

## CRECIMIENTO SOMÁTICO Y RELACIÓN ARN/ADN EN JUVENILES DE LA SARDINA *SARDINELLA AURITA* VALENCIENNES, 1847 (PISCES: CLUPEIDAE) DEL GOLFO DE SANTA FE, VENEZUELA.

BALZA MARÍA ALEJANDRA<sup>1</sup>, BAUMAR MARÍN<sup>2</sup> & MAIRÍN LEMUS<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Departamento de Biología Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela  
malebalza@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela*

**RESUMEN:** La pesquería de la sardina representa una de las actividades económicas más importantes del oriente venezolano. Por ello es fundamental el conocimiento de su ciclo de vida, y en particular, de la tasa de crecimiento. En el presente estudio se determinó el crecimiento somático y bioquímico y la edad en juveniles de *Sardinella aurita*. Para ello se colectaron juveniles de la especie en el Golfo de Santa Fe con chinchorros playeros. El crecimiento se evaluó por el índice ARN/ADN y se cuantificó en músculo por fluorometría y la edad mediante los anillos de crecimiento en los otolitos sagitta. Los juveniles de edades comprendidas entre 82 y 122 días de vida presentaron un rango de tallas de 101–130 mm LT y una masa desde 7,5 hasta 16,2 g respectivamente. Los mismos presentaron un valor promedio de ARN/ADN de  $1,039 \pm 0,476$ . Los resultados obtenidos en esta investigación presentaron una relación evidente entre el crecimiento somático y el bioquímico, por lo que se sugiere que el índice ARN/ADN es una herramienta bioquímica de fácil y rápida aplicación que pudiera ser utilizada de manera rutinaria en el estudio de las tasas de crecimiento en peces marinos como la sardina.

Palabras clave: Tasa de crecimiento, edad, otolitos.

**ABSTRACT:** Sardine fishing is one of the most important economic activities in eastern Venezuela. For this reason, knowledge of the sardine's life cycle and of its growth rate in particular, is of the utmost importance. The aim of this study was to determine the somatic and biochemical growth as well as the age of *Sardinella aurita*, juveniles of which were collected with thrown fish nets in the Gulf of Santa Fe. Their growth was evaluated by applying RNA/DNA indices, and quantified in terms of muscle tissue by fluorometry, while their age was ascertained by growth rim analysis of their otolith saggitae. Juveniles ranging between 82 to 122 days showed a size range of 101-130 mm LT and a mass from 7.5 up to 16.2 g, respectively, their mean RNA to DNA ratio standing at  $1.039 \pm 0.476$ . The results obtained in this research reflected an evident relationship between somatic and biochemical growth, the RNA/DNA index posing as a tool of swift and easy application that could be resorted to as a matter of course in the study of growth rate of marine fishes.

Key words: growth rate, age, otoliths

### INTRODUCCIÓN

La reconocida importancia de la pesquería de la sardina, *Sardinella aurita* es debida a que sostiene una de las actividades económicas más importantes del oriente venezolano (MARÍN, 2000). Su presencia en Venezuela está asociada con áreas de surgencia y de alta productividad biológica de la región nororiental; en donde los volúmenes de captura se encuentran en el orden de 120.000 a 139.000 t (RAMÍREZ, 2001; FRÉON & MENDOZA, 2003). De allí, que el manejo de este recurso pesquero debe ser administrado bajo el concepto de desarrollo sustentable.

El estudio de crecimiento en peces básicamente incluye determinaciones del tamaño corporal en función de la edad. De allí que la información de la edad constituya la base de los cálculos de tasas de crecimiento, tasas de mortalidad y productividad (CAMPANA, 2001).

Los otolitos son los primeros tejidos calcificados que se forman en la embriogénesis de los peces óseos (MORALES-NIN, 1987, 1992). El otolito registra constantemente los eventos diarios en los estadios larvarios y los eventos anuales durante toda la vida. Uno de los métodos de estimación de edad derivado del análisis

de los incrementos de crecimiento en los otolitos es el retrocálculo. Este método se basa en la suposición de una relación proporcional entre la talla del pez y la de los anillos o marcas en las estructuras duras (CAMPANA, 2001). Por consiguiente, se utiliza para estimar tallas a edades tempranas y así reconstruir la historia de crecimiento de un pez (BROTHERS & MCFARLAND, 1981; BOLZ & LOUGH, 1988; STEVENSON & CAMPANA, 1992).

