

EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO DE LA SARDINA, *SARDINELLA AURITA* (VALENCIENNES, 1847) (PISCES: CLUPEIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS DE LABORATORIO.

MERCELYS GUTIÉRREZ¹, MARÍA BALZA¹ & BAUMAR MARÍN²

¹ Escuela de Ciencias, Dpto. de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

² Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
malebalza@yahoo.com; bmarin@sucre.udo.edu.ve.

RESUMEN: El desarrollo embrionario de la sardina puede verse afectado por numerosos factores, entre los que se encuentra la temperatura, la cual limita frecuentemente su época de actividad reproductiva. El estudio de su efecto sobre el desarrollo embrionario sirve de base para algunos métodos actuales de evaluación del desove de pequeños pelágicos, destinados a determinar los tamaños de los inventarios pesqueros. El desarrollo embrionario se realizó a partir de huevos fecundados colectados en muestras realizadas al sur de la Isla de Cubagua. Los muestreos se realizaron con redes de ictioplancton de 555 µm de poro, a una profundidad de 20 m. Los huevos de sardina fueron seleccionados y colocados en acuarios a temperaturas preestablecidas de 24, 26, 28 y 30 (±1) °C, de donde se extrajeron cada dos horas y se fijaron en formaldehído al 3%, para ser observados posteriormente en un microscopio estereoscópico. Se describe la presencia de siete etapas desde la fertilización hasta la eclosión. La duración del desarrollo embrionario de *S. aurita* varió entre 18 y 22 h en las experiencias realizadas. Esto coincide con lo obtenido para otros clupeidos. La velocidad de desarrollo embrionario en *S. aurita* se mostró directamente proporcional al aumento de la temperatura del agua.

Palabras clave: Sardina, desarrollo embrionario, huevos, temperatura, *Sardinella aurita*.

ABSTRACT: The developmental stages in sardine eggs is strongly influenced by factors such as temperature, which limit seasonal breeding performances. The study of temperature effect on developmental stages permits information for some methods to determine stock sizes. Prehatch development were made from eggs collected in Cubagua Island. Ichthyoplankton survey techniques were employed in the collect with planktonic nets (555 µm) towed obliquely from a maximum depth of 20 m. Sardine eggs were incubated in aquarium with controlled temperature at 24, 26, 28 y 30 (±1) °C. Eggs were extracted each two hours and fixed formalin 3%, and observed in an stereoscopic microscope. Seven stages were identified from fertilization to hatched stage. Development from egg to hatching occurred from 18 to 22 hours in laboratory conditions. Result obtained of other clupeids is discussed. Development stages duration of sardine eggs declines with increasing temperature.

Key words: Sardine, embryonic development, eggs, temperature, *Sardinella aurita*.

INTRODUCCIÓN

La sardina, *Sardinella aurita* representa un importante rubro económico para Venezuela, especialmente en su zona oriental donde se explotan grandes cardúmenes de estos peces. Estos organismos son típicamente pelágicos, aunque en ocasiones visitan los fondos y su alimentación está constituida principalmente por organismos planctónicos (CALDERA, *et al*, 1988).

Los huevos de *S. aurita* son esféricos y están recubiertos con una membrana transparente y delgada, sin esculturación. Su diámetro promedio es de 1.110 µm, con un espacio perivitelino cuya anchura media alcanza 292 µm. La masa vitelina es esférica y sus gránulos son de aspecto irregular, mientras que su glóbulo de grasa promedia los 0,145 mm de diámetro. A menudo presenta glóbulos más pequeños adyacentes, que se sitúan cerca del polo vegetativo (SIMPSON & GONZÁLEZ, 1967).

El desarrollo embrionario de la sardina ha sido objeto de varios estudios, los cuales buscan establecer la naturaleza biológica óptima de este pez. En sus investigaciones, LÓPEZ (1968) señala la distribución y abundancia estimada de huevos de sardina en la región oriental de Venezuela. En otras sardinas, como *Sardina pilchardus* (Walb.) en las costas de Galicia, Cantábrico y Golfo de Vizcaya se ha señalado la producción diaria de huevos (GARCÍA *et al.*, 1993).

Uno de los efectos más evidentes de la temperatura en las poblaciones de peces, es el establecimiento de los límites de su distribución (LÓPEZ, 1968; LASTRA & CIECHOMSKI, 1988). La distribución, tanto estacional como espacial, de los huevos y larvas de peces, proporcionan conocimientos válidos para la caracterización de las especies, y a la vez aportan datos de interés para el cálculo de los stock pesqueros. Estos cálculos han sido objeto de estudios considerables en todos los países con tradiciones pesqueras (PARKER, 1980; SANTANDER *et al.*, 1984, GARCÍA *et al.*, 1993).

