

- 24) PEARSON, J. (1968). Assessment of meat freshness in quality control employing chemical techniques: a review. *J. Sci. Food Agri.*, **19**, 357-369.
- 25) REUTER, G., LANGNER, H.J. y SINELL, H.J. (1968). Development of microflora in quick-ripening germany dry sausage and analogous quantitative aminoacids analysis in a salami. *Die Fleischwirtsch.*, **48**, 170-176.
- 26) TOLDRA, F. (1992). En "New Technologies for meat and meat products". Eds. Smulders, F.J.M., Toldrá, F., Flores, J. y Prieto, M. ECCEAMST. Utrecht. Holanda.
- 27) WARDLAW, F.B., SKELLEY, G.C., JOHNSON, M.G. y ACTON, J.C. (1973). Changes in meats components during fermentation meat processing and drying of a summer sausage. *J. Food Sci.*, **38**, 1228-1231.

INVESTIGACIÓN SOBRE CANGREJOS DE RÍO EN LA UNIVERSIDAD DE LEÓN.

(FRESHWATER CRAYFISH RESEARCH AT THE UNIVERSITY OF LEÓN, SPAIN).

*J. D. Celada Valladares**
*J. M. Carral Llamazares**
*M^a. Sáez-Royuela Gonzalo**
*V. R. Gaudioso Lacasa**
*M^a. C. Muñoz Asenjo**
*J. R. Pérez Blanco**

Palabras clave: Cangrejo de río, investigación, Universidad de León.
Key words: Freshwater crayfish, research, University of León.

SUMMARY

After the last great outbreaks of aphanomycosis in Europe, the need to produce astacids under controlled conditions has become obvious, in order to make the availability of animals for both restocking in natural habitats and for human consumption possible. Taking this situation into account, the aquaculture research team, at present located in the Department of Animal Production II in the Faculty of Veterinary Sciences in León, has been developing an overall research program including the study of astacids in natural habitats and restocking practices as well as the performance and improvement of techniques of controlled production, mainly focused on *Pacifastacus leniusculus* and *Austropotamobius pallipes*. Within this context, surviving populations from the aphanomycosis epizooty have been studied and restocking possibilities have been evaluated. With regard to culture techniques, the efforts point to the knowledge of the reproductive processes (mating, spawning, egg development), the improvement of the reproductive efficiency on maternal incubation, the performance of suitable techniques of artificial incubation, the design of systems for the storage and transport of eggs and the increase of juvenile survival and growth rates.

* Dpto. de Producción Animal II, Facultad de Veterinaria, Universidad de León.
An. Fac. Vet. 1992-1994, 38, 55-70

RESUMEN

A raíz de las últimas grandes epizootias de afanomicosis en Europa, la necesidad de producir astácidos en condiciones controladas se hace evidente, a fin de posibilitar la disponibilidad de animales tanto para repoblación en hábitats naturales como para alimentación humana. Asumiendo esta situación, el equipo de investigación de acuicultura actualmente radicado en el Departamento de Producción Animal II de la Facultad de Veterinaria de León ha venido desarrollando un programa de investigación integral que abarca tanto el estudio de astácidos en hábitats naturales y prácticas de repoblación como el desarrollo y mejora de técnicas de producción controlada, centrado fundamentalmente en *Pacifastacus leniusculus* y *Austropotamobius pallipes*. En este contexto, se han estudiado poblaciones sobrevivientes a la epizootia de afanomicosis y se han evaluado posibilidades de repoblación. Desde la perspectiva de las técnicas de cultivo, los esfuerzos se han orientado al conocimiento de los procesos reproductivos (apareamiento, oviposición, desarrollo de los huevos), a la mejora de la eficiencia reproductiva en incubación maternal, a la puesta a punto de técnicas eficaces de incubación artificial, al diseño de sistemas de almacenamiento y transporte de huevos y al incremento de las tasas de supervivencia y crecimiento de juveniles.

INTRODUCCIÓN

Es un hecho sobradamente conocido que el aprovechamiento de recursos propios, normalmente infrautilizados, requiere los adecuados procesos de investigación, que han de llegar a establecer la dosificación secuencial de las posibilidades productivas y las técnicas aplicables en cada caso. Además, dichos estudios han de ir encaminados en todo momento hacia la protección del medio ambiente, de modo que las diversas actividades de explotación de especies, tanto si las poblaciones permanecen en sus hábitats naturales como si son confinadas en condiciones de cría en cautividad, se integren en los ecosistemas sin representar un riesgo para su equilibrio.

Tal es el caso de la acuicultura, practicada por la humanidad desde hace milenios y que ha encontrado un espectacular desarrollo durante las últimas décadas, constituyendo una fuente de riqueza de importancia creciente. En este sentido, no deben considerarse solamente las técnicas de producción de animales acuáticos bajo condiciones controladas, sino también la utilización de éstos bien para repoblación directa o bien para la colonización de hábitats adecuados donde habrá de desarrollarse una productividad animal bajo la influencia de factores ambientales seminaturales y fomentada por las oportunas intervenciones en las fases críticas.

En cualquier caso, el gran impulso adquirido por la acuicultura durante los últimos años garantiza sólidas posibilidades de expansión y desarrollo en el futuro, constituyendo actualmente un campo de la Producción Animal con múltiples atractivos tanto para la investigación como para la puesta en práctica de las diversas técnicas productivas. Desde ambas perspectivas, se trata de un trabajo multidisciplinar donde diversas profesiones relacionadas con las Ciencias Agrarias han de intervenir coordi-

nadamente para aportar soluciones a los numerosos y graves problemas que inevitablemente surgen, derivados fundamentalmente de la escasa disponibilidad de conocimientos en el presente. En este contexto, destaca especialmente la Veterinaria, cuyas aportaciones son esenciales para el desarrollo de los distintos procesos.

A nivel mundial, la mayor parte de la producción de animales acuáticos (más del 60%) procede de aguas continentales. En España, se dispone de excepcionales posibilidades para el desarrollo de estas actividades. Sirva como ejemplo la Comunidad de Castilla y León, donde existe una especial predisposición al consumo de especies animales procedentes de ríos, lagos, embalses, ... etc., así como una arraigada y generalizada afición a diversas formas de pesca. Los recursos hidráulicos de dicha Comunidad se encuentran representados por una tupida red hidrográfica (más de 35.000 km. de ríos, numerosísimos arroyos permanentes y unas 45.000 Has. de aguas embalsadas), un importante número de lagos y lagunas, además de grandes facilidades para el aprovechamiento de acuíferos subterráneos.