Otra forma de determinar el crecimiento en peces es la relación ARN/ADN (BULOW, 1970, 1987). LESLIE (1955) postuló que el contenido de ADN en el tejido muscular de un pez varía poco, mientras que el contenido de ARN tiende a variar mucho más y puede ser mayor en peces que presentan crecimiento rápido o síntesis de proteínas. La cantidad de ADN por célula es constante dentro de una especie, la tasa de ARN a ADN (ARN por unidad de ADN) es indicativo de la cantidad de ARN por célula (HOTCHKISS, 1955). Asimismo, se han observado correlaciones entre la tasa de ARN/ADN y la tasa de crecimiento somático en larvas y juveniles de algunas especies de peces (BUCKLEY, 1979, FOLKVORD *et al.* 1996; BUCKLEY *et al.* 1999; GIL *et al.* 2002), no existiendo ese tipo de estudios para *S. aurita*.

En virtud de la importancia ecológica y socioeconómica de la sardina, de las fluctuaciones que presenta la especie en relación a factores ambientales y la actividad pesquera, los cuales inciden en el tamaño y balance de la dinámica de la población, se considera pertinente realizar monitoreos constantes del recurso. Es por ello que la relación entre el crecimiento somático y el crecimiento bioquímico expresado en la relación ARN/ADN, podría permitir un mejor entendimiento del ciclo de vida de la especie, aspectos básicos en cualquier programa de administración y manejo de recursos pesqueros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente trabajo se colectaron juveniles de sardina en el golfo de Santa Fe (10° 15' Lat.N y 64° 25' Long.W). Los individuos se capturaron con un chinchorro de 5 mm de abertura de malla desde noviembre 2003 hasta marzo 2004, posteriormente los ejemplares fueron mantenidos en hielo y trasladados al laboratorio de Zooplancton del I.O.V. para sus respectivos análisis.

Las temperaturas registradas durante las fechas de las colectas fueron suministradas por el servicio del Centro de procesamiento digital de imágenes (CPDI) INTECMAR-

USB Proyecto Cariaco (PROYECTO CARIACO, 2004).

A los ejemplares de *S. aurita* se les midieron los caracteres morfométricos: longitud total (LT), longitud estándar (LS) y altura del cuerpo (A) con un ictiómetro graduado de 1 cm de apreciación y la masa con una balanza digital marca Ohaus (Mod N02120) de 0,001 g de precisión.

La extracción de los otolitos se hizo según la metodología descrita por SECOR *et al.* (1992). Los dos otolitos se utilizaron al mismo tiempo y fueron fijados en resina termoplástica (Cristal bond), la cual permite la fijación a láminas portaobjetos. Estos otolitos requirieron ser pulidos para visualizar con claridad las líneas de crecimiento. Se utilizó lija de grano 2000 para pulir los otolitos por ambas caras hasta dejar una delgada capa de 10 a 15 micras aproximadamente. Se seleccionaron los otolitos que presentaban las líneas más visibles y fueron observados, a diferentes magnitudes de aumento, en un microscopio óptico para identificar y contar las líneas de crecimiento. Para cada otolito se realizaron tres contajes y se calculó el promedio del número de líneas contadas. Las mediciones morfométricas de los otolitos se lograron con el empleo de un micrómetro ocular adaptado al microscopio. Los mismos fueron fotografiados con un sistema de análisis de imágenes, con una cámara tipo CCD adaptada al microscopio. Adicionalmente, se observó el incremento de los anillos de crecimiento diario y la anchura de los mismos en cada otolito preparado. Los incrementos fueron contados a partir de la marca de eclosión descrita para esta especie por BALZA & MARÍN (2000). Asimismo, la edad de las larvas se estableció en base al número de anillos contados en los otolitos sagitta, considerándose una frecuencia de deposición diaria en los mismos (BALZA, 2000).

La tasa de crecimiento (G) se calculó al relacionar la longitud estándar (LS) de los individuos con la edad (E) de los mismos, y la pendiente (b) de esta ecuación ( $LS = a + bE$ ) representó la tasa de crecimiento promedio de los individuos (mm/día). La tasa de crecimiento retrocalculada ( $G_{\text{retro}}$ ) se obtuvo aplicando la ecuación  $LS = a + bRO$  que relaciona LS versus radio del otolito (RO), es decir, la distancia entre el núcleo del otolito y el borde del postrostrum. La relación se empleó considerando que el tamaño del otolito en estos peces es proporcional al tamaño del pez (THORROLD & WILLIAMS 1989; NEUMAN *et al.* 2001). Esta ecuación permitió estimar la longitud

estándar retrocalculada ( $LS_{\text{retro}}$ ) de los juveniles, para establecer la relación existente entre  $LS_{\text{retro}}$  y E. La pendiente de la ecuación  $LS_{\text{retro}} = a + bE$  representó la tasa de crecimiento retrocalculada, recordando que cada anillo o incremento en el otolito representa un día de vida. Para los juveniles se estimó la tasa de crecimiento retrocalculada de la última semana de vida del organismo, es decir los últimos siete anillos. Esta condicionante se aplicó con el fin de establecer comparaciones con la tasa de crecimiento bioquímico expresada por el índice ARN/ADN, que es una tasa de crecimiento instantáneo.

