x genotype interactions. *Rev. Fish Biol. Fish.* 11:71-90.
- JACUMAR (Junta Asesora de Cultivos Marinos) (2009). "Datos de Producción de la Junta asesora de Cultivos Marinos". Ministerio de Medio ambiente y medio rural y marino.
- Jobling M. (1983). A short review and critique of methodology used in fish growth and nutrition studies. *J. Fish Biol.* 23:685-703.
- Jobling M., Knudsen R., Pedersen P.S., Dos Santos J. (1991). Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92:243-257.
- Jobling M. (1994). *Fish Bioenergetics*. Chapman and Hall, London. UK.
- Jobling M., Koskela J. (1996). Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *J. Fish Biol.* 49:658-667.
- Jobling, M., B.M. Baardvik, J.S. Christiansen, and E.H. Jørgensen. (1993). The effects of prolonged exercise training on growth performance and production parameters in fish. *Aquaculture Int.* 1:95-111.
- Jobling, M., Johansen, S.J.S., Foshaug, H., Burkow, I.C., y Jørgensen, E.H. (1998). Lipid dynamic in anadromous Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): seasonal variations in lipid storage depots and lipid class composition. *Fish Physiol. Biochem.* 18:225-240.
- Jobling, M. and S.J.S. Johansen. (1999). The Lipostat, hyperphagia and catch-up growth. *Aquaculture Res.* 30:473-478.
- Johansen S.J.S., Jobling M. (1998). The influence of feeding regime on growth and slaughter traits of cage-reared Atlantic salmon. *Aquaculture Int.* 6:1-17.
- Johnson R.A., Wichern D.W. (1988). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 2<sup>o</sup> edition. Prentice-Hall International Editions, N.Y., U.S.A.
- Johnston I.A., Cole N.J., Abercromby M., Vieira V.L. (1998). Embryonic temperature modulates muscle growth characteristics in larval and juvenile herring. *J. Exp. Biol.* 201:623-646.
- Johnston, I. A. 1999. Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture* 177:99-115.
- Johnston, I.A., V.L.A. Vieira, and M. Abercromby. (1995). Temperature and myogenesis in embryos of the Atlantic herring *Clupea harengus*. *J. Exp. Biol.* 198:1389-1403.



- Jones, G.D.P., y Farrell, D.J. (1992a). Early life food restriction of broiler chickens. I. Methods of application, amino acid supplementation and the age at which restrictions should commence. *British Poultry Sci.* 33:579-587.
- Jones, G.D.P., y Farrell, D.J. (1992b). Early life food restriction of broiler chickens. II. Effects of food restrictions on the development of fat tissue. *British Poultry Sci.* 33:589-601.
- Jolicoeur, P. 1963. The Multivariate Generalization of the Allometry Equation. *Biometrics* 19:497-499.
- Kadmon, G., Gordin, H. y Yaron, Z. (1985). Breeding-related growth of captive *Sparus aurata* (Teleostei, Perciformes). *Aquaculture* 46:299-305.
- Kaushik, S.J. (1998). Nutritional bioenergetics and estimation of waste production in non-salmonids. *Aquatic Living Resources* 11:211-217.
- Kaushik, S.J., y Cowey, C.B. (1991). Dietary factors affecting nitrogen excretion by fish. En: Nutritional strategies and aquaculture waste. Eds.: Cowey C.B., y Cho, C.Y.
- Kendall, D.G. (1977). The Diffusion of Shape *Adv. Applied Probability.* 9:428-430.
- Kendall, D.G., D. Barden, T.K. Carne, and H. Le, (1999). *Shape and Shape Theory.* Wiley and Son New York. USA.
- Kennedy, G.C. (1953). The role of depot fat in hypothalamic control of food intake in the rat. *Proc. Royal Soc. B* 140:578-592.
- Kentouri, M., (1984). Contribution à la connaissance de l'éthologie des jeunes Stades de *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Lothognathus mormyrus*, *Puntazzo puntazzo* (Pisces sparidae) en élevage. Thèse doctorat. Univeristé de Brest.
- Kentouri, M. y Divanach, P. (1982) Diferences et similitudes dans la genese des comportements locomoteur et trophique des stades prelarvaires de *Sparus aurata*, *Diplodus vulgaris* et *Diplodus sargus*. *Aquaculture.* 27:355-376.
- Khan, M.S., K.J. Amg, and M.A. Amback. (1996). The effect of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of tropical catfish *Mystus memurus* (C.&V.) cultured in static pond water system. *Aquaculture Research* 27:823-829.
- Kim, M.K., y Lovell, R.T. (1995). Effect of restricted feeding regimes on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture* 135, 285-293.
- Kissil, G.W. and W.M. Koven. (1987). Comparison of Test diets for the Gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Badmidgeh* 39:84-91.
- Klaoudatos, S. and J. Apostolopoulos. (1986). Food Intake, Growth, Maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture* 51:217-224.

- Klaoudatos, S.D. and A.J. Conides. (1996). Growth, food conversion, maintenance and long-term survival of gilthead sea bream, *Sparus auratus* L., juveniles after abrupt transfer to low salinity. *Aquaculture Research* 27:765-774.
- Klingenberg, C.P. and R. Froese. (1991). A Multivariate comparison of Allometric Growth Patterns. *Syst.Zool.* 40:410-419.
- Klingenberg, C.P. and Spence, J.R. (1993). Heterochrony and Allometry: Lessons from the Water Strider Genus *Limnopus*. *Evolution.* 47:410-419.
- Koumans, J.T.M., H.A. Akster, G.H.R. Booms, and J.W.M. Osse. (1993). Growth of carp (*Cyprinus carpio*) white axial muscle; hyperplasia and hypertrophy in relation to the myonucleus/sarcoplasm ratio and the occurrence of different subclasses of myogenic cells. *J. Fish Biol.* 43:69-80.
- Koumoundouros, G., Z. Kiriakos, P. Divanach, and M. Kentouri. (1995). Morphometric relationships as criteria for the evaluation of larval quality of gilthead sea bream. *Aquaculture Int.* 3:143-149.
- Koven, W.M., A. Tandler, G.W. Kissil, D. Sklan, O. Friezlander, and M. Harel. (1990). The effect of dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids on growth, survival and swimbladder development in *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture* 91:131-141.
- Koven, W.M., A. Tandler, G.W. Kissil, and D. Sklan. (1992). The importance of n-3 highly unsaturated fatty acids for growth in larval *Sparus aurata* and their effect on survival, lipid composition and size distribution. *Aquaculture* 104:91-104.
- Koven, W.M., A. Tandler, D. Sklan, and G.W. Kissil. (1993). The association of eicosapentaenoic and docosaenoic acids in the main phospholipids of different-age *Sparus aurata* larvae with growth. *Aquaculture* 116:71-82.
- Lall, S.P., S.J. Kaushik, P.Y. Le Bail, R. Keith, J.S. Anderson, and E. Plisetskaya. (1994). Quantitative arginine requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) reared in sea water. *Aquaculture* 124:13-25.
- Lamas, O., Marti, A., y Martínez, J.A. (2002). Obesity and immunocompetence. *Eur. J. Clin. Nutr.* 56: S42-S45.
- Laron, Z., X.L. Wang, B. Klinger, A. Silbergeld, and D.E.L. Wilcken. (1997). Growth hormone increases and insulin-like growth factor-I decreases circulating lipoprotein(a). *Europ. J. Endocrinol.* 136:377-381.
- Lleonart, J., J. Salat, and G.J. Torres. (2000). Removing Allometric Effects of body size in Morphological Analysis. *J. Theor. Biol.* 205:85-93.
- Lindberg, O. (1970). Ed. Brown adipose tissue. American Elsevier. New York. USA.
- Lorenzen, K. (1996) Population management in fisheries enhancement: Gaining key information from release experiments through use of a size-dependent mortality model. *Fisheries Res.* 80:19-28.

- Loy, A., E. Ciccotti, L. Ferrucci, and S. Cataudella. (1996). An application of automated feature extraction and geometric morphometrics: Temperature-related changes in body form of *Cyprinus carpio* juveniles. *Aquacultural Engineering* 15:301-311.
- Loy, A., C. Boglione, F. Gagliardi, L. Ferrucci, and S. Cataudella. (2000). Geometric morphometrics and internal anatomy in sea bass shape analysis (*Dicentrarchus labrax* L., Moronidae). *Aquaculture* 186:33-44.
- López Albors, O., F. Gil, G. Ramírez Zarzosa, J.M. Vázquez, R. Latorre, A. García-Alcázar, and A. Arencibia. (1998). Muscle development in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*,L.): Further histochemical and ultrastructural aspects. *Anatomical and Histological Embryology* 27:223-229.
- Lumare F., (1978). Present state of knowledge on cultivable species in the Mediterranean. Presented at gather expert consultation on aquaculture development in the Mediterranean region. FAO (GCFM)-UNEP
- Lupatsch, I. and G.W. Kissil. 1998. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquatic Living Resources* 11(4):265-268.
- Loy, A., S. Busilacchi, C. Costa, L. Ferlin, and S. Cataudella. (2000). Comparing geometric morphometrics and outline fitting methods to monitor fish shape variability of *Diplodus puntazzo* (Teleostea: Sparidae). *Aquacultural Engineering* 21:271-283.
- Maceina, M.J. (1992). A simple regression model to assess environmental effects on fish growth. *Journal of Fish Biology* 41:557-565.
- Manning, M.J. (1994). Fishes. En *Immunology: a comparative approach*. Ed: Turner, R.J.
- Maragoudaki, D., M. Paspatis, and M. Kentouri. (2002). Influence of stocking density on growth of juvenile red porgy *Pagrus pagrus* L. under different feeding conditions. *Aquaculture Res.* 30:501-508.
- Marais, P.G., Van der Merwe, H.J., y Dutoit, J.E.J. (1991). The effect of compensatory growth on food intake, growth rate, body composition and efficiency of feed utilization in Dorper sheep. *South African J. Animal Sci.* 21:80-88.
- Marsh, R.L. (1984). Adaptations of the grey catbird to long distance migration: flight muscle hypertrophy associated with elevated body mass. *Physiol. Zool.* 57:105-117.
- Martí-Palanca, H., Martínez-Barberá, J.P., Pendón, C., Valdivia, M.M., Pérez-Sánchez, J., y Kaushik, S. (1996). Growth hormone as a function of age and dietary protein: energy ratio in a marine teleost, the gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Growth Regul.* 6: 253-259.
- Marco Jiménez, F., L. Pérez, M.P. Viudes de Castro, D.L. Garzón, D.S. Peñaranda, J.S. Vicente, M. Jover, and J.F. Asturiano. (2006). Morphometry characterisation of European eel spermatozoa with computer-assisted spermatozoa analysis and scanning electron microscopy. *Theriogenology* 65:1302-1310.

- Marcogliese, L.A. and J.M. Casselman. (1998). Scale methods for discriminating between Great Lakes stocks of wild and hatchery Rainbow trout, with a measure of natural recruitment in Lake Ontario. *North Am. J. Fisheries Management* 18:253-268.
- Martí-Palanca, H. and J. Pérez-Sánchez. (1994). Developmental Regulation of Growth Hormone Binding in the Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata*. *Growth Regulation* 4:14-19.
- Martí-Palanca, H., J.P. Martínez-Barberá, C. Pendón, M.M. Valdivia, and J. Pérez-Sánchez. (1996). Growth Hormone as a Function of Age and Dietary Protein: Energy Ratio in a Marine Teleost, the Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Growth Regulation* 6:253-259.
- Martínez-Millán, L. (1987). Métodos de evaluación, control y racionamiento en la alimentación práctica. *Alimentación en acuicultura. Espinosa de los Monteros, J. y Labarta U. Ed. CAYCIT, Madrid.:205-325.*
- Mascarello, F., A. Rowleson, G. Radaelli, P.A. Scapolo, and A. Veggetti. (1995). Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* (L): I. Myosin expression and organization of fiber types in lateral muscle from hatching to adult. *J. Muscle Res. Cell Motility* 16:213-222.
- McCann, K. and B. Shuter. (1997). Bioenergetics of life history strategies and the comparative allometry of reproduction. *Canadian J. Fisheries Aquatic Sci.* 54:1289-1297.
- Meeren, G. I. van der. (1991). Algae as first food for cod larvae (*Gadus morhua* L.): Filter feeding or ingestion by accident? *J. Fish Biol.* 39:225-239.
- Meeren, G. I. van der. (1991). Selective feeding and prediction of food consumption in turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) reared on the rotifer *Brachionus plicatilis* and natural zooplankton. *Aquaculture* 93:35-55.
- Micheas, A.C. and D.K. Dey. (2005). Modeling shape distributions and inferences for assessing differences in shapes. *Journal of Multivariate Analysis* 92:257-280.
- Mingarro, M.M. (2004). Estrategias de alimentación y cultivo de la dorada (*Sparus aurata*). Regulación endocrina y estado inmunopatológico. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- Mingarro, M.M., Vega-Rubín de Celis, S., Astola, A., Pendón, C., Martínez-Valdivia, M., y Pérez-Sánchez, J. (2002). Endocrine mediators of seasonal growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): the growth hormone and somatolactin paradigm. *Gen. Comp. Endocrinol.* 128:102-111.
- Mitteroecker, P., P. Gunz, M. Bernhard, K. Schaefer, and F.L. Bookstein. (2004). Comparison of cranial ontogenetic trajectories among great apes and humans. *J. Human Evol.* 46:679-698.
- Mommsen, T., y Moon, T. (2001). Hormonal regulation of muscle growth. En: Muscle development and growth. Ed.: Johnston, I.A.
- Monteiro, R.A.F., J.A.F. Diniz-Filho, S.F. dos Reis, and E.D. Araujo. (2002). Geometric Estimates of Heritability in Biological Shape. *Evolution* 56:563-572.

