Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 31 (1 & 2): 51-61 (1992); 4 figs., 1 tab.

OBSERVACIONES BIOLOGICAS EN UNA CEPA DEL ROTIFERO BRACHIONUS PLICATILIS AISLADA DE LAS SALINAS DE ARAYA, VENEZUELA

DIGNA T. RUEDA-ROA

Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela[1]

RESUMEN: A fin de caracterizar una cepa autóctona del rotífero *Brachionus plicatilis* se realizó una descripción de hembras, machos y diferentes tipos de huevos, así como de los principales parámetros poblacionales de la especie. Se estudió además el efecto de la salinidad sobre el comportamiento y el crecimiento poblacional del rotífero. La cepa aislada pertenece al morfotipo 'S', con un tamaño promedio de 183 µm de largo lórica. En microcultivos individuales de 0,5 ml, alimentados con *Chlorella* sp., a 25‰ de salinidad y 28 °C, la cepa tuvo una esperanza de vida de 6,6 días, presentando un promedio de 15,2 descendientes por hembras a una tasa intrínseca de crecimiento de 0,924 descendientes por día. La salinidad afectó la tasa instantánea de crecimiento, observándose que en los cultivos realizados a 20, 35 y 50 ‰ de salinidad, previamente aclimatados y alimentados con levadura, presentaron valores de r = 0,31; 0,20 y 0,18, respectivamente. *B. plicatilis* muestra visibles alteraciones morfológicas y fisiológicas ante cambios salinos mayores de 10‰; la óptima salinidad para el desarrollo de la cepa se encuentra entre 10 y 20‰, manifestándose también la fase sexual (mixis) en este intervalo salino.

ABSTRACT: In order to characterize a strain of the rotifer *Brachionus plicatilis*, description of the organism, different egg types, as also the main populational features of this stock were made. Besides, the effect of salinity on the behavior and population growth of the strain was studied. The isolated strain belongs to the 'S' morphotype, with an average lorical length of 183 µm. In individual microcultures (0,5 ml) fed with *Chlorella* sp., at a salinity of 25‰ and temperature of 28 °C, the stock had an average life of 6.6 days, with an average offspring of 15.2 individuals per day. The salinity affected the instantaneous growth rate, which could be observed in cultures with salinities ranging from 20, 35 and 50‰. All of these were previously acclimated and fed with yeast, which showed values of r = 0.31, 0.20 and 0.18, respectively. *B. plicatilis* showed visible morphological and physiological alterations in changes of salinities above 10‰. The optimal salinity for the best pupulation growth ranged between 10‰ and 20‰, in which the sexual phase (mixis) also occurred.

INTRODUCCION

Brachionus plicatilis es un asquelminto de 100 a 340 µm de largo (FUKUSHO, 1989), de comportamiento euritérmico y eurihalino, posee un rápido crecimiento poblacional y es resistente a altas densidades de cultivos (COLL, 1983; WALKER, 1981); estas características lo hacen muy apropiado para su utilización como alimento en larvicultura.

Datos de tipo genético, fisiológico y morfológico sugieren una gran variabilidad intraespecífica, debido a lo cual existe una alta heterogeneidad en las respuestas de diferentes cepas de *B. plicatilis* ante idénticas condiciones de cultivo (HAGIWARA *et al.*, 1988; SERRA, 1987; YÚFERA, 1982). Por ello, es imprescindible conocer detalladamente la fisiología de cualquier cepa antes de establecer su cultivo masivo, siendo ideal aislar y evaluar diferentes cepas a fin de escoger las de tamaño y fisiología apropiadas a la finalidad del cultivo.

En un principio, los trabajos realizados en Venezuela sobre *Brachionus plicatilis* fueron taxonómicos y ecológicos (INFANTE, 1978, 1982; MARCANO, 1979; MICHELANGELLI *et al.*, 1980; ZOPPI, 1974). Posteriormente, debido al auge de los cultivos camaroneros en el país, se han estudiado las técnicas y optimización del cultivo de cepas autónomas de *B. plicatilis* como alimento para las larvas de camarones (BRAZÓN, 1990; HUNG, 1989; MARÍN *et al.*, 1990). Conociendo la variabilidad de esta especie, se quiso ampliar los conocimientos básicos de cepas autóctonas, planteándose en el presente trabajo la descripción de la morfología y el comportamiento de una cepa autóctona de *Brachionus plicatilis*, incluyendo las características poblacionales más resaltantes y el efecto que la concentración salina ejerce sobre ellos.