Todos los organismos utilizados para estimar el crecimiento somático fueron utilizados para cuantificar el índice ARN/ADN. Para la determinación del índice ARN/ADN se empleó el método de CALDERONE & BUCKLEY (1991), modificado por CANINO & CALDERONE (1995).

Para el análisis estadístico se realizaron análisis previos de normalidad de los datos. Se utilizaron análisis de correlación y regresión (SOKAL & ROHLF, 1997) para establecer las relaciones morfométricas de las variables medidas en las larvas (LT, LS, A y O), la edad y la relación ARN/ADN.

## RESULTADOS

El análisis de los caracteres morfométricos seleccionados para 100 juveniles de *S. aurita*, colectados en el golfo de Santa Fe, presentaron una LS promedio de 94,5 mm y una masa húmeda de 9,80 g; observándose un rango de tallas de 77 a 116 mm de LS, así como un rango de masa de 4,7 a 16,2 g (Tabla 1). El intervalo de edades de los juveniles de *S. aurita* fue de 73 a 118 días posteclosión. Las edades obtenidas se utilizaron para establecer las relaciones entre los parámetros morfométricos y la edad, como se observa en la Tabla 2. Los resultados indican que en los juveniles de *S. aurita* el crecimiento en longitud en función de la edad estuvo representado por un modelo lineal igual a:  $LS = 34,29 + 0,66E$  ( $r^2 = 0,52$ ), siendo la pendiente de esta ecuación la tasa de crecimiento (G) promedio igual a 0,66 mm/día (Fig. 1A). Por otra parte, la tasa de crecimiento retrocalculada ( $G_{\text{retro}}$ ) se determinó a nivel individual por retrocálculo de longitudes pretéritas de los últimos siete días de vida de los juveniles analizados. Se consideró la tesis de la existencia de una relación lineal entre el radio de los otolitos y las longitudes estándar de los juveniles de sardina, tal como se escribe en la ecuación de la relación LS vs RO ( $LS = 26,59 + 102,66 RO$ ,  $r^2 = 0,10$ ;  $p < 0,05$ ). La  $G_{\text{retro}}$  promedio obtenida a partir de la ecuación

TABLA 1. Resumen estadístico de las variables morfométricas (mm) y la masa húmeda (g) de los juveniles de *Sardinella aurita* del Golfo de Santa Fe.

Variable	LT	LS	A	Masa
Promedio	108,9	94,5	19,7	9,80
Máximo	130	116	25,0	16,20
Mínimo	91	77	15,0	4,70
DS	9,14	10,31	2,7	2,90
Lim. S 95%	111,9	97,9	20,6	10,76
Lim. I 95%	105,9	91,1	18,8	8,84
n	100	100	100	100

LT = Longitud total; LS = Longitud estándar; A = Altura; DS = Desviación estándar; Lim. S 95% = Limite de confianza superior  $\alpha = 0,05$ ; Lim. I 95% = Limite de confianza inferior  $\alpha = 0,05$ ; n = Número de individuos.

TABLA 2. Relaciones entre las variables morfométricas y la masa con la edad (ajustadas a un modelo lineal  $y = a + bx$ ) en juveniles de *Sardinella aurita* del Golfo de Santa Fe.

	LT vs E	LS vs E	A vs E	M vs E
a	52,91	34,29	4,37	7,86
b	0,59	0,66	0,16	0,18
$r^2$	0,41**	0,52***	0,35**	0,40**
r	0,64**	0,73***	0,60**	0,66**
n	30	30	30	30

LT = Longitud total; LS = Longitud estándar; A = Altura; M = Masa corporal; E = Edad; n = Número de individuos; a = intercepto; b = pendiente;  $r^2$  = Coeficiente de determinación; r = Índice de correlación; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ .

$LS_{\text{retro}} = 76,79 + 0,18 E$ , fue de 0,18 mm/día para los últimos siete días de vida de los juveniles del presente estudio (Fig. 1B).