- Moreno, M.J., y Martínez, J.A. (2002). El tejido adiposo: órgano de almacenamiento y órgano secretor. *ANALES Sis. San. Navarra* 25: S29-S39.
- Mourente, G., A. Rodríguez, D.R. Tocher, and J.R. Sargent. (1993). Effects of dietary docosahexanoic acid (DHA; 22:6n-3) on lipid and fatty acid compositions and growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) larvae during first feeding. *Aquaculture* 112:79-98.
- Nácher Mestre, Jaime, Roque Serrano Gallego, Benedito Palos, Laura, Navarro, Juan C., Francisco López Benet, Pérez Sánchez, Jaume. (2009). Effects of fish oil replacement and re-feeding on the bioaccumulation of organochlorine compounds in gilthead sea bream (*Sparus aurata L.*) of market size. *Chemosphere*. 76:811-817.
- Nathanailides, C., O. Lopez-albor, E. Abellán, J.M. Vazquez, D.D. Tyler, A. Rowleron, and N.C. Stickland. (1996). Muscle cellularity in relation to somatic growth in the european sea bass *Dicentrarchus labrax (L.)*. *Aquaculture Research* 27:885-889.
- Naudin, S., H. Pella, N. Charlon, J. Garric, and P. Bergot. (1996). Detection de larves de poisson anormales par analyse d'images. *Aquatic Living Resources* 9:281-287.
- Navarro, J.C., R.S. Batty, M.V. Bell, and J.R. Sargent, (1993). Effects of two Artemia diets with different contents of polyunsaturated fatty acids on the lipid composition of larvae of Atlantic herring (*Clupea harengus*). *J. Fish Biol.* 43:503-515.
- Navarro, J.C., Mcevoy, L.A., Bell, M.V., Amat, F., Hontoria, F., Sargent, J.R., (1995). Effect of dietary lipids on the lipid composition of fish larval eyes, in Larvi '95: fish and shellfish larviculture symposium (Lavens, P., Jaspers, E., Roelants, I., eds), *European Aquaculture Society, special publication*, 24:196-199.
- Navarro, J.C., L.A. McEvoy, M.V. Bell, F. Amat, F. Hontoria, and J.R. Sargent, (1997). Effect of different dietary levels of docosahexanoic acid (DHA, 22:6w-3) on the DHA composition of lipid classes in sea bass larvae eyes. *Aquaculture Int.* 5:509-516.
- Naz, M. (2008). The changes in the biochemical compositions and enzymatic activities of rotifer (*Brachionus plicatilis*, Müller) and Artemia during the enrichment and starvation periods. *Fish Physiol. Biochem.* 34:391-404.
- Nengas, I., M.N. Alexis, and S.J. Davies. (1996). Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream *Sparus aurata L.* *Aquaculture Res.* 27:147-156.
- Nicieza, A.G., y Metcalfe, N.B. (1997). Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology* 78:2385-2400.
- OESA. Fundación Observatorio Español de Acuicultura (2012). Indicadores Acuicultura 2011. Informe (<http://www.fundacionoesa.es/>)
- O'Reilly, K.M. and M.H. Hornm. (2004). Phenotypic variation among populations of *Atherinops affinis* (Atheriopsidae) with insights from a geometric morphometric analysis. *J. Fish Biol.* 64:1117-1135.

- Oikawa, S., Itazawa, Y. and Gotoh, M. (1991). Ontogénic change in the relationship between metabolic rate and body mass in a sea bream *Pagrus major* (Temminck and Schegel). *J. Fish Biol.* 38:483-496.
- Osse, J.W.M., J.G.M. van der Boogart, G.M.J. van Snik, and L. van der Sluys. (1997). Priorities during early growth of fish larvae. *Aquaculture* 155:249-258.
- Padrós, F., Crespo, S., Sala, S., Sánchez, J., Blasco, J., Fernández, J., Rotllant, J., y Tort L. (1998). Winter syndrome in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Structural and functional alterations and the influence of stress. Congreso internacional sobre la biología de los peces. Baltimore, MD.
- Palma, J. and J.P. Andrade. 2002. Morphological study of *Diplodus sargus*, *Diplodus puntazzo*, and *Lithognathus mormyrus* (Sparidae) in the Eastern Atlantic and Mediterranean Sea. *Fisheries Res.* 57:1-8.
- Palma, J., J.P. Andrade, M. Paspatis, P. Divanach, and M. Kentouri. (1998). Morphometric characters in gilthead sea bream, *Sparus aurata*, red porgy, *Pagrus pagrus* and their hybrids (Sparidae). *Italian J. Zool.* 65(suppl.):435-439.
- Paperna, L. (1918). Swimbladder and skeletal deformations in hatchery bred *Sparus aurata*. *J. Fish Biol.* 12:109-114
- Partington, J.D. (1989). A method to allow the production of phylogenetic trees from morphometric data. *Journal of Fish Biology* 34:643-644.
- Pascual, E., Yuferá, M. y Polo, A. (1989). Efecto del fotoperiodo sobre la puesta de dorada, *Sparus aurata*. *Acuicultura Intermareal*. M. Yúfera (Ed.) Inst.Cien.Mar.Andalucía, Cádiz: 237- 242.
- Paul, A.J., J.M. Paul, and R.L. Smith. (1995). Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *J. Fish Biol.* 46:442-448.
- Pedersen, T., y Jobling, M. (1989). Growth rates of large, sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. *Aquaculture* 81:161-168.
- Persson, L. and A.M. De Ross. (2006). Food-dependent individual growth and population dynamics in fishes. *J. Fish Biol.* 69(suppl.):1-20.
- Peruzzi, S., B. Chatain, E. Saillant, P. Haffray, B. Menu, and J.C. Falguière. (2004). Production of meiotic gynogenetic and triploid sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. 1. Performances, maturation and carcass quality. *Aquaculture* 230:41-64.
- Petrell, R.J. and K.P. Ang. (1997). Control of feed dispensation in seacages using underwater video monitoring: effects on growth and food conversion. *Aquacultural Engineering* 16:45-62.
- Petridis, D. and I. Rogdakis. (1996). The development of growth and feeding equations for sea bream, *Sparus aurata* L., culture. *Aquaculture Res.* 27:413-419.

- Pérez-Sánchez, J., Smal, J., y Le Bail, P.-Y. (1991). Location and characterization of growth hormone binding sites in the central nervous system of a teleost fish (*Oncorhynchus mykiss*). *Growth Regulation* 1:145-152.
- Pérez-Sánchez, J., C. Weil, and P.-Y. Le Bail. (1992). Effects of Human Insulin-like Growth factor-I on Release of growth Hormone by Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Pituitary Cells. *J. Exp. Zool.* 262: 287-290.
- Pérez-Sánchez, J., Martí-Palanca, H., y Le Bail, P.-Y. (1994a). Homologous growth hormone (GH) binding in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Effect of fasting and refeeding on hepatic GH-binding and plasma somatomedin-like immunoreactivity. *J. Fish Biol.* 44:287-301.
- Pérez-Sánchez, J. (2000). The involvement of growth hormone in growth regulation, energy homeostasis and immune function in the gilthead sea bream (*Sparus aurata*): a short review. *Fish Physiol. Biochem.* 22:135-144.
- Pérez-Sánchez, J., Costell, E., Mingarro, M., Carbonell, I., Vega-Rubín de Celis, S., Calduch-Giner, J.A., Orlando, M.L., Rielo, J.A., Pujalte, M.J., Garay, E., Sitjá-Bobadilla, A., Álvarez-Pellitero, P., Izquierdo, L., y Durán, L. (2002). Estrategias de alimentación y cultivo de la dorada. Estado patológico y control de la calidad sensorial. Eds.: Pérez-Sánchez, J., y Costell, E. Madrid.
- Pérez-Sánchez, J. and Le Bail, P.Y. (1999). Growth hormone axis as marker of nutritional status and growth performance in fish. *Aquaculture* 177:117-128.
- Pérez-Sánchez, J., H. Martí-Palanca, and P.Y. Le Bail. (1994). Homologous growth hormone (GH) binding in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Effect of fasting and refeeding on hepatic GH-binding and plasma somatomedin-like immunoreactivity. *J. Fish Biol.* 44:287-301.
- Pérez-Sánchez, J., H. Martí-Palanca, and S.J. Kaushik. (1995). Ration Size and Protein Intake Affect Circulating Growth Hormone Concentration, Hepatic Growth Hormone Concentration, Hepatic Growth Hormone Concentration, Hepatic Growth Hormone binding and Plasma Insuline-Like Growth Factor-I Immunoreactivity in a Marine Teleost, the Guilthead Sea Bream (*Sparus aurata*). *Am. Inst. Nutrition* 125:546-552.
- Pérez-Sánchez, J. and H. Martí-Palanca. (1994). Seasonal changes in circulating growth hormone (GH), hepatic GH-binding and plasma insulin-like growth- factor-I immunoreactivity in a marine fish, gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Fish Physiol. Biochem.* 13:199-208.
- Pérez-Sánchez, J., Calduch-Giner, J.A., Mingarro, M., Vega-Rubín de Celis, V., Gómez-Requeni, P., Saera-Vila, A., Astola, A., y Valdivia, M.M. (2004). Overview of fish growth hormone family. New insights in genomic organization and heterogeneity of growth hormone receptors. *Fish Physiol. Biochem.* 27:243-258.
- Peyon, P., Vega-Rubín de Celis, S., Gómez-Requeni, P., Zanuy, S., Pérez-Sánchez, J., y Carrillo, M. (2003). *In vitro* effect of leptin on somatolactin release in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): dependence on the reproductive status and interaction with NPY and GnRH. *Gen. Comp. Endocrinol.* 132:284-292.
- Pimentel, D. and M. Pimentel, (1979). Food, energy and society. *Resource and environment sciences series. Edward Arnold (Publishers), Ltd., London, UK.*

- Pinillos, M.L., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A.L., Alonso-Bedate, M., y Delgado, M.J. 2001. Food intake inhibition by melatonin in goldfish (*Carassius auratus*). *Physiol. Behav.* 72:629-634.
- Pirhonen, J. and L. Forsman. (1998). Effect of prolonged feed restriction on size variation, feed consumption, body composition, growth and smolting of brown trout, *Salmo trutta*. *Aquaculture* 162: 203-217.
- Pirhonen, J., y Forsman, L. (1999). Can smolting and maturation of hatchery reared brown trout *Salmo trutta* L. be affected by food deprivation during the first and second years of rearing? *Aquac. Res.* 30:611-620.
- Pitt, R., O. Tsur, and H. Gordin. (1997). Cage culture of *Sparus aurata*. *Aquaculture* 11:285-296.
- Polo, A., M. Yúfera, and E. Pascual. (1992). Feeding and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae in relation to the size of the rotifer strain used as food. *Aquaculture* 103:45-54.
- Pousão-Ferreira, P., Morais, S., Dores, E., Narciso, L., (1999). Eggs of gilthead seabream *Sparus aurata* L. as a potential enrichment product of *Brachionus* sp. in the larval rearing of gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture Res.* 30:751-758.
- Prajneshu and R. Venugopalan. (1999). Von Bertalanffy growth model in a random environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56:1026-1030.
- Quinton, J.C., y Blake, R.W. (1990). The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *J. Fish Biol.* 37:33-41.
- Rajaram, S., D.J. Baylink, and S. Mohan. (1997). Insulin-Like Growth Factor-Binding Proteins in serum and other biological fluids: regulation and functions. *Endocrine Reviews* 18:801-831.
- Ramos, J. and K. Kobayashi. (1981). Influencia de la alimentación en el crecimiento de los alevines de dorada (*Sparus aurata* L.). *Informes Técnicos del Instituto de Investigaciones Pesqueras* 82:1-15.
- Raven, J.A. (1983). Limits to Growth. *In Anonymous*
- Richards, R.A. and C. Esteves. (1997). Stock-specific variation in scale morphology of Atlantic Striped Bass. *Transactions Am. Fisheries Soc.* 126:908-918.
- Rielo Zurita, J.A. y Pérez Sánchez, J. (2008) Dispositivo de análisis morfométrico de imágenes para desarrollar estrategias de alimentación en acuicultura.. Oficina Española de Patentes y Marcas. ES 2289940.
- Rohlf, F.J. (1998). On Applications of geometric Morphometrics to Studies of Ontogeny and Phylogeny. *Sysematic.Biol.* 47:147-158.
- Rohlf, F.J. (1991). Relative warp analysis and an example of its application to mosquito wings. *Anales del Museo de Ciencias Naturales de Madrid* 8:131-159.



- Rohlf, F. J. (2000). TpsRegr, version 1.26. Software, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.
- Rohlf, F. J. (2003a). TpsDig, version 1.39. Software, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.
- Rohlf, F. J. (2003b). TpsRelw, version 1.35. Software, Department of Ecology and Evolution, State University of New York, Stony Brook, NY 11794-5245.
- Rohlf, F. J. & Bookstein, F. L. (2003). Computing the uniform component of shape variation. *Systematic Biol.* 52:66-69.
- Rowlerson, A., Mascarello, F., Radaelli, G., y Veggetti, A. (1995). Differentiation and growth of muscle in the fish *Sparus aurata* L.: II Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle from hatching to adult. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 16:223-236.
- Rowlerson A, Radaelli G, Mascarello F, Veggetti A. (1997). Re-generation of skeletal muscle in two teleost fish: *Sparus aurata* and *Brachydanio rerio*. *Cell Tissue Res.* 289:311-322.
- Rowley, A.F., Knight, J., Lloyd-Evans, P., Holland, J.W., y Vickers, P.J. (1995). Eicosanoids and their role in immune modulation in fish – a brief overview. *Fish Shellfish Immunol.* 5:549-567.
- Rueda, F.M., F.J. Martinez, S. Zamora, M. Kentouri, and P. Divanach. (1998). Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research* 29:447-452.
- Russell, N.R., J.D. Fish, and R.J. Wooton. (1996). Feeding and growth of juvenile sea bass: the effects of ration and temperature on growth efficiency. *Journal of Fish Biology* 49:206-220.
- Saillant, E., A. Fostier, B. Menu, P. Haffray, and B. Chatain. (2001). Sexual growth dimorphism in sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 202:371-387.
- Sakamoto, T., B.S. Shepherd, S.S. Madsen, E.G. Grau, and R.S. Nishioka. (1997). Osmoregulatory Actions of Growth Hormone and Prolactin in an Advanced Teleost. *Gen.Comp.Endocrinol.* 106:95-101.
- Sampson, P.D. and A.F. Siegel. (1985). The Measure of Size Independent of Shape for Multivariate Lognormal Populations. *J. Am. Statistical Assoc.* 80:910-914.
- Sánchez-Molero Fernández, J. y Baviera Puig, B. (2005). Tecnologías del Mar. Acuicultura Marina. Ed. AINIA y la fundación OPTI y la Xunta de Galicia
- Sänger, A.M., y Stoiber, W. (2001) Muscle fiber diversity and plasticity. En: Muscle development and growth. Ed: Johnston, I.A. New York, USA.
- Santinha, P.J.M., Médale, F., Corraze, G. y Gomes, E.F.S. (1999). Effects of the dietary protein/lipid ratio on growth and nutrients utilization in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquacult. Nutr.* 5:147-156.