En aguas continentales se cultivan peces y crustáceos, representados éstos últimos en Europa por varias especies pertenecientes a la familia de los astácidos. El interés por el cultivo de estos animales, desde el punto de vista comercial, se hace notar claramente a partir del pasado siglo, aunque en amplias zonas de numerosos países europeos podían obtenerse fácilmente mediante capturas en las abundantes poblaciones naturales. A raíz de las últimas grandes epizootias de afanomicosis (*Aphanomyces astaci* Schikora), que van afectando sucesivamente a los distintos países europeos a partir de la década de los cincuenta del presente siglo, la necesidad de llevar a cabo la producción de astácidos en condiciones controladas se hace evidente, iniciándose así intensos procesos de investigación encaminados a la puesta a punto de técnicas de cultivo, con el fin de posibilitar la disponibilidad de animales tanto para repoblación en hábitats naturales como para alimentación humana.

En el caso concreto de nuestro país, es un hecho sobradamente conocido la casi total desaparición del cangrejo de patas blancas (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) de las aguas continentales españolas, debido a la afanomicosis. Esto ha representado la pérdida de un recurso natural de elevado rendimiento pesquero y alta calidad gastronómica. Además, la brusca supresión de un nivel trófico tan importante como el crustáceo de fondo ha dado lugar a un marcado desequilibrio en los ecosistemas calcáreos de agua dulce, que se encuentran en un avanzado proceso degradativo (cuyas consecuencias sufren los demás seres acuáticos), anteriormente descrito en otros países europeos. Por otra parte, el cangrejo rojo de los pantanos (*Procambarus clarkii* Girard) puede ser hoy considerado como una verdadera plaga de insospechado alcance, que podría ocupar la totalidad de las aguas calcáreas españolas, tal como demuestra su actual proliferación alcanzando las provincias del Norte. Ha de tenerse en cuenta que no se trata de un astácido sino de un cambárido, con cierto parecido morfológico externo pero con características biológicas radicalmente diferentes.

Tal situación justifica la necesidad de efectuar, en las grandes masas de agua (libres aún de cangrejo rojo), repoblaciones sistemáticas con un astácido adecuado y resistente a la afanomicosis. En este sentido, la experiencia europea desde comienzos de los años 60 se ha inclinado por el cangrejo señal (*Pacifastacus leniusculus* Dana), que ha llegado a ser considerado como un "homólogo ecológico" de los astácidos euro-

peos y con semejante calidad gastronómica. No obstante, no deben ahorrarse esfuerzos para la conservación y expansión del cangrejo de patas blancas (*A. pallipes*), aunque siendo conscientes de que se encuentra permanentemente bajo el mortal riesgo de la afanomicosis. Ambas líneas de actuación (la repoblación con una u otra especie según las características del lugar y área geográfica) han sido definidas en la Resolución de las Cortes de Castilla y León de 30 de Noviembre de 1987 y reflejadas en el Proyecto de la Consejería de Medio Ambiente informado favorablemente por el Consejo Regional de Pesca el 15 de octubre de 1992. Consideraciones semejantes guían las actuaciones en el País Vasco, Comunidad Navarra y Comunidad de Castilla-La Mancha.

Es evidente que tanto las prácticas de repoblación como el abastecimiento del mercado necesitan de la producción controlada de animales, que ha de basarse en el desarrollo de la adecuada tecnología. En el presente, la cría de astácidos se encuentra con serias dificultades, derivadas de la falta de conocimientos y centradas principalmente en los procesos reproductivos y en la supervivencia de juveniles.

Poco antes de que la afanomicosis culminara el exterminio en las aguas españolas, aparece un cierto interés de algunos investigadores de la Facultad de Veterinaria de León por el cangrejo de río. Así, se llevó a cabo un estudio²⁴ sobre la composición lipídica muscular de ejemplares *A. pallipes* capturados en 1977 y aparecieron varias publicaciones sobre algunos aspectos a considerar desde el punto de vista productivo^{28,29,30,31,32,37}. Es a partir de 1983 cuando, asumiendo la situación expuesta anteriormente, se inicia un programa de investigación integral que abarca tanto el estudio de astácidos en hábitats naturales y prácticas de repoblación como el desarrollo y mejora de técnicas de producción controlada, centrado fundamentalmente en las especies *P. leniusculus* y *A. pallipes*. De este modo, el equipo actualmente radicado en el Departamento de Producción Animal II de la Universidad de León ha llevado a cabo nueve proyectos de investigación de distinta naturaleza, financiados por diversos organismos oficiales.

Es importante tener en cuenta que la experimentación en acuicultura, en este caso continental y astacicultura, tiene grandes necesidades de espacio, donde han de ubicarse las instalaciones adecuadas: numerosos depósitos de distintos materiales y capacidades, equipos de bombeo, enfriamiento y calentamiento del agua, sistemas de incubación artificial, filtración, desinfección, montajes de fontanería y, en general, todo lo necesario para un adecuado manejo del agua, que debe a su vez ofrecer las máximas garantías de calidad, siendo la más aconsejable aquella procedente de pozos artesianos.

Esta es la forma de adaptarse adecuadamente al rigor de la metodología experimental en Producción Animal, de modo que puedan ser sometidos a ensayo lotes con elevado número de ejemplares y múltiples réplicas por tratamiento. Además, los factores ambientales en laboratorio deben permitir el mantenimiento de los animales en condiciones vitales, en la medida de lo posible, normales. Por el contrario, si los animales sometidos a experimentación se encuentran, desde el punto de vista biológico, en una situación orgánica subvital, los efectos de los tratamientos efectuados pueden verse enmascarados por tal circunstancia.

También, se ha de disponer de sistemas para el transporte de animales y huevos, así como diverso instrumental de medida, análisis físico-químico del agua, cámaras fri-

goríficas, ... etc. Del mismo modo, es conveniente dedicar en exclusiva al montaje y mantenimiento de instalaciones un taller debidamente equipado, al igual que se ha de contar con un laboratorio dotado con el material (microscopía, microfotografía y filmación, balanzas de precisión y aparatos diversos) que se utiliza habitualmente en este tipo de estudios.