El resumen estadístico de las concentraciones promedios de los ácidos nucleicos y el índice ARN/ADN en los juveniles de sardina se presentan en la Tabla 3. Los ácidos nucleicos y la relación ARN/ADN se relacionaron con LS y E de los juveniles en estudio y no fueron estadísticamente significativos. La única relación significativa fue la observada entre la edad y la relación ARN/ADN ( $ARN/ADN = 2,94 - 0,02 E$ ,  $r^2 = 0,25$ ;  $p < 0,05$ ). En la figura 1C se aprecia un buen ajuste entre  $G_{\text{retro}}$  y la relación ARN/ADN para juveniles de 73 a 118 días de vida.

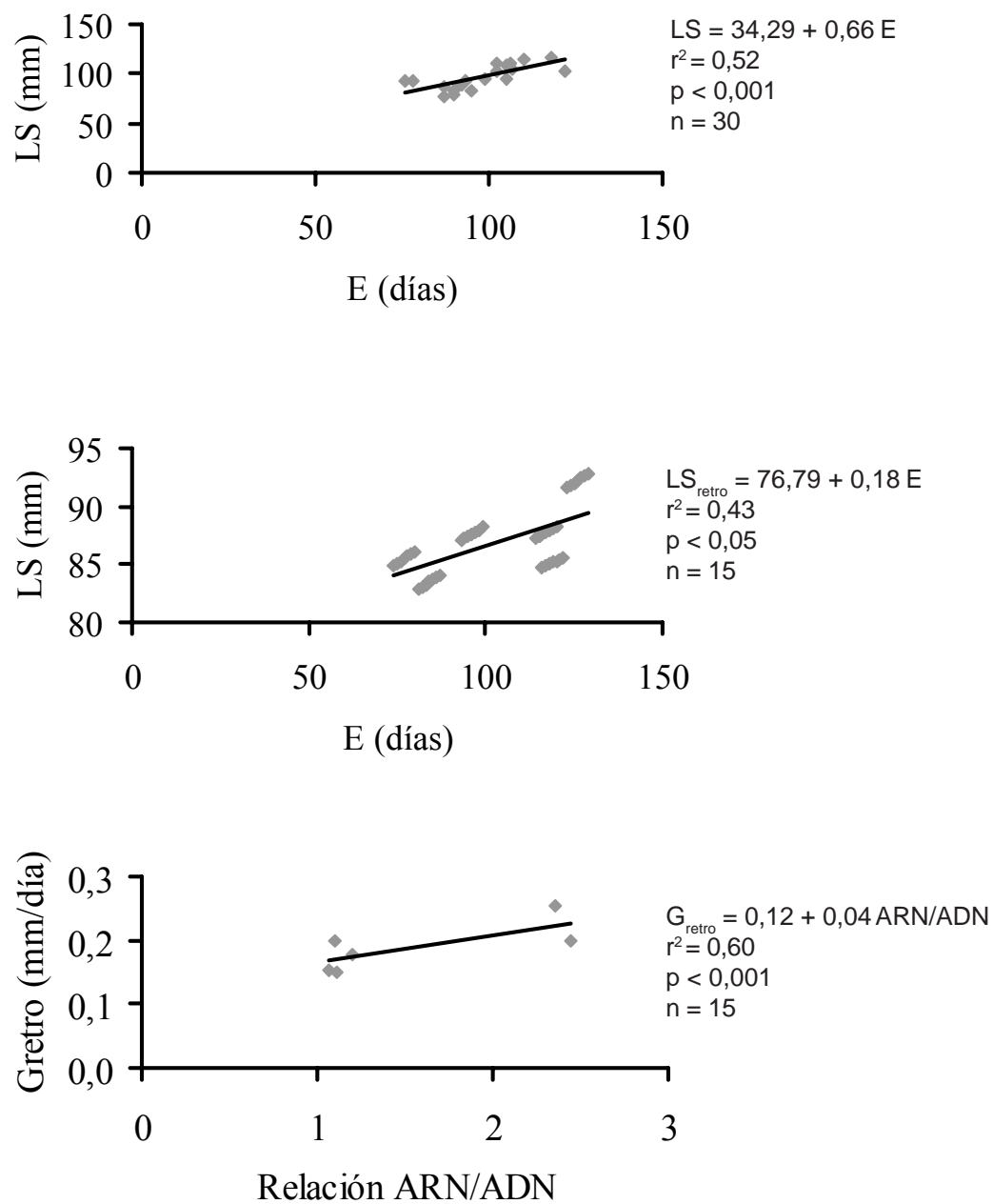


Figura 1A) Modelo lineal de crecimiento ajustado a los datos de longitud estándar (LS) versus edad (E) de juveniles de *Sardinella aurita* del golfo de Santa Fe.