- Sarà, M., E. Favarolo, and A. Mazzola. (1999). Comparative morphometrics of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo* Cetti, 1777), reared in different conditions. *Aquaculture Engineering* 19:195-209.
- Sarasquete, M. C., Polo, A. y Yúfera, M., (1995). Histology and histochemistry of the development of the digestive system of larval gilthead seabream, *Sparus aurata* L. *Aquaculture*. 130:79-92.
- Sartore, S., Gorza, L., y Schiaffino, S. (1982). Fetal myosin heavy chains in regenerating muscle. *Nature* 298:294-296.
- Schultz, E. (1996). Satellite cell proliferative compartments in growing skeletal muscle. *Dev. Biol.* 175:84-94.
- Sfakianakis, D.G., E. Georgakopoulou, M. Kentouri, and G. Koumoundouros. (2006). Geometric quantification of lordosis effects on body shape in european sea bass, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture* 256:27-33.
- Sheridan, M.A. (1988). Lipid dynamics in fish: Aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochem. Physiol. B* 90:679-690.
- Sheridan, M.M. (1994). Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. *Comp. Biochem. Physiol. B* 107:495-508.
- Silva, A. (2003). Morphometric variation among sardine (*Sardina pilchardus*) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean. *J. Marine Sciences* 60:1352-1360.
- Silver G.R., Higgs D.A., Dosanjh B.S., Mc Keown B.A., Daecon G., French D., (1991). Effect of dietary protein to lipid ratio on growth and chemical composition of chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* in sea water. In: Kaushik S.J., Luquet P. (eds.) *Fish Nutrition in Practice*. INRA, France: 459-468.
- Silverstein, J.T., y Plisetskaya, E.M. (2000). The effects of NPY and insulin on food intake regulation in fish. *Amer. Zool.* 40:296-308.
- Sitjá-Bobadilla, A., y Pérez-Sánchez, J. (1999). Diet related changes in nonspecific immune response of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Fish Shellfish Immunol.* 9:637-640.
- Slice, D. E., Bookatein, F. L., Marcus, L. F. & Rohlf, F. J. (1996) Glossary for geometric morphometrics. Available on: <http://life.bio.sunysb.edu/morph> (accessed 25 April 2002).
- Soares, F., Dinis, M.T. y Pousão-Ferreira, P. (1994). Development of the swim bladder of cultured *Sparus aurata* L.: a histological study. *Aquaculture Fisheries Management* 25:849-854
- Sokal, R.R., y Rohlf, F.J. (1981). *Biometry*. Ed: Freeman W.H. New York, USA.

- Somers, K.M. (1986). Multivariate Allometry and removal of Size with Principal Components Analysis. *Syst. Zool.* 35:359-368.
- Springborn, R.R., Jensen, A.L., Chang, W.Y.B. (1994). A variable growth rate modification of von Bertalanffy's equation for aquaculture. *Aquaculture Fisheries Management* 25:259-267.
- Sternberg, H. and B. Moav. (1999). Regulation of the growth hormone gene by fish thyroid/retinoid receptors. *Fish Physiology and Biochemistry* 20:331-339.
- Stickland, N.C., R.N. White, P.E. Mescall, A.R. Crook, and J.E. Thorpe. (1988). The effect of temperature on myogenesis in embryonic development of the Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). *Anat. Embryol.* 178:253-257.
- Stoiber, W., J.R. Haslett, and A.M. Sanger. (1999). Myogenic patterns in teleost: what does the present evidence really suggest? *J. Fish Biol.* 55(sA):84-99.
- Strauss, R.E. (1987). On Allometry and Relative Growth in Evolutionary Studies. *Syst.Zool.* 36:72-75.
- Strauss, R.E. and F.L. Bookstein. (1982). The Truss: Body form reconstructions in Morphometrics. *Syst. Zool.* 31:113-135.
- Sumer, S., V. Kovac, M. Povz, and M. Slatner. (2005). External morphology of a Slovenian population of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (L.) from a habitat with extreme thermal conditions. *J. App. Ichthyol.* 21:306-311.
- Suau, P. and López, J. (1976). Contribución al estudio de la biología de la dorada, *Sparus auratus* L. *Invest. Pesq.* 40:169-200.
- Summers, J.D., Spratt, D., y Atkinson, J.L. (1990). Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Science* 69:1855-1861.
- Sundberg. (1989). Shape and Size-Constrained Principal Components Analysis. *Syst. Zool.* 38:166-168.
- Szumiec, M.A. and A. Maliczak. (1995). Validation of a model of 2-year-old carp growth. *Aquaculture* 129:337-340.
- Takama, K., Suzuki, T., Yoshida, K., Arai, H., y Anma, H. (1994). Lipid content and fatty acid composition of phospholipids in white-flesh fish species. *Fish. Sci.* 60:177-184.
- Tandler, A., M. Har'el, M. Wilks, A. Levinson, L. Brickell, S. Christie, and E. Avital. (1989). Effect of Environmental Temperature on Survival Growth and Population Structure in the Mass Rearing of The gilthead Seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture* 78:277-284.
- Tandler, A., B.A. Berg, G.W. Kissil, and A.M. Mackie. (1982). Effects of food attractants on appetite and growth rate of gilthead bream, *Sparus aurata* L. *J. Fish Biol.* 20:673-681.

- Tandler, A., F.A. Anav, and I. Choshniak. (1995). The effect of salinity on growth rate, survival and swimbladder inflation in gilthead sea bream, *Sparus aurata*, larvae. *Aquaculture* 135:343-353.
- Tseng, M. & Rowe, L. (1999). Sexual dimorphism and allometry in the giant water strider *Gigantometra gigas*. *Canadian J. Zool.* 77:923-929.
- Tibaldi, E., Beraldo, P., Volpelli, L.A and Pinosa M. (1996). Growth response of juvenile dentex (*Dentex dentex* L.) to varying protein level and protein to lipid ratio in practical diets. *Aquaculture* 139:91-99.
- Tissot, B.N. (1988). Geographic variation and Hetrochrony in Two Species of Cowries (*Genus cypraea*). *Evolution* 42:103-117.
- Tort, L., Padrós, F., Rotllant, J., y Crespo, S. (1998). Winter syndrome in the gilthead sea bream *Sparus aurata*. Immunological and histopathological features. *Fish Shellfish Immunol.* 8:37-47.
- Tort, L., Rotllant, J. y Rovira, L. (1998). Immunological suppression in gilthead sea bream *Sparus aurata* of the north-west Mediterranean at low temperatures. *Comp. Biochem. Physiol. A* 120:175-179.
- TPSdig, TPSrelw y TPSreg: Programas de Morfometría geométrica que se pueden descargar "libres" de la "red" en el portal de la Universidad de Stony Brooks, <http://life.bio.sunysb.edu/morph>
- Treasurer J. (1992). Vertebral anomalies associated with *Myxobolus* sp. in perch *Perca fluviatilis* L., in a Scottish loch. *Bul. Europ. Assoc. Fish Pathologists* 12:61-63.
- Valente, L.M.P., E.F.S. Gomes, and B. Fauconneau. (1998). Biochemical growth characterization of fast and slow-growing rainbow trout strains: effects of cell proliferation and size. *Fish Physiol. Biochem.* 18:213-224.
- Valente, L.M.P., E. Rocha, E.F.S. Gomes, M.W. Silva, M.H. Oliveira, R.A.F. Monteiro, and B. Fauconneaus. (1999). Growth dynamics of white and red muscle fibers in fast and slow growing strains of rainbow trout. *J. Fish Biol.* 55:675-691.
- van der Have, T.M., y de Jong, G. (1996). Adult size in ectotherms: temperature effects on growth and differentiation. *J. Theor. Biol.* 183:329-340.
- van der Meer, M.B., M.A.M. Machiel, and M.C.J. Verdegem. 1995. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). *Aquaculture Res.* 26: 901-909.
- van Muiswinkel, W.B., Lamers, C.H., y Roumbout, J.H.W.M. (1991). Structural and functional aspects of the spleen in bony fish. *Res. Immunol.* 142:362-366.
- Veggetti, A., F. Mascarello, P.A. Scapolo, and A. Rowlerson. (1990). Hyperplastic and hypertrophic growth of lateral muscle in *Dicentrarchus labrax* (L.). *Anat. Embryol.* 182:1-10.

- Vergara, J.M., L. Robainà, M. Izquierdo, and M. De La Higuera. (1996). Protein sparing effects of lipids in diets for fingerlings of gilthead sea bream. *Fisheries Sci.* 62:624-628.
- Vergara, J.M., H. Fernández-Palacios, L. Robainà, K. Jauncey, M. De La Higuera, and M. Izquierdo. (1996). The Effects of Varying Dietary Protein Level on the Growth, Feed Efficiency, Protein Utilization and Body Composition of Gilthead Sea Bream Fry. *Fisheries Sci.* 62:620-623.
- Volkoff, H., y Peter, R.E. (2001). Characterization of two forms of cocaine and amphetamine-regulated transcript (CART) peptide precursors in goldfish: molecular cloning and distribution, modulation of expression by nutritional status, and interactions with leptin. *Endocrinology* 142:5076-5088.
- Waldman, J.R., R.A. Richards, W.B. Schill, I. Wirgin, and M.C. Fabrizio. (1997). An empirical comparison of stock identification techniques applied to striped bass. *Transact. Am. Fisheries Soc.* 126:369-385.
- Wang, S.Y., J.L. Lum, M.G. Carls, and S.D. Rice. (1993). Relationship between growth and total nucleic acids in juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, fed crude oil contaminated food. *Canadian J. Fisheries Aquatic Sci.* 50:996-1001.
- Wajsbrodt, N.; Gasith, A.; Krom, M.D. and Popper, D.M. (1991). Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* under reduced oxygen levels. *Aquaculture* 92:277-288.
- Wajsbrodt, N.; Gasith, A; Krom, M. D.; Popper, D.M. (1993). Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopathological effects. *J. Fish Biol.* 42:321-328.
- Watanabe, T. y Takashima, F. (1977). Effect of alpha-tocopherol deficiency on carp. Deficiency symptoms and changes of fatty acid and triglyceride distributions in adult carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43:819-830.
- Weatherley, A.H., H.S. Gill, and S.C. Rogers. (1979). Growth dynamics of muscle fibers, dry weight, and condition in relation to somatic growth rate in yearling rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Can. J. Zool.* 57: 2385-2392.
- Weatherley, A.H. and H.S. Gill. (1982). Influence of bovine growth hormone on the growth dynamics of mosaic muscle in relation to somatic growth of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol.* 20:165-172.
- Weatherley, A.H., H.S. Gill, and A.F. Lobo. (1988). Recruitment and maximal diameter of axial muscle fibres in teleost and their relationship to somatic growth and ultimate size. *J. Fish Biol.* 33:851-859.
- Wahli, T., Frischknecht, R., Sschmitt, M., y Gabaudan, J. (1995). A comparison of the effect of silicone coated ascorbic acid and ascorbyl phosphate on the course of ichthyophthiriosis in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *J. Fish Dis.* 18:347-355.
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J. and Tortonese, E. (Editors) 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and Mediterranean. Paris. UNESCO.

- Wong, A.O.L., S. Ng, E.K.Y. Lee, R.C.Y. Leung, and W.K.K. Ho. (1997). Somatostatin inhibits (D-Arg, Pro-Net) salmon gonadotropin-releasing hormone and dopamine D1-stimulated growth hormone release from perfused pituitary cells of chinese grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Gen.Comp.Endocrinol.* 110:29-45.
- Yúfera, M., C. Fernández Díaz, and E. Pascual. (1995). Feeding rates of gilthead seabream (*Sparus aurata*), larvae on microcapsules. *Aquaculture* 134:257-268.
- Yúfera, M. (1982). Morphometric characterization of a small-sized strain of *Brachionus plicatilis* in culture. *Aquaculture* 27:55-61.
- Zhang, J., E. Whitehead, and L.E. Underwood. (1997). Effects of fasting on insulin-like growth factor (IGF)-IA and IGF-IB messenger ribonucleic acids and prehormones in rat liver. *Endocrinology* 138:3112-3132.
- Zoar Y., Abraham, M.; Gordin, H. (1978). The gonadal cycle of the captivity reared hermaphroditic teleost *Sparus aurata* L. during the first years of life. *Ann.Biol. anim. Bioch. Biophys.*18:877-882.
- Zohar, Y., Harel, M., Hassin, S., y Tandler, A. (1995). Broodstock management and manipulation of spawning in the gilthead sea bream, *Sparus aurata*. En: Broodstock management and egg and larval quality. Eds.: Bromage, N., y Roberts, R.J. London. UK.