Todo ello requiere fuertes inversiones en infraestructura, con el propósito de asegurar una máxima fiabilidad de los resultados obtenidos, ya que posteriormente podrían aplicarse a nivel industrial, verdadero objetivo final de estos procesos de investigación.

En consecuencia, los trabajos de este equipo se han desarrollado en estrecha colaboración con la astacifactoría Quiñón S.A. y en conexión con otros centros de producción nacionales y extranjeros, al igual que se ha venido manteniendo una fructífera relación con varios equipos investigadores de diversos países europeos. Dentro de este contexto, se han estudiado poblaciones sobrevivientes a la epizootia de afanomicosis y se han evaluado posibilidades de repoblación. También, desde la perspectiva de las técnicas de cultivo, los esfuerzos se han orientado principalmente al conocimiento detallado de los procesos reproductivos (apareamiento, oviposición y desarrollo de los huevos), a la mejora de la eficiencia reproductiva en incubación maternal, a la puesta a punto de técnicas eficaces de incubación artificial, al diseño de sistemas de almacenamiento y transporte de huevos y al incremento de las tasas de supervivencia y crecimiento de juveniles.

ESTUDIOS EN HÁBITATS NATURALES

En colaboración con los organismos oficiales de gestión del medio ambiente, se han llevado a cabo diversos trabajos de investigación con la finalidad de conocer la situación del cangrejo de río en la provincia de León tras la epidemia de peste micótica (*A. astaci*).

En 1983, se inició el inventario de las poblaciones sobrevivientes (evaluando tamaño y estructura) y el estudio de las características ecológicas de sus hábitats⁸. En 1984, se continuó dicho inventario incorporando nuevas poblaciones, a la vez que se llevaba a cabo un seguimiento de la evolución de las inventariadas con anterioridad⁷. En este mismo año, se comparó la situación antes y después de la aparición de la afanomicosis, comprobando, mediante los muestreos adecuados, que las poblaciones afectadas en su día por el hongo parásito continuaban extinguidas y que nuevas poblaciones seguían sucumbiendo a la acción de la peste, demostrándose la persistencia de esta terrible enfermedad, también detectada por nuestro equipo en la provincia de Burgos⁴³.

En 1985 y 1986, los esfuerzos se encaminaron al seguimiento de las poblaciones inventariadas, a la inclusión de alguna población no registrada anteriormente y al estudio de cuerpos de agua con vistas a determinar su aptitud para realizar ensayos de repoblación¹³.

En todos los muestreos, se tomaban varias medidas exteriores de los animales capturados de la especie *A. pallipes*, entonces la única detectada en la provincia. No obstante, se decidió llevar a cabo un estudio exhaustivo de morfometría externa en una

población autóctona (*A.pallipes*) y en otra de cangrejo señal (*P.leniusculus*) en astacifactoría¹⁵, al objeto de facilitar trabajos posteriores y, junto con otros datos biológicos de interés productivo aportados, establecer una base comparativa entre ambas especies.

El último inventario en la provincia de León³⁵ se realizó en 1989. Desde 1983, se habían estudiado 38 poblaciones de cangrejo de patas blancas (*A.pallipes*), de las cuales persistían 25 seis años después. Dichas poblaciones, de pequeño tamaño, se encontraban en reductos situados en arroyos, cabeceras de ríos y pequeñas lagunas.

Por otra parte, en 1989 se detectaron, por primera vez en la provincia de León, tres poblaciones de cangrejo rojo (*P.clarkii*), especie extremadamente peligrosa para nuestros ecosistemas y con una clara tendencia a incrementar su área de ocupación. Entonces, en provincias cercanas, como Valladolid, Zamora, Palencia, Salamanca y Logroño, era tal su abundancia que se autorizó la pesca intensiva.

Bajo tales circunstancias, y habiendo comprobado sobradamente que las poblaciones de cangrejo autóctono (*A.pallipes*) no mostraban mínimos signos de recuperación sino más bien al contrario⁴, la decisión de repoblar con cangrejo señal (*P.leniusculus*) en los enclaves oportunos era inminente.

En diversos informes entregados a la Administración, así como en jornadas de estudio^{14,19} y varias publicaciones de difusión científica^{9,21,26,33}, hemos señalado el grave riesgo ecológico que representa la brusca desaparición de tan importante nivel trófico y que las prácticas de repoblación son necesarias para el restablecimiento de un adecuado equilibrio en nuestras aguas continentales que asegure la salud y la normal vitalidad de los seres que en ellas habitan. De este modo, al no ser posible efectuar repoblaciones a gran escala con la especie autóctona, en grave riesgo de extinción, es obligado recurrir a un homólogo, tanto ecológica como gastronómicamente, de forma que la conservación y expansión del cangrejo de patas blancas (*A.pallipes*) se armonice con repoblaciones de cangrejo señal (*P.leniusculus*).

Con tales fundamentos, este equipo ha colaborado intensamente en los procesos desarrollados para materializar los mencionados propósitos. Así, desde 1986 hasta el presente, se han efectuado repoblaciones con animales de la especie autóctona (*A.pallipes*), procedentes de esta Facultad de Veterinaria, en 21 lugares cuidadosamente seleccionados, a fin de garantizar, en la medida de lo posible, un mínimo riesgo para las poblaciones implantadas. También, desde 1991, se han liberado más de 700.000 juveniles de cangrejo señal (*P.leniusculus*) en diversos puntos clave de los ríos de la provincia de León. Con todo ello, se espera contribuir eficazmente al logro de tres objetivos básicos: conservación y expansión de la especie autóctona, restablecimiento del equilibrio en los ecosistemas acuáticos y recuperación de la gran productividad astacícola perdida.

DESARROLLO DE LOS HUEVOS

Dentro de las distintas fases del ciclo productivo de especies acuáticas, es de importancia básica la reproducción, dado que trabajando únicamente con fases pos-

teriores a la misma se depende del abastecimiento de animales, bien procedentes de poblaciones salvajes o bien de centros especializados en multiplicación. Por el contrario, el realizar la fase reproductiva significa que los animales producidos pueden ser utilizados posteriormente tanto para repoblar en hábitats naturales o seminaturales como para engorde en condiciones más o menos controladas. De ahí que toda forma de control que se pueda ejercer sobre la reproducción tenga un interés fundamental en el cultivo de especies acuáticas y sea imprescindible para la intensificación del proceso productivo en cuestión.