Figura 1B) Modelo lineal de crecimiento ajustado a los datos de longitud estándar retrocalculada ( $LS_{\text{retro}}$ ) versus la edad (E) de juveniles de *Sardinella aurita* del golfo de Santa Fe.

Figura 1C) Modelo lineal ajustado a los datos de la tasa de crecimiento retrocalculada ( $G_{\text{retro}}$ ) en la última semana de vida versus la relación ARN/ADN de juveniles de *Sardinella aurita* del golfo de Santa Fe.

TABLA 3. Resumen estadístico de los ácidos nucleicos y la relación ARN/ADN de los juveniles de *Sardinella aurita* del golfo de Santa Fe. Los ácidos nucleicos están expresados en µg/g.

Variable	ARN	ADN	ARN/ADN
Promedio	0,76	0,66	1,21
Mínimo	0,09	0,09	0,78
Máximo	2,82	2,14	2,65
DS	0,54	0,47	0,32
Lim. I 95%	0,62	0,54	1,13
Lim. S 95%	0,9	0,78	1,29
n	100	100	100

DS = Desviación estándar; Lim. S 95% = Limite de confianza superior  $\alpha = 0,05$ ; Lim. I 95% = Limite de confianza inferior  $\alpha = 0,05$ ; n = Número de individuos.

## DISCUSIÓN

En el presente estudio se evidenció que los juveniles de sardina del golfo de Santa Fe con edades comprendidas entre 73 y 118 días de vida, presentaron valores promedios en los caracteres morfométricos dentro de los márgenes establecidos en estudios previos en este golfo y en otras áreas del nororiente de Venezuela (BRUZUAL 1984; CALDERA 1984; HUQ & RODRÍGUEZ 1988). Para el golfo de Cariaco, BARRIOS (2002) señala que la longitud estándar de las sardinias evaluadas en dicha localidad osciló entre 90 y 135 mm, mientras que en nuestra experiencia las LS oscilaron entre 77 y 116 mm, para sardinias del golfo de Santa Fe. Las longitudes registradas se corresponden con las tallas de juveniles, puesto que según la literatura la sardina venezolana alcanza su madurez sexual generalmente entre 150 y 197 mm LT.

La ubicación de especímenes de *S. aurita* menores de 70 mm LS es una tarea por desarrollar, debido a que no se han encontrado reportes de la preferencia de hábitat de los individuos prejuveniles, desconociendo las rutas migratorias en el oriente del país. Sin embargo, ETCHEVERS (1974) señaló que el golfo de Santa Fe es un de preferencia de juveniles, lo cual nos condujo a realizar nuestras colectas de juveniles en esta zona.

La variabilidad en las tallas en poblaciones juveniles de

una misma especie, puede estar asociada a las características hidrodinámicas y termohalinas del ambiente donde se encuentran, las cuales pueden afectar la distribución espacio-temporal de las larvas planctónicas (RAMÍREZ, 2002). Lo anterior es sustentado por observaciones sobre la actividad reproductiva de la especie *S. aurita*, la cual está asociada con las condiciones ambientales y topográficas del oriente venezolano, siendo esta especie capaz de adecuar el desove con eventos ambientales generadores de productividad biológica, como la surgencia y el aporte terrígeno en el período de lluvia de manera de asegurar que las larvas y juveniles ocurran cuando el alimento sea abundante (FRÉON *et al.* 1997). Además, las poblaciones de *S. aurita* genéticamente homogéneas pueden presentar variabilidad morfométrica, la cual es principalmente evidenciada en larvas y juveniles de esta especie (KINSEY *et al.* 1994). Dicha variabilidad morfométrica puede deberse a la ausencia de diferencias genéticas en poblaciones separadas y a la aparente plasticidad ontogenética de la forma del cuerpo, así como también, a diferencias ambientales entre las localidades (KINSEY *et al.* 1994).

El método del análisis microestructural de los otolitos de juveniles es complicado, debido a que es necesario en primer lugar, aplicar procedimientos abrasivos laboriosos en los otolitos para visualizar las líneas de crecimiento diario, lo cual puede presentar amplios márgenes de incertidumbre (PANFILI & XIMENES, 1992), que amerita tomar criterios de selección cuidadosos para poder utilizar los cortes (MARÍN *et al.* 2003). Esto se agudiza al ser los otolitos de pequeños pelágicos muy delicados y por consiguiente deben ser preparados con mucha destreza y cuidado, dada su fragilidad y al ser propensos a dañarse. En segundo lugar, la definición de los anillos de crecimiento dependerá de la calidad del pulido, es decir, la definición que se obtenga de las líneas de crecimiento diario. Esta calidad dependerá a su vez del ángulo de inclinación que éste tenga y que optimice la visualización de las líneas de crecimiento diario. Igualmente, la amplitud precisa de estos incrementos puede ser afectada por el pulido, ocasionando que estos se vean más ó menos anchos de lo que realmente son, tal como lo demuestran PANFILI & XIMENES (1992). A lo anterior podría atribuirse el hecho de que las relaciones establecidas entre los parámetros morfométricos con la edad, no sean tan robustas como las observadas en los estadios larvarios. No obstante, la relación que más se ajustó fue efectivamente LS versus E, resultando esta correlación altamente significativa. La tasa