**Anexo I. Tablas completas del capítulo V.**





**Tabla 5.5.1.XI. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variables	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entrada	V1x	0'001	2	0'001	34'038	<b>0'000</b>
	V1y	0'000	2	6'63E-005	2'455	0'091
	V2x	0'002	2	0'001	40'974	<b>0'000</b>
	V2y	0'002	2	0'001	24'436	<b>0'000</b>
	V3x	0'006	2	0'003	76'351	<b>0'000</b>
	V3y	9'71E-006	2	4'86E-006	0'208	0'812
	V4x	0'001	2	0'000	11'896	<b>0'000</b>
	V4y	0'001	2	0'000	12'605	<b>0'000</b>
	V5x	0'001	2	0'000	20'608	<b>0'000</b>
	V5y	2'07E-006	2	1'04E-006	0'051	0'950
	V6x	0'001	2	0'001	22'521	<b>0'000</b>
	V6y	0'001	2	0'000	46'367	<b>0'000</b>
	V7x	0'001	2	0'000	20'103	<b>0'000</b>
	V7y	1'09E-005	2	5'44E-006	0'727	0'486
	V8x	0'000	2	5'66E-005	2'930	<b>0'058</b>
	V8y	0'001	2	0'000	29'748	<b>0'000</b>
	V9x	0'019	2	0'009	162'455	<b>0'000</b>
	V9y	0'001	2	0'000	20'025	<b>0'000</b>
	V10y	0'001	2	0'000	9'598	<b>0'000</b>
	V11y	0'000	2	8'29E-005	5'727	<b>0'004</b>
	Cetrsiz	V1x	0'000	1	0'000	18'268
V1y		0'000	1	0'000	8'122	<b>0'005</b>
V2x		6'43E-005	1	6'43E-005	2'419	0'123
V2y		2'87E-006	1	2'87E-006	0'079	0'779

---

V3x	0'000	1	0'000	9'625	<b>0'003</b>
V3y	4'72E-005	1	4'72E-005	2'026	0'158
V4x	7'18E-005	1	7'18E-005	2'296	0'133
V4y	5'40E-006	1	5'40E-006	0'218	0'642
V5x	5'98E-006	1	5'98E-006	0'257	0'613
V5y	1'87E-005	1	1'87E-005	0'925	0'339
V6x	2'84E-007	1	2'84E-007	0'012	0'912
V6y	1'15E-005	1	1'15E-005	1'551	0'216
V7x	1'21E-007	1	1'21E-007	0'006	0'940
V7y	3'02E-005	1	3'02E-005	4'034	<b>0'047</b>
V8x	8'90E-006	1	8'90E-006	0'461	0'499
V8y	2'76E-006	1	2'76E-006	0'179	0'673
V9x	5'23E-005	1	5'23E-005	0'907	0'343
V9y	4'06E-006	1	4'06E-006	0'201	0'655
V10y	8'67E-005	1	8'67E-005	3'282	0'073
V11y	1'25E-006	1	1'25E-006	0'087	0'769

**Tabla 5.8.2.V. Completa. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	d1.4xo	0'348(a)	3	0'116	12'548	0'000
	d4.11xo	0'077(b)	3	0'026	3'478	0'019
	d4.10xo	0'117(c)	3	0'039	3'453	0'020
	d4.5xo	0'149(d)	3	0'050	4'815	0'004
	d4.9xo	1'526(e)	3	0'509	41'647	0'000
	d4.8xo	0'278(f)	3	0'093	9'763	0'000
	d10.9xo	3'638(g)	3	1'213	51'604	0'000
	d5.8xo	0'191(i)	3	0'064	17'549	0'000
	d5.6xo	0'814(j)	3	0'271	26'287	0'000
	d5.7xo	0'134(k)	3	0'045	8'446	0'000
	d8.7xo	0'292(l)	3	0'097	11'942	0'000
	d6.7xo	0'048(m)	3	0'016	9'064	0'000
	d6.2xo	0'522(n)	3	0'174	30'578	0'000
	d7.2xo	0'213(o)	3	0'071	12'256	0'000
	entrada	d1.4xo	0'348	2	0'174	18'818
d4.11xo		0'069	2	0'035	4'688	<b>0'011</b>
d4.10xo		0'117	2	0'058	5'162	<b>0'007</b>
d4.5xo		0'099	2	0'049	4'805	<b>'010</b>
d4.9xo		1'520	2	0'760	62'211	<b>0'000</b>
d4.8xo		0'222	2	0'111	11'723	<b>0'000</b>
d10.9xo		3'636	2	1'818	77'361	<b>0'000</b>
d5.8xo		0'133	2	0'066	18'313	<b>0'000</b>
d5.6xo		0'809	2	0'404	39'166	<b>0'000</b>
d5.7xo		0'098	2	0'049	9'266	<b>0'000</b>
d8.7xo		0'276	2	0'138	16'896	<b>0'000</b>

---

	d6.7xo	0'045	2	0'023	12'824	<b>0'000</b>
	d6.2xo	0'518	2	0'259	45'528	<b>0'000</b>
	d7.2xo	0'207	2	0'104	17'880	<b>0'000</b>
Tamaño	d1.4xo	0'081	1	0'081	8'781	<b>0'004</b>
	d4.11xo	0'044	1	0'044	5'950	<b>0'017</b>
	d4.10xo	0'007	1	0'007	0'631	0'429
	d4.5xo	0'005	1	0'005	0'500	0'481
	d4.9xo	0'008	1	0'008	0'616	0'435
	d4.8xo	0'018	1	0'018	1'921	0'169
	d10.9xo	0'008	1	0'008	0'338	0'562
	d5.8xo	0'007	1	0'007	1'943	0'167
	d5.6xo	0'002	1	0'002	0'152	0'698
	d5.7xo	0'003	1	0'003	0'534	0'467
	d8.7xo	0'013	1	0'013	1'583	0'211
	d6.7xo	7'53E-005	1	7'53E-005	0'043	0'837
	d6.2xo	0'010	1	0'010	1'807	0'182
	d7.2xo	0'006	1	0'006	0'968	0'328

---

**Tabla 5.8.2.V. Completa. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

	Variable	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significaci ón
entrada	eps1.4	0'020	2	0'010	18'827	0'000
	epsi4.11	0'005	2	0'002	4'703	0'011
	epsi4.10	0'007	2	0'004	5'186	0'007
	epsi4.5	0'003	2	0'002	4'835	0'010
	epsi4.9	0'056	2	0'028	60'532	0'000
	epsi4.8	0'006	2	0'003	11'735	0'000
	epsi5.8	0'060	2	0'030	18'520	0'000
	epsi5.6	0'678	2	0'339	34'006	0'000
	epsi5.7	0'039	2	0'020	9'544	0'000
	epsi8.7	0'241	2	0'120	15'940	0'000
	epsi6.7	0'045	2	0'023	13'046	0'000
	epsi6.2	0'358	2	0'179	47'851	0'000
	epsi7.2	0'134	2	0'067	18'861	0'000
	cetrsize	<b>eps1.4</b>	0'005	1	0'005	9'136
<b>epsi4.11</b>		0'003	1	0'003	5'955	<b>0'017</b>
epsi4.10		0'000	1	0'000	0'644	0'424
epsi4.5		0'000	1	0'000	0'503	0'480
epsi4.9		0'000	1	0'000	0'573	0'451
epsi4.8		0'000	1	0'000	1'931	0'168
epsi5.8		0'003	1	0'003	1'923	0'169
epsi5.6		0'001	1	0'001	0'147	0'703
epsi5.7		0'001	1	0'001	0'509	0'477
epsi8.7		0'011	1	0'011	1'511	0'222
epsi6.7	5'27E-005	1	5'27E-005	0'030	0'862	

---

epsi6.2	0'007	1	0'007	1'981	0'163
epsi7.2	0'003	1	0'003	0'864	0'355

---

**Tabla 5.8.3.VII Completa. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	S.C.	gl	M. C.	F	Sig.
Modelo corregido	d4.11xo	5'541(a)	3	1'847	36'096	0'000
	d11.10xo	7'823(b)	3	2'608	39'357	0'000
	d4.5xo	0'490(c)	3	0'163	2'598	0'053
	d4.9xo	2'766(d)	3	0'922	11'568	0'000
	d4.8xo	1'890(e)	3	0'630	10'846	0'000
	d10.9xo	0'739(f)	3	0'246	3'397	0'019
	d5.10xo	3'587(g)	3	1'196	17'065	0'000
	d5.9xo	2'364(h)	3	0'788	21'099	0'000
	d5.8xo	1'286(i)	3	0'429	18'960	0'000
	d5.6xo	1'442(j)	3	0'481	12'024	0'000
	d5.7xo	1'067(k)	3	0'356	11'371	0'000
	d8.7xo	0'149(l)	3	0'050	1'603	0'189
	Intersección	d4.11xo	32'226	1	32'226	629'836
d11.10xo		5'878	1	5'878	88'716	0'000
d4.5xo		61'893	1	61'893	984'862	0'000
d4.9xo		61'885	1	61'885	776'559	0'000
d4.8xo		77'752	1	77'752	1338'346	0'000
d10.9xo		16'729	1	16'729	230'823	0'000
d5.10xo		62'599	1	62'599	893'460	0'000
d5.9xo		23'872	1	23'872	639'053	0'000
d5.8xo		6'118	1	6'118	270'533	0'000
d5.6xo		1'337	1	1'337	33'448	0'000
d5.7xo		4'599	1	4'599	146'995	0'000
d8.7xo		1'508	1	1'508	48'577	0'000

Entrada	d4.11xo	4'877	2	2'438	47'656	0'000	
	d11.10xo	6'350	2	3'175	47'918	0'000	
	d4.5xo	0'490	2	'245	3'896	0'022	
	d4.9xo	2'765	2	1'383	17'351	0'000	
	d4.8xo	1'849	2	'924	15'910	0'000	
	d10.9xo	0'492	2	'246	3'392	0'035	
	d5.10xo	3'130	2	1'565	22'339	0'000	
	d5.9xo	2'362	2	1'181	31'616	0'000	
	d5.8xo	1'257	2	0'628	27'784	0'000	
	d5.6xo	0'957	2	0'479	11'977	0'000	
	d5.7xo	0'840	2	0'420	13'431	0'000	
	d8.7xo	0'146	2	0'073	2'359	0'097	
	TCentroide	d4.11xo	0'127	1	0'127	2'481	0'117
		d11.10xo	0'003	1	0'003	'051	0'822
d4.5xo		0'116	1	0'116	1'851	0'175	
d4.9xo		0'639	1	0'639	8'022	0'005	
d4.8xo		0'242	1	0'242	4'161	0'043	
d10.9xo		0'072	1	0'072	0'987	0'321	
d5.10xo		9'91E-005	1	9'91E-005	0'001	0'970	
d5.9xo		0'316	1	0'316	8'463	0'004	
d5.8xo		0'150	1	0'150	6'614	0'011	
d5.6xo		0'021	1	0'021	0'513	0'475	
d5.7xo		0'002	1	0'002	0'066	0'798	
d8.7xo		0'011	1	0'011	0'341	0'560	
Error		d4.11xo	11'717	229	0'051		
		d11.10xo	15'174	229	0'066		
	d4.5xo	14'391	229	0'063			



---

	d4.9xo	18'249	229	0'080
	d4.8xo	13'304	229	0'058
	d10.9xo	16'596	229	0'072
	d5.10xo	16'045	229	0'070
	d5.9xo	8'554	229	0'037
	d5.8xo	5'179	229	0'023
	d5.6xo	9'154	229	0'040
	d5.7xo	7'164	229	0'031
	d8.7xo	7'109	229	0'031
Total	d4.11xo	17258'965	233	
	d11.10xo	3763'736	233	
	d4.5xo	34520'444	233	
	d4.9xo	30446'655	233	
	d4.8xo	42240'962	233	
	d10.9xo	11585'912	233	
	d5.10xo	38258'877	233	
	d5.9xo	11407'048	233	
	d5.8xo	2659'334	233	
	d5.6xo	1036'857	233	
	d5.7xo	2689'993	233	
	d8.7xo	1087'058	233	
Total corregida	d4.11xo	17'257	232	
	d11.10xo	22'997	232	
	d4.5xo	14'881	232	
	d4.9xo	21'015	232	
	d4.8xo	15'194	232	
	d10.9xo	17'335	232	

---

---

d5.10xo	19'632	232
d5.9xo	10'919	232
d5.8xo	6'465	232
d5.6xo	10'596	232
d5.7xo	8'231	232
d8.7xo	7'258	232

---

**Tabla 5.8.3.XVII.Completa. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	epsi1.4	0'051(a)	3	0'017	21'743	0'000
	epsi4.11	0'074(b)	3	0'025	36'283	0'000
	epsi4.5	0'003(c)	3	0'001	2'660	0'049
	epsi4.9	0'021(d)	3	0'007	11'566	0'000
	epsi4.8	0'011(e)	3	0'004	10'780	0'000
	epsi10.9	0'015(f)	3	0'005	3'473	0'017
	epsi5.10	0'022(g)	3	0'007	16'577	0'000
	epsi5.9	0'048(h)	3	0'016	21'069	0'000
	epsi5.8	0'112(i)	3	0'037	18'785	0'000
	epsi5.6	0'333(j)	3	0'111	11'937	0'000
	epsi5.7	0'094(k)	3	0'031	11'633	0'000
	epsi8.7	0'032(l)	3	0'011	1'584	0'194
	Intersección	epsi1.4	0'000	1	0'000	0'144
epsi4.11		0'002	1	0'002	2'684	0'103
epsi4.5		0'001	1	0'001	2'385	0'124
epsi4.9		0'005	1	0'005	8'816	0'003
epsi4.8		0'002	1	0'002	4'776	0'030
epsi10.9		0'001	1	0'001	0'675	0'412
epsi5.10		6'94E-005	1	6'94E-005	0'160	'689
epsi5.9		0'008	1	0'008	10'053	0'002
epsi5.8		0'015	1	0'015	7'524	0'007
epsi5.6		0'006	1	0'006	0'612	0'435
epsi5.7		0'000	1	0'000	0'099	0'754
epsi8.7		0'003	1	0'003	0'386	0'535

Entrada	epsi1.4	0'041	2	0'020	26'041	0'000
	epsi4.11	0'066	2	0'033	047'957	0'000
	epsi4.5	0'003	2	0'002	3'986	0'020
	epsi4.9	0'021	2	0'011	17'349	0'000
	epsi4.8	0'010	2	0'005	15'838	0'000
	epsi10.9	0'010	2	0'005	3'466	0'033
	epsi5.10	0'019	2	0'010	22'106	0'000
	epsi5.9	0'048	2	0'024	31'563	0'000
	epsi5.8	0'110	2	0'055	27'528	0'000
	epsi5.6	0'220	2	0'110	11'803	0'000
	epsi5.7	0'074	2	0'037	13'718	0'000
	epsi8.7	0'032	2	0'016	2'345	0'098
	TCentroide	epsi1.4	0'000	1	0'000	0'226
epsi4.11		0'002	1	0'002	2'577	0'110
epsi4.5		0'001	1	0'001	1'929	0'166
epsi4.9		0'005	1	0'005	8'112	0'005
epsi4.8		0'001	1	0'001	4'247	0'040
epsi10.9		0'001	1	0'001	0'967	0'327
epsi5.10		6'89E-006	1	6'89E-006	0'016	0'900
epsi5.9		0'007	1	0'007	8'635	0'004
epsi5.8		0'013	1	0'013	6'522	0'011
epsi5.6		0'005	1	0'005	0'579	0'447
epsi5.7		0'000	1	0'000	0'062	0'804
epsi8.7		0'003	1	0'003	0'393	0'531
Error		epsi1.4	0'178	229	0'001	
	epsi4.11	0'157	229	0'001		
	epsi4.5	0'098	229	0'000		