En Venezuela los estudios sobre el efecto de la temperatura en el desarrollo embrionario han sido poco desarrollados en nuestros peces y menos aún en especies pelágicas explotadas comercialmente, como es el caso de la sardina. Específicamente, en el presente estudio se establecen las temperaturas óptimas de crecimiento embrionario de la sardina *S. aurita*, determinadas en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de la muestra se realizó en agosto de 1998 y en marzo de 1999 al sur de la isla de Cubagua (Fig. 1). Para ello se utilizaron redes de plancton de 555 μm de poro y 50 cm de diámetro de boca, realizándose arrastres de 20 min (a dos nudos velocidad) y a una profundidad entre 5 - 20 m. El material zooplanctónico colectado en las horas más probables de desove (20:00 - 21:00 h; SIMPSON & GONZÁLEZ, 1967) fue mantenido con aireación en recipientes de 4 l, y trasladado hasta el Laboratorio de camarones de río, adjunto al Departamento de Biología de la Universidad de Oriente, Estado Sucre.

Una vez trasladadas las muestras de zooplankton al laboratorio, los huevos de sardina en su fase más temprana, según el criterio de desarrollo establecido por SIMPSON & GONZÁLEZ (1967), se separaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico y de pipetas Pasteur.

Las muestras fueron organizadas en incubadores circulares de 24 cm de diámetro (20 huevos por incubador), colocados en acuarios de 80 l con agua de mar filtrada, a una salinidad de 36 ppm y debidamente aireados. Se realizaron diez ensayos utilizando diferentes temperaturas 24, 26, 28 y 30 (± 1)°C en los acuarios de mantenimiento. Para regular las temperaturas altas se utilizaron calentadores eléctricos, mientras que las temperaturas bajas se mantuvieron bajo condiciones de aire acondicionado.

El desarrollo embrionario se siguió por un período máximo de 24 horas, para cada temperatura, tomando como base que el desove de la especie ocurrió a las 20 00 h (SIMPSON & GONZÁLEZ, 1967). Se extrajeron 10 huevos cada dos horas, para ser fijados en formalina al 3%. Este material fue estudiado bajo microscopio estereoscópico, instalado a un analizador de imágenes para facilitar la identificación de cada una de las etapas de desarrollo embrionario (siete, según SIMPSON & GONZÁLEZ, 1967). La velocidad de desarrollo está representada por los cambios en los patrones embrionarios con respecto a la duración para alcanzar cada estadio. La tendencia del crecimiento por cada ensayo realizado fue establecida basándose en la velocidad de desarrollo observado, tomado como cambios en los estadios por unidad de tiempo (JENNIGNS & PAWSON, 1991).

RESULTADOS

Los estadios de desarrollo embrionario en *Sardinella aurita* fueron observados en secuencia a partir de su primer estadio. A 24°C no fue posible observar el

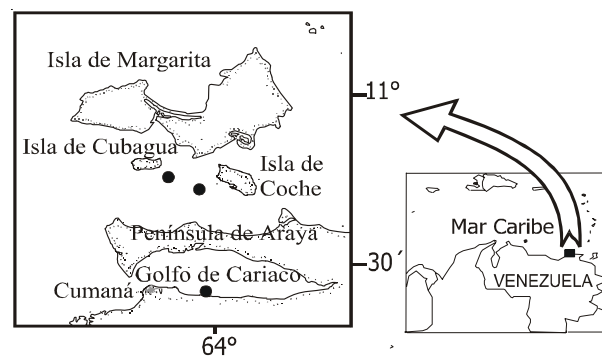


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio (indicada en los círculos negros).

primer estadio de los huevos de *S. aurita*. El segundo estadio en esta temperatura fue observado a las 02:00 h en una proporción del 70% de los huevos. El estadio III se pudo observar en una mayor proporción a las 04:00 h con un 40%. En lo que se refiere al estadio IV, éste apareció por primera vez a las 04:00 h en un 60%. El estadio V se observó con una mayor proporción a las 08:00 h con un 60%. El estadio VI se encontró con una proporción del 70% a las 10:00 h. El estadio VII se observó a las 14:00 h con una proporción del 80%. Se pudo observar que a partir de las 16:00 h, ya existían huevos de sardina eclosionados aunque se encontraban en una baja proporción (20%), alcanzando el 100% de los huevos un estado de prolarva a las 18:00 h (Fig. 2).