de crecimiento en los juveniles de *S. aurita* de este trabajo fue de 0,66 mm/día, que difiere de lo reportado por BARRIOS (2002) en juveniles de la misma especie en el golfo de Cariaco ( $G = 0,20$  mm/día). Asimismo, la tasa de crecimiento para preadultos de *Sardinella lemuru* fue de 0,22 mm/día en Australia (GAUGHAN & MITCHELL, 2000). Estas diferencias en la tasa de crecimiento en juveniles pudieran ser atribuidas, a que los especímenes empleados en la presente investigación son de edades inferiores, lo cual es sustentado en el hecho de que las tasas de crecimiento en peces marinos varían con la edad y aún más en las etapas tempranas tal y como lo sugieren THORROLD & WILLIAMS (1989), para otras especies de peces.

La existencia de una relación evidente entre la longitud corporal y el tamaño del otolito en peces (BROTHERS & MCFARLAND, 1981), aunado a reportes de la validación sobre la relación entre el crecimiento somático y los incrementos de crecimiento diario en los otolitos, soportan el uso del ancho o amplitud de los incrementos como una medida de la tasa de crecimiento somático (SECOR & DEAN 1989; CAMPANA & THORROLD 2001). La relación entre el radio del otolito y la longitud estándar de los peces puede ser expresada en una fórmula alométrica durante el estadio larval (BUTLER 1987; WATANABE & KUROKI 1997). Sin embargo, lo anterior también puede ser aplicado a peces juveniles (MARÍN *et al.* 2003). Las mencionadas evidencias, nos permitieron realizar asociaciones entre la LS y el radio del otolito en juveniles. Por su parte, la tasa de crecimiento  $G_{\text{retro}}$  (0,18mm/día) para la última semana de vida de los juveniles, se corresponde con las tasas de crecimiento observadas por BARRIOS (2002) en *S. aurita* ( $G = 0,20$  mm/día) para el golfo de Cariaco y por GAUGHAN & MITCHELL (2000) en *S. lemuru* ( $G = 0,22$  mm/día) en Australia.

La relación entre la tasa de crecimiento somático retrocalculado por los otolitos y la relación ARN/ADN demostró que esta última herramienta bioquímica puede ser utilizada para estimaciones de la tasa de crecimiento real en *S. aurita*. El hecho de que estos dos índices presenten una correlación altamente significativa, nos da la posibilidad de realizar estudios y análisis de la condición de crecimiento de un rubro pesquero tan importante para el oriente venezolano como es la sardina. Adicionalmente, podrían utilizarse como un nuevo índice de uso rutinario en la evaluación de tasas de crecimiento en peces. Además de ser un indicativo de la utilidad de estos dos índices en la ponderación del crecimiento individual.

La determinación de las tasas de crecimiento es tan importante, a causa de que los estudios realizados en especies comerciales de peces han arrojado resultados alarmantes, debido a las bajas tallas de mortalidad selectiva resultantes (efecto de las pesquerías). Esta acotación fue hecha por CONOVER & MUNCH (2002), quienes señalan que la pesquería selectiva ocasionada por las pesquerías pudiera favorecer genotipos con retardo en el crecimiento, maduración a edad temprana, u otros cambios que disminuyan la productividad de la población. Estas consecuencias se evidenciaron en el paso de generaciones en *Menidia menidia* (CONOVER & MUNCH, 2002). Tesis como la anteriormente señalada nos conducen a la necesidad de evaluar constantemente las tasas de crecimiento en los estadios iniciales de la sardina para así estimar la productividad de la población. De lo anterior, podemos concluir que el análisis microestructural de los incrementos en los otolitos sagitta de juveniles de *S. aurita* es un buen indicador del crecimiento somático en esta especie. A la par de que el crecimiento somático aquí estudiado presentó una buena correlación con el crecimiento bioquímico. Esta relación significa una evidencia clara para el uso de una nueva herramienta en estudios de crecimiento en peces marinos como la sardina.