---

	epsi4.9	0'141	229	0'001
	epsi4.8	0'074	229	0'000
	epsi10.9	0'334	229	0'001
	epsi5.10	0'099	229	0'000
	epsi5.9	0'175	229	0'001
	epsi5.8	0'457	229	0'002
	epsi5.6	2'133	229	0'009
	epsi5.7	0'620	229	0'003
	epsi8.7	1'550	229	0'007
Total	epsi1.4	0'234	233	
	epsi4.11	0'232	233	
	epsi4.5	0'108	233	
	epsi4.9	0'168	233	
	epsi4.8	0'088	233	
	epsi10.9	0'373	233	
	epsi5.10	0'141	233	
	epsi5.9	0'250	233	
	epsi5.8	0'614	233	
	epsi5.6	2'471	233	
	epsi5.7	0'720	233	
	epsi8.7	1'583	233	
Total corregida	epsi1.4	0'229	232	
	epsi4.11	0'231	232	
	epsi4.5	0'101	232	
	epsi4.9	0'162	232	
	epsi4.8	0'085	232	
	epsi10.9	0'349	232	

---

---

epsi5.10	0'121	232
epsi5.9	0'223	232
epsi5.8	0'570	232
epsi5.6	2'466	232
epsi5.7	0'714	232
epsi8.7	1'582	232

---

**Tabla 5.8.3. XX. Completa. Pruebas de los efectos inter-sujetos**

Fuente	Variable	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	epsi1.4	0'051(a)	2	0'025	32'611	0'000
	epsi4.11	0'073(b)	2	0'036	52'774	0'000
	epsi4.5	0'003(c)	2	0'001	3'013	0'051
	epsi10.9	0'014(d)	2	0'007	4'727	0'010
	epsi5.10	0'022(e)	2	0'011	24'964	0'000
	epsi5.6	0'328(f)	2	0'164	17'648	0'000
	epsi5.7	0'094(g)	2	0'047	17'490	0'000
	epsi8.7	0'030(h)	2	0'015	2'185	0'115
Intersección	epsi1.4	0'004	1	0'004	5'549	0'019
	epsi4.11	0'000	1	0'000	0'717	0'398
	epsi4.5	0'006	1	0'006	14'847	0'000
	epsi10.9	0'023	1	0'023	15'745	0'000
	epsi5.10	0'020	1	0'020	45'914	0'000
	epsi5.6	0'003	1	0'003	0'289	0'591
	epsi5.7	0'007	1	0'007	2'696	0'102
	epsi8.7	0'000	1	0'000	0'019	0'891
Entrada	epsi1.4	0'051	2	0'025	32'611	0'000
	epsi4.11	0'073	2	0'036	52'774	0'000
	epsi4.5	0'003	2	0'001	3'013	0'051
	epsi10.9	0'014	2	0'007	4'727	0'010
	epsi5.10	0'022	2	0'011	24'964	0'000
	epsi5.6	0'328	2	0'164	17'648	0'000
	epsi5.7	0'094	2	0'047	17'490	0'000
	epsi8.7	0'030	2	0'015	2'185	0'115

---

Error	epsi1.4	0'178	230	0'001
	epsi4.11	0'158	230	0'001
	epsi4.5	0'099	230	0'000
	epsi10.9	0'335	230	0'001
	epsi5.10	0'099	230	0'000
	epsi5.6	2'138	230	0'009
	epsi5.7	0'620	230	0'003
	epsi8.7	1'553	230	0'007
Total	epsi1.4	0'234	233	
	epsi4.11	0'232	233	
	epsi4.5	0'108	233	
	epsi10.9	0'373	233	
	epsi5.10	0'141	233	
	epsi5.6	2'471	233	
	epsi5.7	0'720	233	
	epsi8.7	1'583	233	
Total corregida	epsi1.4	0'229	232	
	epsi4.11	0'231	232	
	epsi4.5	0'101	232	
	epsi10.9	0'349	232	
	epsi5.10	0'121	232	
	epsi5.6	2'466	232	
	epsi5.7	0'714	232	
	epsi8.7	1'582	232	

---



**Anexo II. PATENTE:  
DISPOSITIVO DE ANALISIS  
MORFOMETRICO DE IMÁGENES PARA  
DESARROLLAR ESTRATEGIAS DE  
ALIMENTACION EN ACUICULTURA**



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



①1 Número de publicación: **2 289 940**

②1 Número de solicitud: 200601932

⑤1 Int. Cl.:

**A01K 61/00** (2006.01)

**G01B 11/04** (2006.01)



①2

PATENTE DE INVENCION

B1

②2 Fecha de presentación: **20.07.2006**

④3 Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2008**

Fecha de la concesión: **24.11.2008**

④5 Fecha de anuncio de la concesión: **16.12.2008**

④5 Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.12.2008**

⑦3 Titular/es:

**Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
c/ Serrano, 117  
28006 Madrid, ES**

⑦2 Inventor/es: **Riello Zurita, Juan Antonio y  
Pérez Sánchez, Jaume**

⑦4 Agente: **No consta**

⑤4 Título: **Dispositivo de análisis morfométrico de imágenes para desarrollar estrategias de alimentación en acuicultura.**

⑤7 Resumen:

Dispositivo de análisis morfométrico de imágenes para desarrollar estrategias de alimentación en acuicultura.

La presente invención es un equipo que permite establecer una estrategia de alimentación en una explotación piscícola gracias a la evaluación de su estado nutricional y a la determinación de su potencial de crecimiento.

Previamente al estudio de una población concreta, el equipo permite desarrollar un modelo de crecimiento de referencia para la especie en cuestión, para lo que el equipo establece relaciones alométricas entre los datos obtenidos de las imágenes, que analiza y procesa mediante técnicas estadísticas de análisis multivariante.

ES 2 289 940 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.



Nº SOLICITUD P200601932  
Nº PUBLICACIÓN 2289940

## TÍTULO DE PATENTE DE INVENCION

Titular/es:

CONSEJO SUPERIOR INVESTIG. CIENTIFICAS

### CONCEDIDA SIN EXAMEN PREVIO DE LA NOVEDAD, ACTIVIDAD INVENTIVA Y LA SUFICIENCIA DE LA DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD DE LA PATENTE

Cumplidos los requisitos previstos en la vigente Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes, se expide el presente TÍTULO, acreditativo de la concesión de la Patente de Invención, conforme con el contenido de la descripción y reivindicaciones adjuntas y con las demás circunstancias de la solicitud. Ha sido tramitada y concedida siguiendo el procedimiento general de concesión, con realización de Informe sobre el Estado de la Técnica y sin examen previo de los requisitos sustantivos de patentabilidad.

Se otorga al titular un derecho de exclusiva en todo el territorio nacional, bajo las condiciones y con las limitaciones previstas en el Título VI de la Ley de Patentes 11/1986. La duración de la patente será de veinte años que se contarán a partir del 20 julio 2006.

La presente patente se concede sin perjuicio de tercero y sin garantía del Estado en cuanto a la validez y a la utilidad del objeto sobre el que recae.

Para mantener en vigor la patente concedida, deberán abonarse las tasas anuales establecidas, que se pagarán por años adelantados. Asimismo, deberá explotarse el objeto de la invención, bien por su titular o por medio de persona autorizada de acuerdo con el sistema de licencias previsto legalmente, dentro del plazo de cuatro años a partir de la fecha de solicitud de la patente, o de tres años desde la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial.

Madrid, 16 diciembre 2008

EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE  
PATENTES E INFORMACIÓN  
TECNOLÓGICA



P.D.: Ana Redondo  
Jefe del Servicio de Actuaciones Administrativas

## ES 2 289 940 B1

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo de análisis morfométrico de imágenes para desarrollar estrategias de alimentación en acuicultura.

5 **Sector de la técnica**

La presente invención se encuadra en el sector de la Zootecnia y en concreto en Acuicultura. Es un dispositivo que, en base a imágenes de peces realizadas mediante cámaras de video o fotografía, permite establecer una estrategia de alimentación en una explotación piscícola.

10 **Estado de la técnica**

Los peces son animales que crecen continuamente a lo largo de su vida, al contrario que los mamíferos que alcanzan su talla máxima en la madurez. El crecimiento de los peces a pesar de ser continuo no se hace siempre al mismo ritmo, siendo la velocidad de crecimiento mayor en su juventud. Además, este crecimiento se realiza a pulsos más o menos discretos. La piscicultura se desarrolla aprovechando precisamente el período de la vida del pez donde el crecimiento es más rápido, en los primeros años de su vida, normalmente en el período juvenil antes de alcanzar la madurez sexual.

Actualmente, el control de la producción en una piscifactoría -en especial en aquellas que se ubican en jaulas flotantes en el mar- se realiza mediante muestreos periódicos de una parte de la población. Esto implica la pesca desde una embarcación para poder realizar el muestreo y obtener datos (peso y longitud) de la población objeto de estudio. En ocasiones, con el fin de minimizar la manipulación, la pesada se realiza en grupos. Tanto uno como otro, tienen el gran inconveniente de someter a toda la población de peces a un stress enorme, lo que implica la pérdida casi segura de un día de alimentación y de un mal aprovechamiento metabólico del alimento durante uno o dos días más, incluso de situar a los animales en estados de debilidad inmunológica lo que les hace, en ese período, más susceptibles de contraer enfermedades de tipo infeccioso.

Otra forma de clasificar los peces por tamaños es hacerlos pasar por ranuras de distintos calibres. Tal es el caso de los aparatos ofrecidos por la empresa FAIVRE.

Más novedoso es el empleo de artilugios de telemetría tipo sonar o video, infrarrojos, células fotoeléctricas para medir los animales, y a partir de regresiones se determina el peso aproximado del individuo.

Algunas patentes (UK Patente application GB 2 2001 772 "An opto-electronic method for determining by length-measurement the quality of cultured fish and a device for implement the method") establecen métodos para determinar la calidad de los peces cultivados mediante medidas indirectas de la longitud utilizando células fotorreceptoras y del estado gonadal mediante ultrasonidos. En estos dispositivos los peces son clasificados cuando pasan por un tubo traslúcido e interrumpen los haces de luz desde una fuente luminosa a una serie de fotodetectores colocados a lo largo del tubo, a la vez que se realiza una ecografía de las gónadas. Estos aparatos están diseñados para trabajar con salmónidos. En el caso de la dorada, no se obtendría información fiable sobre el estado gonadal pues es durante la fase juvenil cuando se comienzan a desarrollar las mismas.

En todos los procedimientos citados anteriormente, los datos obtenidos son valores estáticos que no dan información del potencial de crecimiento o engorde, sólo dan peso y longitud, que no son datos suficientes para determinar dicho potencial. A lo sumo, en individuos obesos, se podrá decir que han comido suficiente. Pero la obesidad puede ser en ocasiones un freno para el crecimiento.

La presente invención es un dispositivo, que además de obtener el peso y tamaño, ofrece información sobre la capacidad de crecimiento y engorde de los peces, permitiendo tomar decisiones sobre la estrategia de alimentación.

50 **Descripción de la invención****Descripción breve**

55 El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo que permite evaluar el estado nutricional de los mismos y su potencial de crecimiento para diseñar una estrategia de alimentación sin necesidad de extraerlo de su hábitat natural.

60 Este dispositivo está constituido por los siguientes elementos: carcasa, tubos transversales transparentes, fuente de luz, pantalla difusora, fotodetectores, cámaras de video y hardware (figura 1).

Tras sumergir el dispositivo en el estanque o jaula con, al menos, los tubos transparentes bajo el agua, los fotodetectores se activan al paso de los peces y, al dispararse las cámaras fotográficas, sus imágenes son recogidas y enviadas a un sistema informático.

65 Las imágenes obtenidas son descargadas y procesadas para el marcado de los puntos que aparecen en la figura 5 y sus coordenadas son procesadas por el software para establecer las distancias entre los puntos.

## ES 2 289 940 B1

Previamente a la utilización del dispositivo objeto de la invención se debe construir un modelo de referencia de crecimiento para la especie objeto de estudio. Esto se debe hacer utilizando un grupo suficientemente amplio de individuos en los que se toman las medidas anteriormente descritas, utilizando el dispositivo objeto de la invención. El equipo calcula las distancias entre los puntos medidos en las imágenes obtenidas de cada individuo para cada medida del pez, y construye modelos basados en la ecuación general de la alometría del tipo " $Y=aX^b$ ". El modelo diseñado incluye las ecuaciones lineales multifactoriales obtenidas mediante análisis de componentes principales basados en la covariación de las desviaciones de cada medida respecto de las medidas del modelo.

Posteriormente, en el estudio del estado nutricional y potencial de crecimiento de una población concreta, el equipo calcula las distancias entre los puntos medidos en las imágenes obtenidas de cada individuo y resuelve el sistema de ecuaciones lineales aplicadas a las desviaciones resultantes de la comparación de todas las medidas tomadas con las del modelo de referencia.

Del análisis de componentes principales se obtienen varias puntuaciones de cada pez, donde cada una de ellas explica cómo se desarrollan los principales caracteres fisonómicos del pez durante su crecimiento.

Dado que el software incluye unas ecuaciones de predicción del crecimiento de los peces y datos bibliográficos de peso de la especie en cuestión, el dispositivo permite, a través de las ecuaciones alométricas, evaluar el estado nutricional y potencial de crecimiento de un individuo concreto.

La salida de información clasifica a los animales en 4 grupos, permitiendo al acuicultor tomar la decisión de alimentación más apropiada y en sistemas automáticos permitir que el sistema informático se ocupe de la gestión de la alimentación de modo autónomo.

#### Descripción detallada

El objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo que, además de proporcionar información estática de los individuos (peso y talla), permita evaluar el estado nutricional de los mismos y su potencial de crecimiento para diseñar una estrategia de alimentación sin necesidad de extraerlo de su hábitat natural.

Este dispositivo está constituido por los siguientes elementos: carcasa, tubos transversales transparentes, fuente de luz, pantalla difusora, fotodetectores, cámaras de video y hardware (figura 1).

La carcasa (1) puede tener distintas formas que le permitan estabilidad hidrodinámica frente a las corrientes marinas y oleaje. La forma básica sería esférica, por su similitud a las boyas que rodean las piscifactorías ya que no asusta a los peces.