En los inicios de nuestro programa para la mejora de las técnicas de cría de astácidos, el fracaso del desarrollo de los huevos constituía un serio problema, causa de cuantiosas mermas en la producción de juveniles. En el planteamiento de búsqueda de soluciones, se consideró que primero debía conocerse con detalle el desarrollo embrionario para, posteriormente, llevar a cabo los experimentos necesarios a fin de determinar las condiciones más adecuadas para los distintos estados de la embriogénesis¹². Así, se realizó un estudio al objeto de establecer un método que permitiese la rápida identificación de las diferentes fases embrionarias en el cangrejo señal (*P.leniusculus*) y cuantificar su duración^{6,10,11}. Se tomaron como referencia 16 fases y, mediante técnicas de microscopía óptica, se describieron las sucesivas imágenes externas desde la oviposición hasta la liberación de juveniles estado 2. También, con el mismo tipo de medios, se llevó a cabo la descripción de los procesos degenerativos observados en los huevos^{12,16}.

En trabajos posteriores, se utilizó el microscopio electrónico de barrido, como técnica de alto poder de resolución, para obtener imágenes de la génesis embrionaria de *P.leniusculus*, aportando nítidas microfotografías de los mismos¹⁷.

De igual modo, el planteamiento para la mejora de la fase reproductiva de *A.pallipes* en condiciones controladas había de comenzar por el conocimiento del desarrollo de los huevos. Con tal finalidad, se abordaron los estudios embriológicos en esta especie^{2,22} utilizando una metodología similar a la puesta en práctica para el cangrejo señal.

Todo ello ha constituido una sólida base para trabajos posteriores, ya que la fase embrionaria representa, en todos los casos, una realidad biológica, mientras que tomar como referencia únicamente los datos de periodos y temperaturas no permite apreciaciones tan precisas. Por tanto, todas las operaciones que se han efectuado sobre los huevos en nuestras investigaciones posteriores se han referido fundamentalmente al momento de la embriogénesis en que se llevan a cabo.

EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN INCUBACIÓN MATERNAL

El conocimiento de las distintas fases embrionarias y su cronología, así como la posibilidad de una rápida identificación, permitió realizar tratamientos eficaces para la mejora de la eficiencia reproductiva, entendida ésta como el porcentaje de juveniles estado 2 liberados frente al número inicial de huevos.

Conscientes de la influencia de las condiciones ambientales sobre el éxito del desarrollo de los huevos, se llevaron a cabo los correspondientes procesos experimenta-

les¹⁸, pudiendo comprobar que periodos de baja temperatura y diferente duración en distintas fases de la embriogénesis tienen marcados efectos sobre la producción de juveniles de cangrejo señal (*P. leniusculus*). En estos trabajos, bajo factores ambientales controlados, se llegaron a obtener tasas de eficiencia reproductiva superiores al 80%, manteniendo las hembras con huevos en el laboratorio desde poco después de la oviposición (noviembre) hasta la liberación de juveniles estado 2, entre febrero y junio en dependencia de las condiciones durante el desarrollo embrionario. También se determinaron fases críticas, donde se concentran la mayor parte de las pérdidas.

Posteriormente, y habida cuenta de que al partir experimentalmente del número de huevos en una determinada fase de desarrollo no se contabilizan las pérdidas que hayan podido tener lugar anteriormente por diversas causas, se estudió el proceso desde las fases de maduración, apareamiento y puesta. Esto se llevó a cabo en la especie *A. pallipes* durante cuatro años consecutivos⁵, de forma que la maduración, apareamiento y oviposición tuvieron lugar bajo diferentes condiciones experimentales en el laboratorio. En general, los porcentajes de apareamiento superaron el 90%. Igualmente, la casi totalidad de hembras apareadas realizaron posteriormente la puesta. Aunque se encontró una correlación positiva entre el número de huevos pleopodales y la talla de la hembra, se pudo constatar una alta variabilidad tanto en el diámetro como en el número de huevos producido incluso por hembras de tallas similares.

Durante los últimos años, hemos venido llevando a cabo ensayos para la mejora de la eficiencia reproductiva de la especie autóctona (*A. pallipes*) en condiciones de laboratorio y, aunque se han salvado ya numerosos y difíciles obstáculos, ciertas incógnitas quedan aún por aclarar. En cualquier caso, teniendo en cuenta que las pérdidas a consecuencia del inadecuado grado de madurez de algunas reproductoras, apareamientos infructuosos y fracasos durante la puesta o en las fases iniciales de desarrollo deben ser consideradas, este equipo sostiene que sería más adecuado expresar la eficiencia reproductiva como cantidad de juveniles estado 2 producidos referida al número inicial de reproductoras o, al menos, al número total de huevos puestos por ellas.

INCUBACIÓN ARTIFICIAL

La práctica de estas técnicas resulta particularmente interesante en el caso de los astácidos, por tratarse de especies con un largo desarrollo embrionario y un reducido número de huevos/puesta. Las indudables ventajas que ofrece la incubación artificial, tales como el ahorro de espacio (podría evitarse la necesidad de mantener a las hembras durante el desarrollo de los huevos), agua, energía y mano de obra, permitirían una mejora de los índices de rentabilidad. Además, podría eliminar la influencia de factores capaces de afectar negativamente a la eficiencia reproductiva, tales como las pérdidas de huevos al desprenderse de las hembras o tras la muerte de alguna de ellas.

Así, la búsqueda de posibilidades de incubación artificial de huevos de astácidos data de finales del siglo XIX². Desde entonces hasta épocas recientes, se han utilizado diversos sistemas con mayor o menor éxito. No obstante, en todos los casos los investigadores han logrado el desarrollo a término únicamente cuando los huevos se

retiraban de las madres en avanzadas fases de la embriogénesis, de forma que se llegó a generalizar la certeza de que el éxito de la incubación artificial se encontraba condicionado por tal circunstancia. Por ello, al abarcar sólo un corto periodo final de desarrollo, cuando ya se habían sufrido los múltiples inconvenientes y gastos de la incubación maternal durante largo tiempo, su aplicación no se consideraba rentable en condiciones de cría industrial.