A la temperatura de 26°C fue posible observar el primer estadio embrionario de *S. aurita* con una proporción del 40% de la totalidad de los huevos. El segundo se observó en una mayor proporción a las 04:00 h con un 60%. En cuanto al estadio III, se observó a las 04:00 h con un 40%. Para el IV estadio de desarrollo se pudo observar a las 08:00 h un 70%. A las 10:00 h se encontró un 50% para el estadio V y el otro 50% para el estadio VI. En lo que respecta al estadio VII, hubo un 70% a las 12:00 h. En cuanto a los huevos eclosionados se encontró que existía un 50% de prolarvas a las 14:00 h, alcanzando el 100% de las prolarvas a las 16:00 h (Fig. 2).

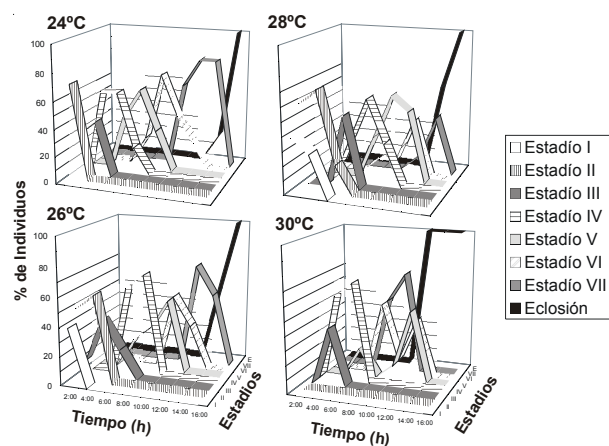


Figura 2. Porcentaje de embriones de la sardina, *S. aurita*, desarrollados en condiciones de laboratorio a 24, 26, 28 y 30°C, mostrando el tiempo de duración de cada estadio.

A los 28°C se pudo observar el primer estadio en una proporción del 40% a las 02:00 h. En el estadio II,

hubo un 70% a las 04:00 h. A las 06:00 h apareció el estadio III con una proporción del 50% de los huevos. Para el estadio IV, se obtuvo una mayor proporción de los huevos a las 08:00 h con un 60%. El estadio V se encontró en un 60% a las 10:00 h, mientras que el estadio VI se encontró a un 50% a las 14:00 h. Para el estadio VII se observó un 40% a las 12:00 h. En lo que se refiere a la cantidad de huevos eclosionados se observó la presencia de prolarvas a partir de 12:00 h con un 10%, aumentando al 60% a las 14:00 h y finalizando con un 100% a las 16:00 h (Fig. 2).

A la temperatura de 30°C no fue posible observar los estadios I y II a las dos primeras horas de experimentación, mientras que el estadio III se pudo observar en una proporción de 40% a las 02:00 h. El estadio IV estuvo presente a las 04:00 h en un 80% y el estadio V en un 20% a esta misma hora. El estadio VI se observó a las 06:00 h en una proporción de 40% y el VII se observó en una proporción de 70% a las 08:00 h. A partir de las 10:00 h hubo un 100% de huevos eclosionados (Fig. 2).

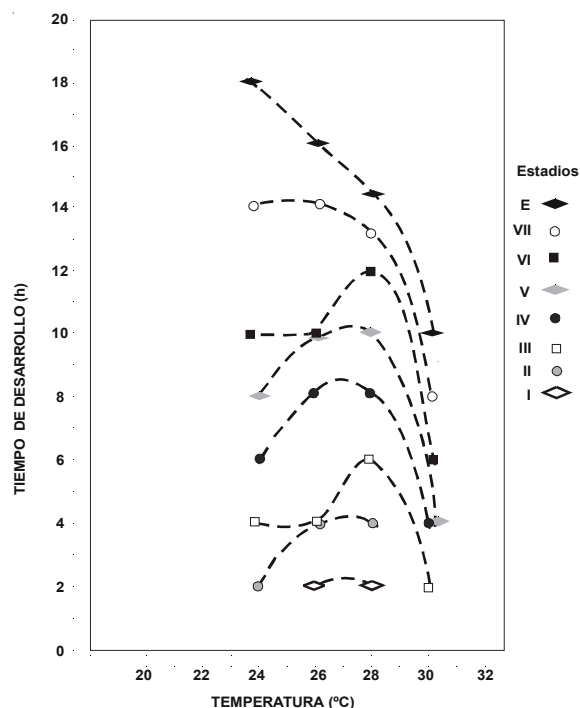


Figura 3. Tasa de desarrollo de los diferentes estadios de *S. aurita* en relación a las temperaturas experimentadas (24, 26, 28 y 30°C), mostrando con una línea interrumpida la tendencia de los estadios embrionarios.