## CONCLUSIÓN

El índice ARN/ADN presentó relación con el crecimiento retrocalculado, pudiéndose utilizar como un índice de crecimiento instantáneo para *S. aurita* de tallas de 77 a 116 mm de LS. Esto permite utilizar el índice ARN/ADN para estimar el crecimiento en las primeras etapas de vida del pez en condiciones naturales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente Núcleo de Sucre y al Instituto Oceanográfico de Venezuela por la colaboración prestada.

## REFERENCIAS

- BALZA, M. 2000. *Cambios diarios en la microestructura de los otolitos sagitta de larvas de la sardina Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae)*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 40 pp.

- \_\_\_\_\_. & B. MARÍN. 2000. Verificación de la marca de eclosión en los otolitos sagitales de larvas de *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae). *Rev. Biol. Trop.* 48(1): 183-186.
- BARRIOS, A. 2002. *Periodicidad del reclutamiento y formación de cohortes juveniles en la sardina, Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Cariaco, Edo. Sucre Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 49 pp.
- BOLZ, G. & R. LOUGH. 1988. Growth through the first six months of Atlantic cod, *Gadus morhua* and haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, based on daily otolith increments. *Fish. Bull.* 86: 223-236.
- BROTHERS, E. & W. MCFARLAND. 1981. Correlations between otolith microstructure, growth, and life history transitions in newly recruited French grunts [*Haemulon flavolineatum* (Desmarest), Haemulidae]. *Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 178: 369-374.
- BRUZUAL, M. 1984. *Aspectos alimenticios de la sardina, Sardinella aurita (Valenciennes, 1847) (Pisces: Clupeidae) de los Golfos de Cariaco y Santa Fe. Estado Sucre, Venezuela*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 146 pp.
- BUCKLEY, L. 1979. Relationships between RNA/DNA ratio, prey density, and growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 1497-1502.
- \_\_\_\_\_, E. CALDARONE & T. ONG. 1999. RNA/DNA ratio and other nucleic acid-based indicators for growth and condition of marine fishes. *Hydrobiologia* 401: 265-277.
- BULOW, F. 1970. RNA-DNA ratios as indicators of recent growth rates of a fish. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 27: 2343-2349.
- BULOW, F. 1987. *RNA:DNA ratios as indicators of growth in fish: A review*. In: *The Age and Growth of Fish*. Ed. R. Summerfert. & G. Hall. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA. 45-64 pp.
- BUTLER, J. 1987. *Comparisons of the larval and juvenile growth and mortality rate of Pacific sardine and Northern anchovy and implications for species interactions*. Trab. Grad. PhD. University California at San Diego. USA 230 pp.
- CALDERA, M. 1984. *Aspectos alimenticios de Sardinella aurita Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) de la región nororiental de la Península de Araya y alrededores de las Islas de Coche y Cubagua*. Trab. Grad. Lic. Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, Venezuela, 123 pp.
- CALDARONE, E. & L. BUCKLEY. 1991. Quantitation of ADN and RNA in crude tissues extracts by flow injection analysis. *Ana. Biochem.* 199: 137-141.
- CAMPANA, S. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59: 197-242.
- \_\_\_\_\_, & S. THORROLD. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understating of fish populations? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 30-38.
- CANINO, M. & E. CALDARONE. 1995. Modification and comparison of two fluorometric techniques for determining nucleic acid contents of fish larvae. *Fish. Bull.* 93: 158-165.
- CONOVER, D. & S. MUNCH. 2002. Sustaining Fisheries yields over evolutionary time scales. *Science* 297: 94-96.
- ETCHEVERS, S. 1974. Variaciones morfométrico-merísticas, biología y tamaño del stock de sardina en el nororiente de Venezuela. *Bol. Cient. y Tec. S.R.M.* 1 (3): 1-82.
- FOLKVORD, A., L. YSTANES, A. JOHANNESSEN & E. MOKSNES. 1996. RNA/DNA ratios and growth of herring (*Clupea harengus* L) larvae reared in mesocosms. *Mar. Biol.* 126: 591-602.
- FREON, P., M. EL KHATTABIA, J. MENDOZA & R. GUZMÁN. 1997. Unexpected reproductive strategy. of *Sardinella aurita* off the coast of Venezuela. *Mar. Biol.* 128: 363-372.
- FREON, P. & J. MENDOZA. 2003. *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el*