Esta situación nos condujo al estudio de posibles vías de solución que permitieran, mediante el desarrollo de diversos procesos experimentales y el diseño de una metodología adecuada, abarcar la mayor parte de la embriogénesis en incubación artificial, puesto que ésta era la base para la conveniencia de su práctica en astacicultura.

Para ello, se debía comenzar por un paso necesario: fabricar un aparato experimental de incubación artificial que demostrase su eficacia para huevos de astácidos. Posteriormente, se irían determinando las condiciones para llegar a obtener, al menos, aceptables niveles de eficiencia al estado 2. Tras numerosas pruebas infructuosas, se construyó un modelo de incubador adecuado para llevar a cabo los ensayos posteriores¹, que consistieron en barajar diversas variables, tales como flujos, movimiento, densidades, regímenes térmicos y fases embrionarias de retirada de los huevos de los pleópodos maternos para ser sometidos a incubación artificial. Con todo ello, se llegó a demostrar, en el cangrejo señal (*P. leniusculus*), que pueden obtenerse elevados porcentajes de juveniles estado 2, incluso superiores al 75%, aunque los huevos sean retirados de las hembras en fases tempranas de la embriogénesis.

En experimentos posteriores³, se profundizó en la influencia de los factores mencionados sobre el éxito de la incubación artificial. Se consiguió reducir en gran medida los flujos de agua y también un notable adelanto de las fases de retirada. Así, se alcanzaron cifras de eficiencia superiores al 60% cuando el proceso de incubación artificial se inició en el comienzo de la gastrulación (18 días tras la oviposición).

Durante los últimos años, y siguiendo la trayectoria antes desarrollada en el cangrejo señal, venimos realizando ensayos para la puesta a punto de técnicas de incubación artificial de huevos de la especie autóctona (*A. pallipes*). Los resultados obtenidos hasta el momento son francamente prometedores.

Los trabajos llevados a cabo han evidenciado que el factor fundamental para el éxito de la incubación artificial no es el estado de desarrollo embrionario del huevo en el momento de la retirada sino las condiciones de incubación y la calidad del agua que, siendo las adecuadas, garantizan satisfactorios resultados, incluso sin la necesidad de utilizar fungicidas, abarcando la casi totalidad de la embriogénesis. De este modo, la incorporación de esta práctica en los procesos de cría controlada ha llegado a ser factible y conveniente².

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE HUEVOS

Al disponer de técnicas eficaces de incubación artificial, el planteamiento de este equipo pudo orientarse hacia las posibilidades de almacenamiento y transporte de

huevos, como continuación de los estudios para la intensificación de la fase reproductiva. Así, se inició otro paso en el desarrollo de nuevas técnicas para la mejora de la cría de astácidos.

Tradicionalmente, se ha venido realizando el transporte de los huevos en las propias hembras, unidos a los pleópodos maternos. Este sistema presenta múltiples desventajas, ya que requiere contenedores de gran tamaño y una elevada densidad de animales para el envío de cantidades importantes de huevos. Por tanto, su eficacia es incierta, ya que puede provocar considerables pérdidas tanto de huevos como de madres. Otros inconvenientes importantes están relacionados con las dificultades de manejo y los elevados costes de facturación que conlleva, además de no permitir el almacenamiento prolongado.

En nuestro caso, se decidió inicialmente, entre las distintas posibilidades, que los huevos de *P.leniusculus* habrían de almacenarse, separados de los pleópodos maternos y fuera del medio acuático, en la forma biológica de huevos embrionados vivos³⁴. Posteriormente, los experimentos se basaron en la selección de contenedores, determinación de periodos de almacenamiento y condiciones adecuadas, relación entre las pérdidas durante el proceso y la fase embrionaria y efectos del movimiento provocado por el traslado sobre la viabilidad de los huevos.

En estos trabajos, se conservaron huevos mediante diferentes métodos durante periodos crecientes que van desde unas horas hasta 12 semanas. Tras estas operaciones, intervenía la incubación artificial hasta la producción de juveniles estado 2, habiendo comenzado el almacenamiento en las fases iniciales de formación del embrión (gastrulación). Los porcentajes de supervivencia tras cuatro semanas fueron elevados, tanto cuando los huevos se mantuvieron a temperatura ambiente (95.7% al inicio de la incubación artificial y 77% al estado 2) como a 4°C (98% y 63%, respectivamente). En esta misma línea, se comprobó que el almacenamiento podía llevarse a cabo hasta un periodo de, al menos, 12 semanas.

En cuanto a la relación entre las pérdidas a lo largo del almacenamiento y el estado de desarrollo embrionario, se pudo observar la existencia de una fase crítica: inicio de la pulsación cardíaca, que tenía lugar tras periodos de diferente magnitud, según el régimen térmico utilizado³⁴. Dicha circunstancia, unida al hecho de que la temperatura influye sobre la duración del almacenamiento en la medida en que afecta al ritmo de desarrollo, permite sugerir que la interacción entre las variables temperatura y fase embrionaria constituye una medida de la conservación de la viabilidad más realista, en términos biológicos, que la simple apreciación del régimen térmico.

También, se pudo constatar que el movimiento provocado por el traslado no influye sobre la viabilidad de los huevos. De este modo, puede concluirse que, en principio, serían equiparables las prácticas de transporte y almacenamiento, siempre que se realicen en las mismas condiciones³⁴.

Estas investigaciones han sido continuadas en *P.leniusculus* hasta el presente, habiendo llegado a alcanzar periodos de almacenamiento de hasta 24 semanas con resultados positivos. Siguiendo la misma línea, se han abordado estas cuestiones en la especie autóctona (*A.pallipes*), con el matiz de que, en la situación actual, no tendría gran interés llegar a tan largos periodos de almacenamiento como en el cangrejo señal. Los resultados obtenidos al estado 2 tras 6 semanas en condiciones de alma-

cenamiento y posterior incubación artificial han sido francamente satisfactorios.