Se pudo observar que en los estadios I, II, III, IV, V y VI se presenta una tendencia en los tiempos del desarrollo de aumento a temperaturas de 24, 26 y 28°C. Mientras que para la etapa VII y la eclosión, se evidenció una disminución en el tiempo a medida que aumentaron estas temperaturas. Sin embargo, para la temperatura más elevada (30°C) todos los estadios embrionarios mostraron una reducción en el tiempo de desarrollo (Fig. 3).

DISCUSIÓN

El desarrollo embrionario de *Sardinella aurita* pasa por diversas etapas o fases las cuales se van diferenciando por una serie de cambios biológicos, físicos y químicos. Dichos cambios se evidencian en el embrión en desarrollo por diferencias morfológicas que permiten caracterizarlo en siete etapas (Anexo 1). Estas descripciones morfológicas coinciden con las realizadas en la misma especie, por MATSUURA (1971), quien, igualmente, las divide en siete etapas. El período de incubación de los peces difiere mucho de especie a especie y entre la misma especie, variando de acuerdo a las condiciones ambientales y genéticas que posean, donde las larvas en etapa embrionaria eclosionan muy temprano como el caso de anchoas, arenques y otras más tarde como en los salmónidos (HEMPEL, 1984). Los embriones de clupeidos se desarrollan rápidamente en aguas semi-tropicales y la eclosión ocurre usualmente entre las 24 y 40 h después de la fertilización (HOUDE & FORE, 1973).

El desarrollo embrionario de *S. aurita* se lleva a cabo en menos de 24 h, dependiendo de las características ambientales presentes en ese momento, como temperatura, ya que la zona Nororiental de Venezuela es tropical caracterizada por fluctuaciones de temperaturas (MARGALEF, 1967; LÓPEZ, 1968). Esta misma especie, se ha citado en aguas de Brasil, que eclosiona cerca de las 24 h de incubación, a una temperatura de 23°C (MATSUURA, 1971). En aguas de México puede eclosionar en menos de 24 h en condiciones de laboratorio, con una temperatura promedio del agua de 26°C (DITTY *et al.*, 1994). En aquellas especies de clupeidos localizados en las zonas más frías, este desarrollo es más prolongado; como es el caso de los huevos de *Clupea harengus* localizada en el Atlántico escandinavo, dado a una temperatura de 5°C, demora de 25 a 29 días para la eclosión. En la misma sardina en el Mar del Norte los huevos normalmente

eclosionan a los 9-12 días a una temperatura de 12°C (HEMPEL, 1984). MATSUURA & OLIVAR (1999) en una revisión realizada acerca del desarrollo embrionario de numerosos peces han encontrado que *S. aurita* de aguas tropicales es la que posee el desarrollo más corto (22 h) coincidiendo con los resultados encontrados en el presente estudio a la temperatura de 24°C.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, se pudo observar que el tiempo de desarrollo embrionario de *S. aurita* desde la fertilización hasta la eclosión varía de acuerdo a la temperatura de incubación. La temperatura de incubación más alta (30°C) mostró un desarrollo embrionario de 14 horas, mientras que en la temperatura de incubación más baja (24°C), el desarrollo embrionario tardó aproximadamente 22 horas, siendo en su desarrollo 20 h a 25°C, temperatura promedio de su ambiente de captura. Estos hechos mostraron que a medida que se incrementa la temperatura de incubación el desarrollo embrionario se ve acelerado. Entre los procesos biológicos que explican esto se encuentran los procesos bioquímicos, como la síntesis de proteínas, donde intervienen numerosas enzimas que aceleran o disminuyen su reacción catalítica con el aumento o disminución de la temperatura. Esto, siempre y cuando este aumento o disminución de temperatura se encuentre entre el gradiente térmico de resistencia de una especie en particular (Van der Lingen, 1994).

CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo embrionario de *S. aurita* se observaron siete etapas claramente identificables las cuales permiten determinar la edad aproximada de los embriones.
- El desarrollo ontogenético de *S. aurita* presentó un tiempo promedio de duración de 20 h a 25°C y varió entre 14 y 22 h aproximadamente en función de la temperatura.
- El aumento de la temperatura acelera la velocidad del desarrollo embrionario en *S. aurita*.