Se trata de un receptáculo cerrado estanco que en su interior contiene el resto de estructuras. Esta carcasa está atravesada por uno o más tubos (4) transparentes por donde pasan los peces. Dentro de la carcasa y por encima de los tubos hay una fuente de luz (2) y, entre ésta y los tubos, una pantalla difusora (3). En la parte inferior de la carcasa y por debajo de los tubos transparentes están situados los fotodetectores (6). Lateralmente y en contacto con los tubos transparentes se sitúan tantas cámaras de video o fotográficas (5) como tubos.

El dispositivo se sumerge en el estanque o jaula mediante un anclaje o se deja flotar semisumergido con, al menos, los tubos transparentes bajo el agua gracias al sistema de lastrado. Los fotodetectores se activan al paso de los peces, y se disparan las cámaras fotográficas cuyas imágenes son recogidas y enviadas a un sistema informático. El sistema "interface" puede ser de tipo inalámbrico. En el caso de que la cámara permitiera trabajar con infrarrojos, la fuente de luz sólo actuaría como atrayente para los peces.

Las imágenes son descargadas, en un sistema informático, y procesadas para el marcado de los puntos que aparecen en la figura 5. Los cálculos se hacen sobre imágenes directas no sobre alteraciones de campos formados por haces de radiaciones (visibles o infrarrojas o magnéticas). Un operador marca los puntos establecidos en la figura 5 y sus coordenadas son procesadas por el software para establecer las distancias entre los puntos. Los datos de distancias tomados incluyen todas las posibles relaciones de los puntos entre sí, es decir, se toman las distancias de todos los puntos, y cada uno de ellos, con todos los demás.

Previamente a la utilización del dispositivo objeto de la invención en la evaluación del estado nutricional y potencial crecimiento de una población piscícola concreta se debe construir un modelo de referencia de crecimiento para la especie objeto de estudio. Esto se debe hacer utilizando un grupo suficientemente amplio de individuos en los que se toman las medidas anteriormente descritas, utilizando el dispositivo objeto de la invención.

Llegado a este punto, el equipo calcula las distancias entre los puntos medidos en las imágenes obtenidas de cada individuo para cada medida del pez, sobre la ecuación general de la alometría del tipo " $Y=aX^b$ " en su forma logarítmica ( $\ln Y_0 = \ln a + b \ln X_{0+z}$ ), donde  $Y_0$  y  $X_0$  es la distancia entre dos puntos concretos medidos en el pez (ver figura 5),  $a$  y  $b$  son parámetros fijos (ver tabla 1), y tras normalizar los valores de  $\epsilon$  para cada medida y para cada individuo, se construye el modelo de referencia de la especie objeto de estudio.

## ES 2 289 940 B1

El modelo de referencia de crecimiento así obtenido, considera el desarrollo de los diferentes caracteres fisonómicos del pez en relación a su talla, ya que es necesario comparar individuos del mismo tamaño entre sí para conocer la forma en que cada especie desarrolla sus caracteres a lo largo del crecimiento, y por tanto, para poder construir su modelo de referencia. El modelo diseñado incluye las ecuaciones lineales multifactoriales obtenidas mediante análisis de componentes principales basados en la covariación de las desviaciones de cada medida.

En el estudio del estado nutricional y potencial de crecimiento de una población concreta, el equipo calcula las distancias entre los puntos medidos en las imágenes obtenidas de cada individuo y resuelve el sistema de ecuaciones lineales aplicadas a las desviaciones resultantes de la comparación de todas las medidas tomadas con las del modelo de referencia.

Del análisis de componentes principales se obtienen 3 puntuaciones de cada pez, una por cada ecuación multivariante obtenida, los coeficientes obtenidos en el caso del estudio de la dorada son los que aparecen en la tabla 1. Es decir, el análisis estadístico sintetiza toda la información obtenida y la presenta en tres grupos ("ejes" de la tabla 1), donde cada uno de ellos explica cómo se desarrollan los principales caracteres fisonómicos del pez durante su crecimiento:

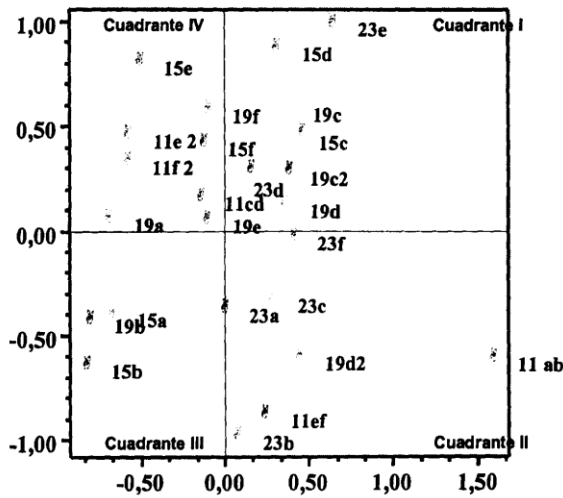
- El eje 1, da información sobre evolución del tamaño del tronco del pez.
- El eje 2, da información sobre las alturas cefálica y caudal.
- El eje 3, da información del tamaño de la mitad anterior del pedúnculo caudal.

TABLA 1

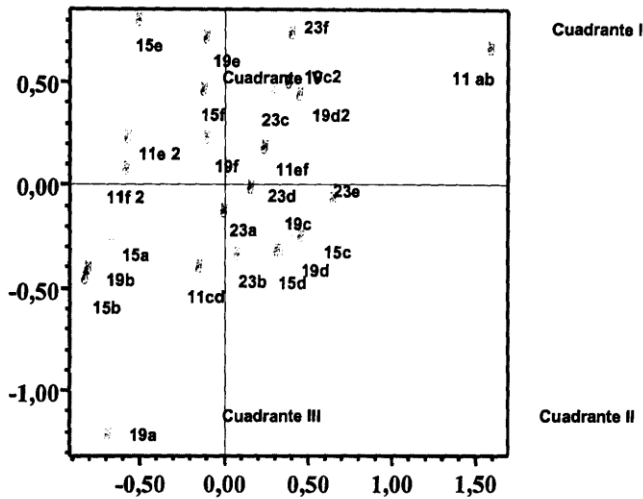
Coeficientes para el cálculo de las puntuaciones en los ejes cartesianos.							
	b	a	Media de <sup>e</sup>	Desv. St <sup>e</sup>	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Desvío 1.4	0,96815478	0,41130028	-1,9098E-09	0,027799	-,171	,375	-,074
Desvío 1.11	0,96217134	0,21112589	9,3139E-05	0,05487585	-,079	,155	-,056
Desvío 4.11	1,06987801	0,30021105	-0,00016712	0,02875295	-,026	,302	-,011
Desvío 11.10	0,98894929	0,18299364	2,3115E-05	0,08027571	-,010	,106	-,082
Desvío 4.10	1,09605464	0,2932838	-0,00022913	0,03322312	,055	,217	-,016
Desvío 4.5	1,06864176	0,42490788	-0,00016208	0,02263123	,251	-,148	-,208
Desvío 4.9	1,09308787	0,36978701	-0,00022043	0,02827718	,242	,081	,036
Desvío 4.8	1,07495157	0,46159107	-0,00017812	0,02030664	,274	-,062	,018
Desvío 10.9	1,0499499	0,25946133	-0,00011526	0,04833611	,208	-,029	,087
Desvío 5.10	1,06113108	0,45588298	-0,00014384	0,02430714	,130	-,072	-,059
Desvío 5.9	1,09397891	0,22431487	-0,00022339	0,03740899	-,059	-,017	-,058
Desvío 5.8	1,08323428	0,11151212	-0,00019658	0,05289254	-,016	,039	,255
Desvío 5.6	0,95208885	0,10576567	0,00010534	0,11379609	-,007	-,066	,372
Desvío 5.7	1,004646	0,14442116	-1,0497E-05	0,05845042	-,020	-,025	,411
Desvío 8.7	0,93546355	0,11385262	-0,01931596	0,09031556	-,183	-,184	,018
Desvío 6.7	1,00429266	0,09138167	-3,3222E-06	0,05232981	,080	,088	,118
Desvío 6.2	1,02565052	0,106962	-6,0398E-05	0,07006724	-,016	-,042	,017
Desvío 7.2	1,0165982	0,10935879	-4,0206E-05	0,06350263	,038	-,008	,085

El dispositivo ofrece las puntuaciones en un espacio cartesiano de tres dimensiones, es decir, con tres ejes de coordenadas. Para una visualización comprensible se ofrece la información en dos gráficos planos. En el primero, gráfica 1, se recogen las puntuaciones de las dos primeras ecuaciones, y en el segundo, gráfica 2, se representan las puntuaciones de la primera y tercera ecuación.

ES 2 289 940 B1



Gráfica 1



Gráfica 2

Cada especie animal sufre una serie de cambios fisonómicos durante su crecimiento y en el paso de individuo joven a adulto. Al tomar un individuo y observar sus caracteres externos, dependiendo de si todos esos cambios se han sucedido ya o no, y observando el modelo de referencia de su misma especie, se puede saber si el individuo debe todavía completar su desarrollo, es decir, su crecimiento. Sobre estas premisas, el software incluye unas ecuaciones de predicción del crecimiento basadas en fotoperiodo y temperatura, mientras que hasta ahora las predicciones eran hechas sólo en base a temperatura, y da información sobre el potencial de crecimiento de cada individuo. Por otra parte, mediante la comparación con datos bibliográficos de peso incluidos en el software, el dispositivo obtiene el denominado factor de condición (K), que es una medida del estado de engorde, y que se calcula como el cociente entre el peso y la longitud al cubo. De esta forma, el dispositivo permite, a través de las ecuaciones alométricas, evaluar el estado nutricional y potencial de crecimiento de un individuo concreto.



## ES 2 289 940 B1

La salida de información clasifica a los animales en 4 grupos, permitiendo al acuicultor tomar la decisión de alimentación más apropiada y, en sistemas automáticos, permitiendo que el sistema informático se ocupe de la gestión de la alimentación de modo autónomo. Además, se obtiene de cada animal: longitud, peso estimado, factor de condición estimado (K) y longitud esperada.

5

Los grupos y subgrupos son los siguientes:

- Grupo I (peces clasificados en el cuadrante I de la gráfica 1): Peces a los que hay que reducir la ingesta.
- Grupo II (peces clasificados en el cuadrante II de la gráfica 1). Peces a los que hay que mantener o aumentar su ingesta.
  - Subgrupo II+ (Peces clasificados en el cuadrante II de la gráfica 1 y en ordenadas positivas de la gráfica 2): Mantener la ingesta.
  - Subgrupo II- (Peces clasificados en cuadrante II de la gráfica 1 y en ordenadas negativas de la gráfica 2): Aumentar la ingesta.
- Grupo III (Peces clasificados en el cuadrante III de la gráfica 1). Peces a los que hay que aumentar la ingesta.
- Grupo IV (Peces clasificados en el cuadrante IV de la gráfica 1). Peces a los que hay que mantener o disminuir su ingesta.
  - Subgrupo IV+ (ordenadas positivas de la gráfica 2): Disminuir.
  - Subgrupo IV - (ordenadas negativas en la gráfica 2): Mantener.

25

De esta manera, otro objeto de la presente invención consiste en un procedimiento que permite la utilización del dispositivo objeto de la invención en el diseño de estrategias de alimentación caracterizado por los siguientes pasos:

30

1. Toma de imágenes de un gran número de individuos abarcando todo el rango de tamaños posible.
2. Toma de las medidas entre puntos concretos de cada individuo.
3. Determinación de una ecuación alométrica (variación de la medida de un carácter concreto respecto de la medida de un carácter tomado como referencia) para cada medida.
4. Análisis factorial, mediante el estudio de componentes principales, para obtener ecuaciones de puntuación que constituyen un modelo de referencia.
5. Cálculo de las desviaciones individuales respecto del valor teórico en cada ecuación alométrica, para todos los individuos.
6. Análisis de una muestra mediante los pasos 1, 2 y 5 y aplicación a las ecuaciones obtenidas en el punto 4 para obtener las puntuaciones de cada individuo.
7. En función de estas puntuaciones se determina la necesidad de aumentar, disminuir o mantener la ingesta de los individuos de una población en cultivo industrial o de anticipar el comportamiento de un individuo salvaje respecto de sus necesidades de captura de alimento.
8. Diagnóstico del estado medio de la población con los datos obtenidos en los pasos anteriores.
9. Propuesta de las decisiones a tomar.

40

45

50

55

Otro objeto es el uso del dispositivo para determinar las necesidades de ingesta de alimento de especies piscícolas en cultivo o salvajes.

#### Descripciones de las figuras

60

Figura 1: Vista lateral (perfil). Componentes: 1-carcasa; 2-fuentes de luz; 3-pantalla difusora; 4-tubos transparentes; 5-cámaras; 6-receptores fotoeléctricos; 7-sistema de anclaje.

65

Figura 2: Vista frontal (alzado).

Figura 3: Vista superior (planta).

Figura 4: Todas las vistas.

Figura 5: Puntos utilizados en las imágenes para el estudio de medidas.

## ES 2 289 940 B1

## Ejemplos de realización de la invención

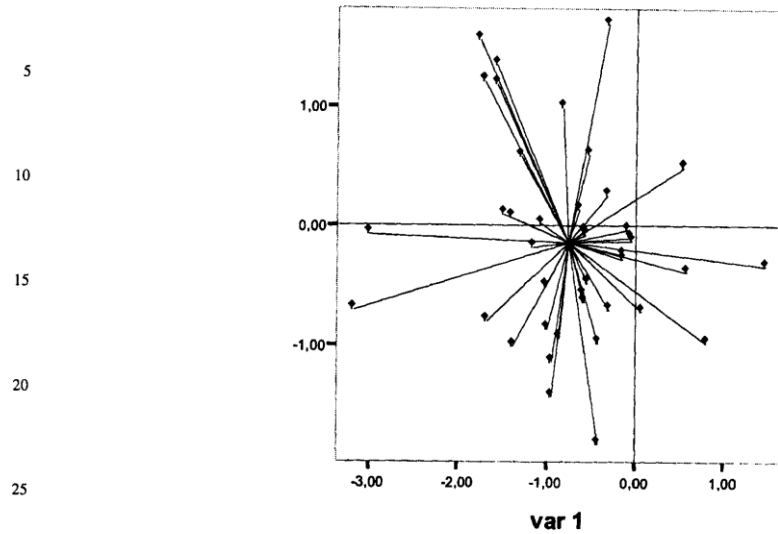
## Ejemplo 1

5 *Diagnóstico del estado de alimentación de una población de dorada en cultivo industrial en jaulas flotantes*

En una piscifactoría dedicada al cultivo de la dorada en jaulas flotantes en el mar donde se constata el poco crecimiento de un grupo de doradas, se sometió una muestra de la población de 60 animales al diagnóstico del presente dispositivo obteniéndose los valores expuestos en la siguiente tabla y fueron clasificados mayoritariamente dentro del grupo 3 como animales que estaban recibiendo escaso alimento. Cuando se les aumento la ración compensaron el retraso de crecimiento.