Considerando en conjunto los estudios realizados, podemos afirmar que la incorporación de las prácticas de transporte y almacenamiento de huevos embrionados vivos al funcionamiento de astacifactorías, mediante los adecuados procesos de transferencia, supondría un paso importante en la intensificación de la astacicultura³⁴. La integración de dichas prácticas, combinadas necesariamente con la incubación artificial, permitiría, en primer lugar, la especialización de las factorías en determinadas fases del ciclo productivo, haciendo posible la distribución y el comercio de huevos. En segundo lugar, dado que la oviposición ocurre de forma escalonada durante el otoño, el almacenamiento tendría por objeto el mantenimiento de los huevos hasta lograr reunir lotes de tamaño adecuado para la ocupación óptima de los equipos de incubación artificial. De este modo, mientras dichos equipos se encontrarán funcionando al máximo rendimiento, podrían almacenarse sucesivos lotes en espera de ser incubados. Así, se conseguiría disponer de varias partidas de juveniles estado 2 a lo largo de la temporada, que serían destinados a la repoblación o al engorde, en los momentos más convenientes. En este sentido, las posibilidades de control ambiental que ofrecen la incubación artificial y el almacenamiento permiten obtener diferentes lotes de juveniles, entre marzo y junio, en las fechas deseadas.

Tras un análisis general de las investigaciones descritas, puede afirmarse que, al menos experimentalmente, se han alcanzado importantes logros en la intensificación y control de distintas etapas de la fase reproductiva^{36,38}. No obstante, aún permanecen cuestiones sin aclarar, dependientes de factores desconocidos capaces de influir sobre el éxito del proceso de reproducción, bien en su totalidad o bien en alguna de sus partes.

SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE JUVENILES

Tras la fase reproductiva, orientada a la obtención de juveniles estado 2, el siguiente paso en el ciclo productivo es la supervivencia, crecimiento y desarrollo de estos animales. Desde el punto de vista tanto científico y experimental como de condiciones de cría industrial, esta etapa constituye un tema de difícil enfoque. De hecho, numerosos investigadores han reconocido que los elevados niveles de mortalidad durante las primeras fases de vida libre representan una fuerte limitación para la intensificación de la cría de astácidos.

Esta mortandad se considera alta en condiciones naturales. En estanques semicontrolados, se han observado frecuentemente mortalidades masivas por causas desconocidas. En este sentido, debe tenerse en cuenta que los diferentes factores que pueden afectar a los animales durante estas fases tempranas son de difícil cuantificación. Por ello, pueden obtenerse datos más precisos realizando estudios en condiciones controladas de laboratorio^{23,39,40}. La mayor dificultad radica fundamentalmente en las primeras fases de vida libre, ya que en animales de unos meses el problema es de menor importancia, pues la mortalidad disminuye, hasta cierto límite, al aumentar la edad.

Hasta el momento, los experimentos realizados en laboratorio por diversos investigadores con juveniles en las primeras fases de vida libre muestran una amplia varia-

bilidad. Considerado en conjunto, a pesar de la gran diversidad de dietas y condiciones ambientales de los estudios llevados a cabo en distintos países, las tasas de supervivencia no han sido satisfactorias y cuando, en ciertas ocasiones, se han alcanzado porcentajes aceptables, las posibilidades de que se repita, bajo semejantes condiciones, son ciertamente escasas.

Nuestro equipo ha dedicado doce años al estudio de estos problemas en las especies *P. leniusculus* y *A. pallipes*, habiendo ensayado una variadísima gama de alimentos de diversos orígenes, tanto frescos como procesados artificialmente^{20,23,25,27,39,42}. También se ha experimentado con diferentes condiciones ambientales derivadas de prácticas de manejo, tales como mantener a los animales en grupos y aislados individualmente^{23,39}, comparación entre individuos procedentes de incubación maternal y artificial, tipos y disponibilidad de refugios, sistemas de circulación del agua, flujos, compartimentos de diferentes superficies, distintos fotoperiodos e intensidades lumínicas y frecuencias de alimentación^{39,40,41}. Por otro lado, la sospecha de una posible intervención de procesos patológicos nos ha conducido a pruebas con diversas prácticas de higiene, tales como utilización de desinfectantes y vacío sanitario³⁹.

Los numerosos experimentos, realizados en condiciones de laboratorio, han tenido una duración entre 50 y 180 días. Los porcentajes de supervivencia han oscilado entre el 0% y el 60%, tras 180 días. Por término medio, se han obtenido niveles aceptables de supervivencia en varios experimentos, en torno al 60% tras 80-100 días, en animales mantenidos en grupos (50/réplica). En estas condiciones, se ha alcanzado un crecimiento medio de 1.2 cm. de longitud de cefalotórax y 433 mg. de peso (pariendo de juveniles estado 2 con un peso alrededor de 22 mg.), aportando como alimento *Daphnia pulex* fresca + pienso compuesto granulado.

En los distintos ensayos iniciados en el estado 2, se ha registrado la mayor mortalidad durante los primeros 60 días, momento a partir del cual la pendiente descendente de la curva de supervivencia se reduce claramente. Por otra parte, a partir de una edad de 6 meses, hemos constatado que las tasas de supervivencia son elevadas en ambas especies, superando incluso el 90%, tras varios meses de prueba³⁹.

Considerados en conjunto, nuestros resultados constituyen un enorme acúmulo de datos con una amplia variabilidad y evidencian que ciertas incógnitas aún permanecen subyacentes. Cara a la aplicación industrial de los conocimientos obtenidos, y manteniéndonos dentro de un sentido eminentemente práctico, podemos afirmar que los niveles de supervivencia podrían aumentarse mediante las prácticas siguientes: incorporación de zooplancton, fundamentalmente dafnia, a la alimentación; disponibilidad de refugios adecuados en suficiente cantidad; incremento de las frecuencias de administración de alimento; flujos de renovación adecuados en circuito abierto; control artificial del fotoperiodo e intensidad lumínica; vacío sanitario y desinfección.