- Oriente de Venezolano*. IRD Éditions. París, France, 549 pp.
- GAUGHAN, D. & R. MITCHELL. 2000. The biology and stock assessment of the tropical sardine, *Sardinella lemuru*, off the mid-west coast of Western Australia. *Fish. Res. Rep. Fish. West. Aust.* 119: 1-136.
- GIL, H., K. CHUNG, M. LEMUS & D. ALTUVE. 2002. Relación ARN/ADN como índice de condición fisiológica del híbrido de la cachama (*Colossoma macropomum*) (Cuvier, 1818) (Pisces: Charciformes) y el morocoto (*Piaractus brachypomus*) (Cuvier, 1818) (Pisces: Characiformes) durante el desarrollo embrionario. *Rev. Biol. Trop.* 48 (1): 183-186.
- HOTCHKISS, R. 1955. *The biological role of the deoxyribose nucleic acids*. In: *The nucleic acids, chemistry and biology*. Ed. J. Davidson. Academic Press, Inc. New York, USA., 435-473 pp.
- HUQ, M. & J. RODRÍGUEZ. 1988. Algunos aspectos biométricos y reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae) de la zona Nor-Oriental de Venezuela en el periodo 1958-1966. *Acta Cien. Venez.* 39 (1): 228.
- KINSEY, S., T. ORSOY & B. MAHMOUDI. 1994. Population structure of Spanish homogeneous population. *Mar. Biol.* 118: 309-317.
- LESLIE, I. 1955. *The nucleic acid content of tissues and cells*. In: *The nucleic acids, chemistry and biology*. Ed. E. Chargaff and J. Davidson. Academic Press, Inc., New York USA. 2: 1-50 pp.
- MARÍN, B. 2000. *Aspectos biológicos de la sardina en el Oriente de Venezuela*. Memorias del Taller: Evaluación, Tecnología e Industrialización de Pequeños Pelágicos "Pablo Herrera". Cumaná. Edo. Sucre, Venezuela. U.C.V. Apéndice 5 pp.
- \_\_\_\_\_, A. QUINTERO, D. BUSSIERE & J. DODSON. 2003. Reproduction and recruitment of white mullet (*Mugil curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fish. Bull.* 101: 802-821.
- MORALES-NIN, B. 1987. Métodos de determinación de la edad de los osteictios en base a estructuras de crecimiento. *Inf. Tecn. Inv. Pesq.* 143: 3-30.
- \_\_\_\_\_. 1992. *Determinación del crecimiento de peces óseos en base a la microestructura de los otolitos*. Documento Técnico de Pesca. N° 322. Roma, FAO. 58 pp.
- NEUMAN, M., D. WITTING & K. ABLE. 2001. Relationships between otolith microstructure, otolith growth, somatic growth and ontogenetic transitions in two cohorts of windowpane. *J. Fish. Biol.* 58: 967-984.
- PANFILI, J. & M. XIMENES. 1992. Measurements on ground sectioned otoliths: possibilities of bias. *J. Fish. Biol.* 41: 201-207.
- PROYECTO CARIACO. 2004 Aplicaciones Proyecto Cariaco. Universidad Simón Bolívar. Caracas Venezuela. Disponible en [http://www.intecmar.usb.ve/webware/cariaco/tem\\_pto](http://www.intecmar.usb.ve/webware/cariaco/tem_pto) (revisada septiembre 2004).
- RAMÍREZ, I. 2001. Notas sobre el recurso sardinero del nororiente de Venezuela. *Fontus* 8: 87-114.
- RAMÍREZ, T. 2002. Edad y crecimiento en larvas silvestres de *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 del nororiente de Venezuela, mediante el análisis de sus otolitos. Trab. Asc. Profesor Agregado, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 68 pp.
- SECOR, D. & J. DEAN. 1989. Somatic growth effects on the otolith-fish size relationship in young pond-reared striped bass, *Morone saxatilis*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 113-121.
- \_\_\_\_\_, J. DEAN & E. LABAN. 1992. Otolith removal and preparation for microstructural examination. In: Otolith microstructure examination and analysis. Stevenson, D. & Campana, S. (eds). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 19-57.
- STEVENSON, D. & S. CAMPANA. 1992. Otolith microstructure examination and analysis. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 117: 1-126.
- SOKAL, R. & F. ROHLF. 1997. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Third



- Edition. W. H. Freeman and Company. New York, USA. 887 pp.
- THORROLD, R. & D. WILLIAMS. 1989. Analysis of otolith microstructure to determine growth histories in larval cohorts of a tropical herring (*Herklotsichthys castelnaui*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46: 1615-1624.
- WATANABE, Y. & T. KUROKI. 1997. Asymptotic growth trajectories of larval sardine (*Sardinops melanostictus*) in the coastal waters off western Japan. *Mar. Biol.* 127: 369-378.

RECIBIDO: Diciembre 2005

ACEPTADO: Mayo 2006