	Peso (g)	Talla (cm)	K	Peces muestreados	Peso estimado (g)	Cuadrante de clasificación
15	67,6	14,1	2,41151161	pez 1	70,9696215	II
	91,7	15,5	2,46248867	pez 2	97,1328199	IV
	78	14,3	2,66738983	pez 3	75,572919	IV
	108,9	16	2,65869141	pez 4	106,241665	IV
20	95,2	15,2	2,71085435	pez 5	94,1587063	II
	82,8	14,7	2,60662366	pez 6	83,5429603	III
	91,7	15,8	2,3248668	pez 7	96,5164287	III
	77,8	14,7	2,44921885	pez 8	77,4847264	III
25	77	14,5	2,52572881	pez 9	73,8563803	IV
	105,2	15,8	2,66713181	pez 10	108,594049	III
	125,6	16,9	2,60213321	pez 11	126,51305	III
	97,6	15,8	2,47444928	pez 12	103,627592	III
30	112	16,6	2,4484642	pez 13	108,304352	III
	70,8	14,7	2,22885211	pez 14	71,8235645	III
	112	16,4	2,53913901	pez 15	112,528277	IV
	102	15,2	2,90448681	pez 16	92,288613	IV
35	90,2	15,8	2,28683735	pez 17	91,8758937	III
	92,5	15,3	2,58266121	pez 18	85,304123	III
	99,3	15,3	2,77252171	pez 19	103,882561	III
	91,6	15,3	2,55753262	pez 20	90,8743367	III
40	98,2	15,6	2,58665015	pez 21	93,7553393	II
	100	15,5	2,68537478	pez 22	103,817717	IV
	85,6	15,2	2,43749089	pez 23	85,0881758	III
	84,5	15	2,5037037	pez 24	85,8067934	III
45	97,1	15,8	2,4617728	pez 25	95,8608373	IV
	92,3	15,6	2,43124041	pez 26	99,4514126	IV
	103	15,6	2,71308518	pez 27	100,356567	III
50	84	15,2	2,39193031	pez 28	87,2354217	IV
	80	14,5	2,62413383	pez 29	80,0137073	III
	90,2	15,9	2,24396028	pez 30	91,1098468	III
	77,4	14,2	2,70318599	pez 31	73,1458328	III
55	102	15,9	2,53751606	pez 32	101,172999	I
	100,8	16	2,4609375	pez 33	98,2922091	III
	88	15	2,60740741	pez 34	90,4654417	III
	94,8	15,6	2,49709199	pez 35	96,3933262	IV
60	90,3	15	2,67555556	pez 36	89,7551375	III
	87	15	2,57777778	pez 37	87,7406078	II
	98	15,8	2,48459047	pez 38	97,5679271	III
	90,2	15,5	2,42220805	pez 39	90,7463004	III
65	86,1	15	2,55111111	pez 40	86,6451977	III
	116	16,8	2,44641507	pez 41	122,14739	IV

## ES 2 289 940 B1



30 y fueron clasificadas dentro del grupo 3 como animales que estaban recibiendo escaso alimento. Cuando se les aumento la ración compensaron el retraso de crecimiento.

35 La mayor parte de los peces se sitúan dentro del tercer cuadrante, lo que está indicando que necesitamos aumentar la ingesta de la población aunque algunos animales estén encuadrados en los grupos II y IV, es decir en condiciones dudosas, y sólo un pez se sitúa en el cuadrante I, que quiere decir que ha sido alimentado suficientemente. En conclusión debemos aumentar la ingesta de los animales.

Los hermanos de esos peces, que nosotros habíamos mantenido en el laboratorio con alimentación controlada a saciedad estaban clasificados, el 80% en el cuadrante I y el resto en el cuadrante IV.

#### 40 Ejemplo 2

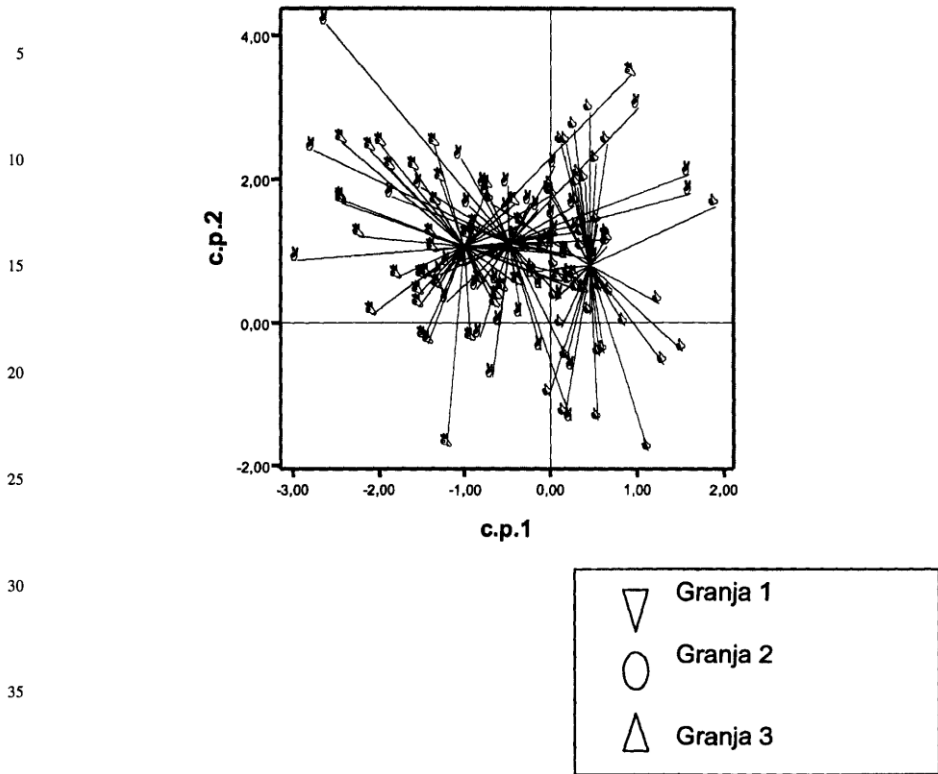
##### *Diagnóstico del estado de alimentación de poblaciones de dorada en cultivo industrial en estanques excavados en tierra y en jaulas*

45 En este caso la problemática era la mala eficacia de los piensos en la última fase del cultivo en una de las instalaciones de engorde industrial. Se sometió los animales al diagnóstico del dispositivo y, en esta ocasión, los peces fueron clasificados, los de la granja 1, dentro del grupo I, como peces a los que hay que reducir la ración; y los de las granjas 2 y 3 en el cuarto cuadrante como animales a los que hay que mantener o disminuir la ración. Es decir que el problema era la excesiva ingesta de alimento en la granja 1, que era precisamente la que utilizaba estanques excavados en tierra. Posiblemente en la granjas 2 y 3 también se estuviese suministrando alimento en exceso pero se compensaría la ingesta por la pérdida de pienso a través de las redes de las jaulas, por eso, siendo correcta la ingesta el suministro era excesivo de ahí la deficiente conversión de los piensos. En estos dos últimos caso lo que se debería realizar es cambiar la estrategia de alimentación aumentando el número de tomas menos abundantes o mejorar la distribución de pienso dentro de las jaulas.

60

65

ES 2 289 940 B1



En este caso hemos eludido representar la estimación de pesos dado el excesivo número de datos, que no clarificarían el ejemplo.

Ejemplo 3

*Seguimiento de peces sometidos a un período de ayuno en el laboratorio*

Un grupo de 70 peces, doradas, que estaban alimentadas según tablas comerciales de racionamiento, fueron clasificadas por el dispositivo entre los grupos I y IV+. Después de un período de ayuno de 15 días (los peces movilizan lentamente las reservas porque necesitan muy poca energía en el medio acuático) se volvieron a someter a la clasificación del dispositivo y, en esta ocasión, estos mismos peces se clasificaron entre el grupo IV- (necesidad de mantener el suministro de alimento) y en el grupo IV+ (disminuir el suministro de alimento). La correcta interpretación del resultado debe considerar que se parte de una situación de sobrealimentación, muy usual en acuicultura industrial, y que tras el ayuno, se aprecia un desplazamiento de la situación de los animales desde la sobrealimentación hacia la situación correcta de alimentación.

## ES 2 289 940 B1

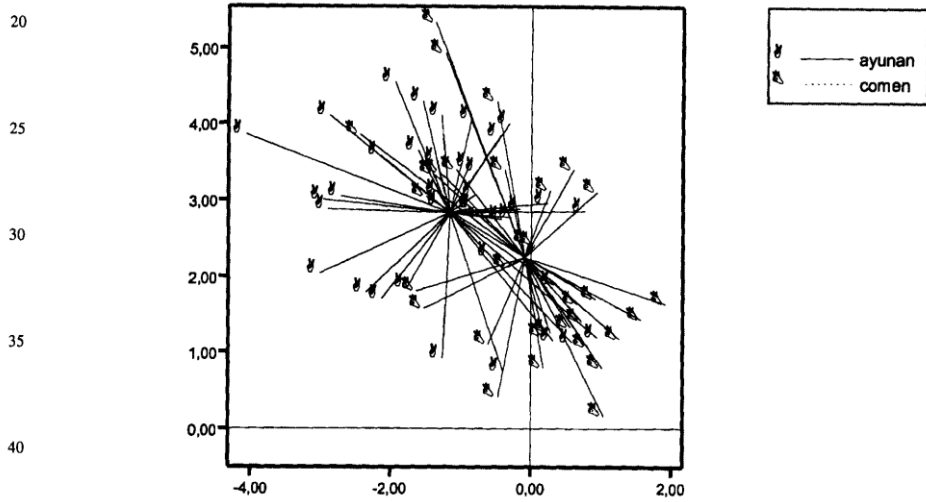
	<b>Peso (g)</b>	<b>Talla (cm)</b>	<b>K</b>	<b>Peces muestreados</b>	<b>Peso estimado (g)</b>	<b>Cuadrante</b>
5	<b>Antes del ayuno</b>					
	334	22,9	2,78124995	imgd3303.jpg	315,994843	IV+
	374	23,6	2,84534933	imgd3306.jpg	310,955438	I
10	347	23	2,85197666	imgd3308.jpg	315,366671	I
	386	23,6	2,93664396	imgd3309.jpg	374,761706	I
	245	21,2	2,57133405	imgd3311.jpg	233,349009	IV+
15	570	26,3	3,13334063	imgd3312.jpg	516,703473	I
	427	24,4	2,93939801	imgd3315.jpg	409,36337	I
	399	24,2	2,81531373	imgd3316.jpg	377,553365	I
20	407	23,5	3,13610664	imgd3317.jpg	405,358804	I
	347	22,8	2,92768895	imgd3318.jpg	348,904854	I
	424	24,4	2,9187465	imgd3321.jpg	409,673231	I
	392	23,7	2,94469981	imgd3322.jpg	389,69012	I
25	327	23,2	2,61868824	imgd3323.jpg	309,902856	I
	387	24	2,79947917	imgd3324.jpg	372,397791	IV+
	462	24,7	3,0658515	imgd3401.jpg	459,933215	IV+
30	363	22,7	3,10333782	imgd3403.jpg	367,255011	I
	472	24,6	3,17056512	imgd3404.jpg	468,299807	IV+
35						
40						
45						
50						
55						
60						
65						

## ES 2 289 940 B1

	407	23,7	3,05737965	imgd3405.jpg	397,347315	IV+
	464	24,9	3,00552219	imgd3408.jpg	455,819566	I
5	394	24	2,85011574	imgd3409.jpg	373,439515	IV+
	503	25,11	3,17707778	imgd3410.jpg	468,352394	I
	415	23	3,41086546	imgd3411.jpg	383,031033	IV+
	278	21,7	2,72060564	imgd3412.jpg	291,640092	IV+
10	371	23,4	2,89551846	imgd3413.jpg	366,527801	IV+
	443	24,1	3,16484612	imgd3414.jpg	411,901331	IV+
	329	22,9	2,73961447	imgd3415.jpg	323,468873	IV+
15	495	25,1	3,13028611	imgd3416.jpg	467,135635	IV+
	427	23,8	3,16735691	imgd3417.jpg	410,280727	I
	328	22,6	2,84150567	imgd3418.jpg	336,511717	I
20	498	25,3	3,07516044	imgd3419.jpg	485,046345	I
	350	22,5	3,07270233	imgd3420.jpg	341,238819	IV+
	274	23	2,2519931	imgd3421.jpg	360,108675	IV+
			<b>Después del ayuno</b>			
25	365	24,5	2,48195905	ayud3302.jpg	383,486145	I
	225	21,3	2,32832557	ayud3303.jpg	226,401031	IV-
	304	23	2,49856168	ayud3305.jpg	315,844195	IV-
30	300	22,9	2,49812869	ayud3306.jpg	314,794002	IV-
	357	24	2,58246528	ayud3307.jpg	360,51767	I
	382	23,8	2,83356051	ayud3308.jpg	421,23922	IV+
35	267	21,6	2,6494151	ayud3309.jpg	279,130032	IV+
	387	24,7	2,56814834	ayud3311.jpg	403,313245	IV-
	317	23	2,60540807	ayud3312.jpg	601,519005	IV-
40	316	23,3	2,49815465	ayud3313.jpg	336,340803	IV-
	297	22,2	2,714548	ayud3315.jpg	312,683716	IV+
	399	24,8	2,61588022	ayud3316.jpg	412,93024	IV-
	375	23,7	2,816996	ayud3317.jpg	417,400556	IV-
45	514	26,6	2,73097805	ayud3318.jpg	511,025081	I
	396	24,4	2,72599909	ayud3319.jpg	436,113061	IV-
	271	21,8	2,61577154	ayud3320.jpg	297,132822	IV-
50	337	23,6	2,56385755	ayud3321.jpg	341,943365	IV-
	351	24	2,5390625	ayud3324.jpg	376,786056	IV+
	297	22,8	2,50583175	ayud3401.jpg	303,211366	IV-
55	336	23,3	2,6562657	ayud3402.jpg	298,867408	IV-
	454	25,2	2,83696665	ayud3403.jpg	462,848993	IV-
	364	24,5	2,47515916	ayud3404.jpg	377,806997	IV-
	297	22,5	2,60740741	ayud3406.jpg	317,119065	I
60	372	23,4	2,90332309	ayud3408.jpg	378,073836	IV+
	378	24,2	2,66713932	ayud3410.jpg	397,64307	IV+
	427	24,6	2,86828666	ayud3411.jpg	464,575654	IV+
65	412	24,8	2,7011094	ayud3412.jpg	433,313014	IV+
	397	24	2,87181713	ayud3413.jpg	413,578901	IV+

ES 2 289 940 B1

	259	21,9	2,46585434	ayud3414.jpg	283,59309	IV+
	447	24,7	2,96631087	ayud3415.jpg	466,180982	IV+
5	369	22,8	3,11330612	ayud3416.jpg	368,110928	IV-
	450	25,3	2,77875943	ayud3418.jpg	506,327384	I
	366	23,6	2,78448624	ayud3419.jpg	377,277793	IV-
10	320	22,3	2,88559508	ayud3420.jpg	329,991726	IV-
	333	22,7	2,84686362	ayud3421.jpg	340,8584	IV-
	296	22,3	2,66917545	ayud3422.jpg	308,421837	IV-
15	417	24,7	2,7672296	ayud3423.jpg	443,236278	IV-



45 En triángulos los animales antes del ayuno. En círculos blancos, los mismos individuos después del ayuno, que han disminuido puntuación hasta pasar desde el grupo I al grupo IV.