AGRADECIMIENTO

Se les agradece muy cordialmente a CARLOS MORENO, LUIS ORTEGA, ALEXANDER BARRIOS, JESÚS CARDIE, CÉSAR LODEIROS y a CÉSAR GRAZIANI, por haber prestado toda su colaboración en beneficio del presente

trabajo. El presente proyecto ha sido parcialmente financiado por CONICIT Proyecto S1-2000000823.

REFERENCIAS

- CALDERA, M., F. HUQ & I. ARREDONDO. 1988. Aspectos alimenticios de la sardina *Sardinella aurita* de los alrededores de la región nororiental de la Península de Araya y alrededores de las Islas de Coche y Cubagua, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr., Univ. Oriente*. 27(1 y 2): 129-143.
- CERVIGON, F. 1991. *Los peces marinos de Venezuela*. Volumen I, 2^{da} Edición. Fundación Científica Los Roques. 2 Edición. Caracas-Venezuela. 425 pp.
- DITTY, J., E. HOUDE & R. SHAW 1994. Egg and larval development of spanish sardine, *Sardinella aurita* (Family Clupeidae), with a synopsis of characters to identify clupeid larvae from the northern Gulf of México. *Bull. Mar. Sci.* 54(2): 367-380.
- GARCÍA, A., C. FRANCO., A. SOLÁ & L. LAGO DE. 1993. Producción diaria de huevos de sardina, *Sardina pilchardus* (Walb.), en las costas de Galicia, Cantábrico y el Golfo de Vizcaya, en abril-mayo, 1990. *Bot. Inst. Esp. Oceanogr.* 9(1): 237-250.
- HEMPEL, G. 1984. *Early life history of marine fish. The egg stage*. Washington Sea Grant Publ., 70 pp.
- HOUDE, E. & P. FORE. 1973. Guide to identity of eggs and larvae of some Gulf of Mexico Clupeid fishes. *Fla. Dep. Nat. Resour. Mar. res. lab.* 23: 1-14.
- JENNIGNS, S. & M. PAWSON. 1991. the development of bass, *Dicentrarchus labrax*, eggs in relation to temperature. *J. Mar. Biol. U.K.* 71:107-116.
- LASTRA, C. & J. CIECHOMSKI. 1988. Primeros resultados de los estudios sobre la distribución de huevos y larvas de peces en la Bahía Samborombón en relación a temperatura y salinidad. *Com. Tec. Mix. Fr. Mar L.* 4: 133-141.
- LOPÉZ, H. 1968. Distribución y abundancia estimada de huevos de sardina (*Sardinella anchovia*) en la región oriental de Venezuela, 1968-1969. Proyecto de Inv. y Desa. Pesq. MAC - PNUD - FAO. Caracas Venezuela. *Informe técnico* N°. 46. 12 pp.
- MARGALEF, R. 1967. Luz y temperatura. En: *Ecología Marina*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Monografía No. 14. 705 pp.
- MATSUURA, Y. 1971. A study of the life history of Brazilian sardines, *Sardinella aurita*. I. distribution and abundance of sardine eggs in the region of Ilha Grande, Río de Janeiro. *Bolm. Inst. Oceanogr. S. Paulo*. 20: 33-60.
- MATSUURA, Y. & M. OLIVAR. 1999. Fish larvae. En: *South Atlantic. Zooplankton* (eds. Boltovskoy D.). Editions Backahuy Publisher, Leiden. 2: 1445-1496.
- PARKER, K. 1980. Estimation of spawning biomass for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, spawning biomass. *Fish. Bull., U.S.* 78(2): 541-544.
- SANTANDER, H., J. ALHEIT & P. SMITH. 1984. Estimación de la biomasa de la población desovante de anchoveta Peruana *Engraulis ringens* en 1981 por aplicación del "Método de Producción de Huevos". *Bol. del Inst. del Mar de Perú* 8(6): 212-250.
- SIMPSON, J. & G. GONZÁLEZ. 1967. Algunos aspectos de las primeras etapas de vida y el medio ambiente de la sardina, *Sardinella aurita*, en el oriente de Venezuela. *Serie Recurso y Explotación Pesquera*, 1(2): 37-93.
- VAN DER LINGEN, 1994. Aspects of the early life history of galjoen *Dichistius capensis*. *S. Afr. J. mar. Sci.* 14: 37-45.

RECIBIDO: 02 de julio 2001

ACEPTADO: 29 de enero 2003

ANEXO I

Estadios del desarrollo embrionario de *Sardinella aurita*. 1.- Estadio I, 2.- Estadio II, 3.- Estadio III, 4.- Estadio IV, 5.- Estadio V, 6.- Estadio VI, 7.- Estadio VII y 8.- Larva recién eclosionada.