Por otro lado, no consideramos factible, en el presente, la cría de juveniles mediante la explotación en sistemas intensivos, sino su producción en condiciones semicontroladas, utilizando estanques al aire libre u otro tipo de hábitats debidamente acondicionados para estas funciones. En consecuencia, y habida cuenta de los conocimientos que la investigación puede aportar a las factorías de producción, sería aconsejable la mejora de las fases reproductivas mediante las oportunas transferencias de resultados, con la finalidad de intensificar los procesos de obtención de juve-

niles estado 2, con destino a la repoblación o al engorde en condiciones semicontroladas. En este sentido, resultaría de interés considerar las posibilidades de aprovechamiento de lugares ecológicamente deteriorados por actividades humanas, como la extracción de áridos, las excavaciones de diversos tipos, ... etc. La implantación y desarrollo de poblaciones de cangrejo de río parece ser una forma adecuada, desde el punto de vista medioambiental, para utilizar estas superficies y, al mismo tiempo, podría representar un ingreso económico suplementario a otros recursos en zonas rurales.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R.; TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R. (1988). Artificial incubation improvement of crayfish eggs (*Pacifastacus leniusculus* Dana) under low temperatures during embryonic development. *Freshwater Crayfish*, 7: 239-250.
- 2) CARRAL, J.M. (1990). *Incubación artificial en el cangrejo de río Pacifastacus leniusculus* Dana y desarrollo de los huevos de *Austropotamobius pallipes* Lereboullet. Tesis Doctoral, microficha nº 53, Ed. Universidad de León, 229 pp.
- 3) CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; GONZÁLEZ, J.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R.; LÓLEZ-BAISSON, C. (1992). Artificial incubation of crayfish eggs (*Pacifastacus leniusculus* Dana) from early stages of embryonic development. *Aquaculture*, 104: 261-269.
- 4) CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; GONZÁLEZ, J.; SÁEZ-ROYUELA, M.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R.; LÓLEZ-BAISSON, C. (1993). Freshwater crayfish wild populations in Spain: current status and perspectives. *Freshwater Crayfish*, 9: 158-162.
- 5) CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; GONZÁLEZ, J.; SÁEZ-ROYUELA, M.; GAUDIOSO, V.R. (1994). Mating and spawning of freshwater crayfish (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) under laboratory conditions. *Aquacult. Fish. Manage.*, 25: 721-727.
- 6) CELADA, J.D.; FERNÁNDEZ, R.; GAUDIOSO, V.R.; PAZ, P. (1984). Some observations on the development of the eggs of *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Freshwater Crayfish* 6, Lund, Sweden.
- 7) CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R.; CARRAL, J.M.; TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R. (1984). Estado actual de las poblaciones y hábitats del cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) en la provincia de León. *An. Fac. Vet. León*, 30: 79-194.
- 8) CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R. (1985). Localización y evaluación ecológica de las poblaciones y hábitats del cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) en la provincia de León. *Bol. Est. Cent. Ecol.*, 27: 99-105.
- 9) CELADA, J.D.; FERNÁNDEZ, R.; GAUDIOSO, V.R. (1985). Problemática actual del cangrejo de río en España: La desaparición, repercusiones de su ausencia y vías de solución. *Caza y Pesca*, 515: 760-761 y 516: 842-844.

- 10) CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R.; PAZ, P.; FERNÁNDEZ, R. (1985). Contribución al estudio del desarrollo de los huevos del cangrejo de río (*Pacifastacus leniusculus* Dana, Crustacea, Decápoda). *I Congreso Nacional de Reproducción Animal*, Madrid.
- 11) CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R.; PAZ, P.; FERNÁNDEZ, R. (1985). Identification et chronologie par l'observation directe des phases de développement des oeufs de l'écrevisse (*Pacifastacus leniusculus* Dana). *Piscicult. Fr.*, 82: 5-8.
- 12) CELADA, J.D. (1986). *Desarrollo de los huevos, producción y supervivencia de juveniles en el cangrejo de río (Pacifastacus leniusculus Dana) bajo condiciones controladas*. Tesis Doctoral, Universidad de León, 250 pp.
- 13) CELADA, J.D.; CARRAL, J. M.; TEMIÑO, C.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R. (1986). Evolución de las poblaciones del cangrejo de río (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) y posibilidades de repoblación astacícola en la provincia de León. *An. Fac. Vet. León*, 32: 145-167.
- 14) CELADA, J.D.; TEMIÑO, C.; GAUDIOSO, V.R.; CARRAL, J.M.; FERNÁNDEZ, R. (1986). Repoblaciones astacícolas en la Península Ibérica: Consideraciones y líneas metodológicas generales. *Jornadas de Estudio del Cangrejo de Río*, Gobierno Vasco, Vitoria, pp. 16-37.
- 15) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; FERNÁNDEZ, R.; GAUDIOSO, V.R. (1987). Morfometría externa en dos especies de cangrejos de río: *Austropotamobius pallipes* Lereboullet en ambiente natural y *Pacifastacus leniusculus* Dana en cría semi-controlada. *An. Fac. Vet. León*, 33: 33-52.
- 16) CELADA, J.D.; PAZ, P.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R. (1987). Deux processus dégénératifs observés chez les oeufs de l'écrevisse (*Pacifastacus leniusculus* Dana). *Piscicult. Fr.*, 89: 11-15.
- 17) CELADA, J.D.; PAZ, P.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R. (1987). Embryonic development of the freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana): A scanning electron microscopic study. *Anat. Rec.*, 219 (3): 304-310.
- 18) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; GAUDIOSO, V.R.; TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R. (1988). Effects of thermic manipulation throughout egg development on the reproductive efficiency of the freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana). *Aquaculture*, 72: 341-348.
- 19) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; GAUDIOSO, V.R.; TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R. (1989). Cangrejos de río y repoblaciones. Aspectos públicos y consideraciones metodológicas. *I Jornadas de Acuicultura de Castilla-La Mancha*. Ed. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y Diputación Provincial de Cuenca, pp. 145-154.
- 20) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; GAUDIOSO, V.R.; TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R. (1989). Response of juvenile freshwater crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) to several fresh and artificially elaborated diets. *Aquaculture*, 76: 67-78.
- 21) CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R.; CARRAL, J.M.; GONZÁLEZ, J.; TEMIÑO, C.; GONZÁLEZ, J.R. (1990). El ocaso del cangrejo de río. *Quercus*, 49: 19-22.
- 22) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; GONZÁLEZ, J. (1991). A study on the identification and chronology of the embryonic stages of the freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* Lereboullet 1858. *Crustaceana*, 61 (3): 225-232.
- 23) CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; GAUDIOSO, V.; GONZÁLEZ, J.; LÓLEZ-BAISSON, C.; FERNÁNDEZ, R. (1993). Survival and growth of juvenile freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus* Dana fed two raw diets and two commercial formulated feeds. *J. World Aquacult. Soc.*, 24 (1): 108-111.
- 24) DÍEZ, V.; ZUMALACÁRREGUI, J.M.; MARTÍNEZ, C. (1986). Composición lipídica del músculo de la cola del cangrejo de río *Austropotamobius pallipes* en época de reproducción. *An. Fac. Vet. León*, 32: 21-28.
- 25) FERNÁNDEZ, R.; LÓLEZ-BAISSON, C.; RAMOS, L.; CUELLAR, L. (1983). Effects of formulated diets on two species of crayfish: *Austropotamobius pallipes* Lereboullet and *Pacifastacus leniusculus* Dana under laboratory conditions. *Freshwater Crayfish*, 5: 325-328.
- 26) FERNÁNDEZ, R. (1984). Repoblación de los ríos con *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Boletín del Consejo General de Colegios Veterinarios de España*, 25: 27-30.
- 27) FERNÁNDEZ, R.; CELADA, J.D.; MUÑOZ, F. (1987). Nutrición y Alimentación de Crustáceos. En: *Nutrición en Acuicultura*, CAICYT, Madrid, pp. 1-52.
- 28) GAUDIOSO, V.R. (1976). Astacicultura industrial. Bases para su desarrollo. *Granja*, 285: 27-35 y 286: 5-10.
- 29) GAUDIOSO, V.R.; VIGIL, E. (1976). El cangrejo de río en régimen de laboratorio. *Vida Silvestre*, 20: 256-265.
- 30) GAUDIOSO, V.R. (1977). El cangrejo de río en España. *Ibérica*, 183: 370-375.
- 31) GAUDIOSO, V.R.; CUELLAR, L.; CASTAÑE, E.; PAZ, P. (1977). Preferencias de alojamiento del cangrejo de río americano *Procambarus clarkii*. *An. Fac. Vet. León*, 23: 95-101.
- 32) GAUDIOSO, V.R.; PAZ, P. (1979). Niveles de atracción sexual en dos especies de cangrejos de río: *Procambarus clarkii* y *Potamobius pallipes*. *An. Fac. Vet. León*, 25: 117-127.
- 33) GAUDIOSO, V.R.; CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; RODRÍGUEZ, P.L. (1987). *El cangrejo de río en León*. Ed. Universidad de León, 94 pp.
- 34) GONZÁLEZ, J. (1992). *Almacenamiento y transporte de huevos embrionados del cangrejo de río Pacifastacus leniusculus Dana*. Tesis Doctoral, microficha nº 109, Universidad de León, España, 232 pp.
- 35) GONZÁLEZ, J.; CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; LLAMAZARES, T.E.; GAUDIOSO, V.R. (1992). El cangrejo de río en la provincia de León (España): Inventario 1989. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Sec. Biol.)*, 88 (1-4): 139-145.