50

55

60

65

## ES 2 289 940 B1

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de análisis morfométrico de especies piscícolas marinas y continentales **caracterizado** porque permite diseñar estrategias de alimentación en dichas especies y hacer estudios sobre el estado nutricional con la siguiente estructura:
- a. carcasa,
  - b. tubos transversales transparentes,
  - c. fuente de luz, pantalla difusora, fotodetectores
  - d. cámaras de vídeo
  - e. interfaz estándar a un ordenador donde es procesada toda la información
  - f. software específico de tratamiento de la información.
2. Un dispositivo, de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque mide distancias entre puntos concretos de la imagen de los individuos y, tras definir un modelo de crecimiento de referencia, calcula las desviaciones con respecto al mismo.
3. Un dispositivo, de acuerdo con la reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque realiza un análisis multifactorial de todas las desviaciones tomadas, define el modelo de referencia de crecimiento, caracteriza el estado global del individuo y lo correlaciona con un momento en el modelo de crecimiento de referencia.
4. Un procedimiento para el diseño de estrategias de alimentación **caracterizado** por los siguientes pasos:
- a. Toma de imágenes de un gran número de individuos abarcando todo el rango de tamaños posible.
  - b. Toma de las medidas entre puntos concretos de cada individuo.
  - c. Determinación de una ecuación alométrica (variación de la medida de un carácter concreto respecto de la medida de un carácter tomado como referencia) para cada medida.
  - d. Análisis factorial, mediante el estudio de componentes principales, para obtener ecuaciones de puntuación que constituyen un modelo de referencia.
  - e. Cálculo de las desviaciones individuales respecto del valor teórico en cada ecuación alométrica, para todos los individuos.
  - f. Análisis de una muestra mediante los pasos a, b y e y aplicación a las ecuaciones obtenidas en el punto d para obtener las puntuaciones de cada individuo.
  - g. Determinación, en función de estas puntuaciones, la necesidad de aumentar, disminuir o mantener la ingesta de los individuos de una población en cultivo industrial o de anticipar el comportamiento de un individuo salvaje respecto de sus necesidades de captura de alimento.
  - h. Diagnóstico del estado medio de la población con los datos obtenidos en los pasos anteriores.
  - i. Generación de la propuesta de las decisiones a tomar.
5. El uso del dispositivo **caracterizado** según las reivindicaciones 1 a la 4, para determinar las necesidades de ingesta de alimento de especies piscícolas en cultivo o salvajes.





ES 2 289 940 B1

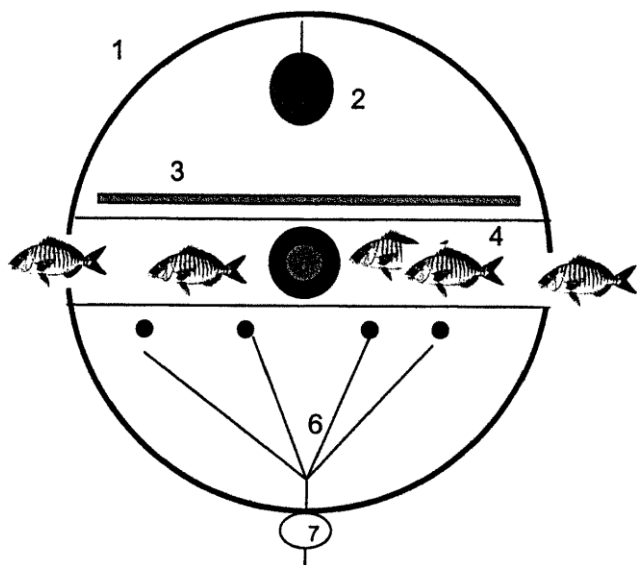


Figura 1. Vista lateral (Perfil)

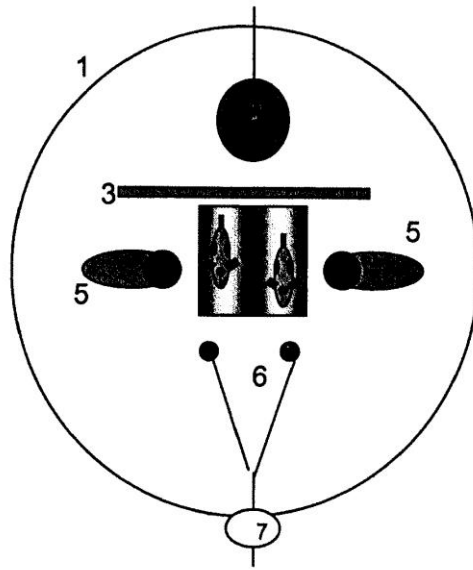


Figura 2. Vista frontal (Alzado)

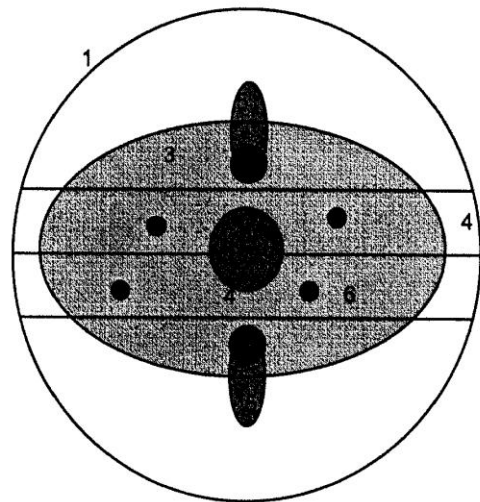


Figura 3. Vista superior (Planta)

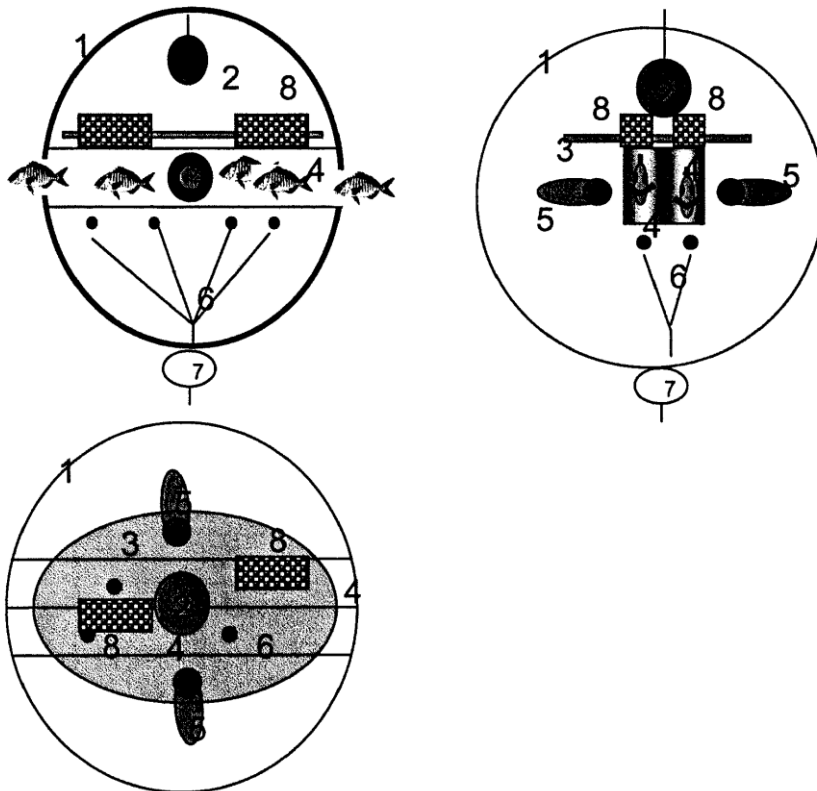


Figura 4

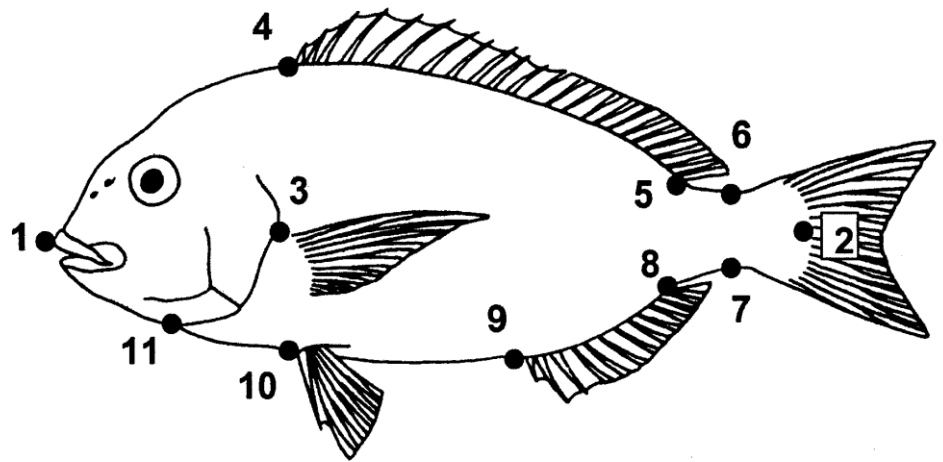


Figura 5



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

- ① ES 2 289 940  
 ② N° de solicitud: 200601932  
 ③ Fecha de presentación de la solicitud: 20.07.2006  
 ④ Fecha de prioridad:

### INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **A01K 61/00** (2006.01)  
**G01B 11/04** (2006.01)

#### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 2005025309 A1 (LILLERUD KRISTIAN; WAAGSBOE ERLING) 24.03.2005	1
A	US 5222458 A (PIPPY et al.) 29.06.1993	1
A	WO 9720186 A1 (AQUASMART PTY LTD; BLYTH PETER JOHN; RUSSEL JOHN FABIAN) 05.06.1997	1
A	GB 2203540 A (BIRTINGUR H F) 19.10.1988	1
<p><b>Categoría de los documentos citados</b></p> <p>X: de particular relevancia            Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría            A: refleja el estado de la técnica</p> <p>O: referido a divulgación no escrita            P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud            E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud</p>		
<p><b>El presente informe ha sido realizado</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> para todas las reivindicaciones      <input type="checkbox"/> para las reivindicaciones n°:</p>		
<p><b>Fecha de realización del informe</b> 11.10.2007</p>	<p><b>Examinador</b> Mª C. González Vasserot</p>	<p><b>Página</b> 1/1</p>



**INGRESO DE TASAS  
POR TÍTULOS DE CONCESIÓN Y  
MANTENIMIENTOS DE DERECHOS  
POR REGULACIÓN DE EXENCIONES DE TASAS, LICENCIAS  
DE PLENO DERECHO, FIANZAS Y COMPLEMENTOS**  
(Sin entrega de documentación)

Oficina Española  
de Patentes y Marcas  
C.I.F.: Q2820005C  
Código de Operación: 62

**APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL:** CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CI  
**NOMBRE:**  
**REPRESENTANTE (código):** 499 5 PONS ARIÑO ANGEL  
**EXPEDIENTE (modalidad número):** P200601932

CLAVE	AÑO	CONCEPTO	IMPORTE INGRESADO
IP00	2008	Derechos de concesion	27.70

INGRESADO EURO (En letra) Veintisiete euros con setenta centimos \* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*

**CLAVE PARA "La Caixa"**      **APLICACIÓN "PAT"**  
**REFERENCIA** 50203664739



**VALIDACIÓN MECÁNICA:** 2100 9776 021833      27.70      21.01.2009      21.01.2009

IP00 2008      P200601932      499 5

Castellana, 75      DERECHOS DE CONCESIÓN  
28071 Madrid

Ejemplar para el interesado



**INGRESO DE TASAS  
POR TÍTULOS DE CONCESIÓN Y  
MANTENIMIENTOS DE DERECHOS  
POR REGULACIÓN DE EXENCIONES DE TASAS, LICENCIAS  
DE PLENO DERECHO, FIANZAS Y COMPLEMENTOS**  
(Sin entrega de documentación)

Oficina Española  
de Patentes y Marcas  
C.I.F.: Q2820005C  
Código de Operación: 62

**APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL:** CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CI  
**NOMBRE:**  
**REPRESENTANTE (código):** 499 5 PONS ARIÑO ANGEL  
**EXPEDIENTE (modalidad número):** P200601932

CLAVE	AÑO	CONCEPTO	IMPORTE INGRESADO
IP03	2008	3 anualidad	22.20

INGRESADO EURO (En letra) Veintidos euros con veinte centimos \* \* \* \* \*  
\* \* \* \* \*

**CLAVE PARA "La Caixa"**      **APLICACIÓN "PAT"**  
**REFERENCIA** 50203665172



**VALIDACIÓN MECÁNICA:** 2100 9776 021837      22.20      21.01.2009      21.01.2009

IP03 2008      P200601932      499 5

Castellana, 75      3ª ANUALIDAD  
28071 Madrid

Ejemplar para el interesado