- 36) GONZÁLEZ, J.; CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; SÁEZ-ROYUELA, M.; GAUDIOSO, V.R.; FERNÁNDEZ, R.; LÓLEZ-BAISSON, C. (1993). Management of crayfish eggs (*Pacifastacus leniusculus* Dana) for intensification of juvenile production. *Freshwater Crayfish*, 9: 144-146.
- 37) PAZ, P.; GAUDIOSO, V.R. (1980). Ensayo de algunos agentes anestésicos en *Austropotamobius pallipes* Lereboullet. *Pan. Vet.*, 9: 341-351.
- 38) REYNOLDS, J.D.; CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; MATTHEWS, M.A. (1992). Reproduction of astacid crayfish in captivity - current developments and implication for culture, with special reference to Ireland and Spain. *Invert. Reprod. Dev.*, 22 (1-3): 253-266.
- 39) SÁEZ-ROYUELA, M. (1994). *Supervivencia y crecimiento de juveniles de los astácidos Austropotamobius pallipes Lereboullet y Pacifastacus leniusculus Dana a partir del estado 2 en condiciones de laboratorio*. Tesis Doctoral, Universidad de León, 322 pp.
- 40) SÁEZ-ROYUELA, M.; CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; MUÑOZ, C. (1995). Effects of management on survival and growth of stage 2 juvenile freshwater signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) under laboratory conditions. *Aquaculture*, 133: 123-133.
- 41) SÁEZ-ROYUELA, M.; CARRAL, J.M.; CELADA, J.D.; MUÑOZ, C.; PEREZ, J.R. (1995). Modified photoperiod and light intensity influence on survival and growth of stage 2 juvenile *Pacifastacus leniusculus*. *J. Appl. Aquacult.* (en prensa).
- 42) TEMIÑO, C.; FERNÁNDEZ, R.; CELADA, J.D.; GAUDIOSO, V.R. (1984). Nutritional studies on second stage *Pacifastacus leniusculus* Dana. *Freshwater Crayfish* 6, Lund, Sweden.
- 43) TEMIÑO, C.; CELADA, J.D.; CARRAL, J.M.; FERNÁNDEZ, R. (1986). Estudio de las poblaciones astacícolas en los ríos de la provincia de Burgos. Perspectivas. *Jornadas de Estudio del cangrejo de Río*. Gobierno Vasco, Vitoria, pp 87-109.

CAMBIOS EN EL CONTENIDO EN MACRONUTRIENTES Y EN LA COMPOSICIÓN EN AMINOÁCIDOS DE SARDINA FRESCA Y SARDINA DESCONGELADA POR REFRIGERACIÓN O EN HORNO MICROONDAS.

(CHANGES IN MACRONUTRIENT CONTENT AND AMINO ACID COMPOSITION OF FRESH SARDINE AND SARDINE AFTER DEFROSTING IN A FRIDGE OR USING A MICROWAVE OVEN).

A. M. Castrillón*
M. E. Álvarez Pontes*
M. T. García-Arias**
M. C. García Fernández**

Palabras clave: sardina, aminoácidos, descongelación, microondas.

Key words: sardine, amino acids, defrosting, microwave

SUMMARY

Sardines (*Clupea pilchardus*) were frozen, stored in frozen state and then defrosted by the two most common defrosting processes: a conventional method (refrigeration) or using a microwave oven. Before freezing and after defrosting, humidity, fat, protein and ash content as well as amino acid composition were analyzed in order to compare the influence of both processes. Sardines defrosted with microwave oven maintained a similar protein content level than fresh sardine, whereas the protein content of the conventional defrosted sardine decreased. The ash content

* Instituto de Nutrición y Bromatología (CSIC). Facultad de Farmacia. Universidad Complutense.

** Dpto de Higiene y Tecnología de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad de León.

An. Fac. Vet. 1992-1994, 38, 71-77