MATERIALES Y METODOS

OBTENCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CEPA:

Los especímenes de *Brachionus plicatilis* fueron ais-

[1]*Dirección de correspondencia: Apartado postal 6425, Caracas, 1010-A, Venezuela.*

lados de muestras de agua superficial (45‰ de salinidad) colectadas en las Salinas de Araya (Estado Sucre, Venezuela) en octubre de 1987; la cepa estudiada se obtuvo a partir de una hembra partenogénica y fue mantenida en el laboratorio en agua de mar (36‰) en un intervalo de temperatura de 27 a 32 °C, alimentada con *Chlorella* sp., *Chaetoceros* sp. o *Dunaliella* sp.

MEDIOS DE CULTIVO:

Los medios de cultivos se prepararon con agua de mar envejecida y esterilizada en un autoclave; posteriormente se enriquecieron con 0,1 ml/l de BAYFOLAND (FERTILIZANTE FOLIAR, BAYER C.A.). Para la obtención de las diferentes salinidades se utilizó sal bruta (procedente de la Salinas de Araya), agua de mar y agua bidestilada, comprobándose la salinidad con un refractómetro.

DESCRIPCIÓN DE LA CEPA AISLADA:

Se realizaron observaciones morfológicas, morfométricas y de comportamiento en las hembras, machos y huevos de la cepa aislada de *B. plicatilis*; para ello se utilizó lupa estereoscópica, microscopio óptico y micrómetro ocular. Las características morfométricas se determinaron en organismos cultivados a 25‰ de salinidad (en la cual se obtiene una alta densidad poblacional). Los rotíferos se colectaron durante la fase avanzada del crecimiento exponencial, midiendo el largo y ancho de los huevos y de la lórica de los organismos (en los machos el largo incluye lórica y corona, debido a que al ser fijados la corona no se retrae, (Fig. 1-d).

PARÁMETROS POBLACIONALES:

La siguiente metodología es similar a la empleada por SERRA (1987). De un cultivo de rotíferos, previamente aclimatados a las condiciones experimentales por quince días, se tomaron aproximadamente 200 hembras portadoras de huevos amícticos; de estos huevos, se aislaron 43 neonatos nacidos en el lapso de una hora, colocando a cada uno en cultivos individuales de 0,5 ml con *Chlorella* sp. (1×10^7 cel/l). Los microcultivos se realizaron a una salinidad de 25‰ y se mantuvieron en una incubadora a 28 °C de temperatura y luz continua. Diariamente se contabilizó la progenie de cada rotífero y se eliminó la descendencia, permaneciendo en el cultivo únicamente el organismo progenitor. Según el modelo de PIANKA (1970) se preparó la tabla de vida de la cohorte estudiada, a partir de la cual se calculó la tasa neta de reproducción (Ro), la esperanza de vida (e) y el esfuerzo reproductivo diario (erd). Se utilizó la ecuación de LOTKA (1922) para la obtención de la tasa intrínseca de crecimiento (r) a partir de la cual se calculó el tiempo generacional (G).

EFECTOS DE LA SALINIDAD:

La cepa fue sometida a un amplio intervalo de salinidad (0 a 100‰) con el fin de observar su aclimatación y comportamiento ante los cambios salinos.

Por otra parte, se realizó un ensayo para estudiar el efecto de la salinidad (20, 35 y 50‰) en el crecimiento poblacional del rotífero. En cada tratamiento se prepararon 45 tubos de ensayo con 2 ml de medio estéril, en los cuales se introdujeron dos hembras ovadas, previamente aclimatadas por quince días a las diferentes salinidades. Los cultivos se mantuvieron en una incubadora a 28 °C y luz continua. Como alimento se utilizó levadura de panificación (4×10^6 cel/ml cada dos días) en vez de microalgas, para evitar introducir otra variable debido a los cambios fisiológicos que puede producir la salinidad en las microalgas. Diariamente se tomaron al azar tres tubos de cada salinidad, fijando su contenido en lugol y contabilizando el número total de rotíferos. A partir de las curvas poblacionales se calcularon las tasas instantáneas de crecimiento (r), donde r es la pendiente de la recta obtenida con la regresión lineal de la fase de crecimiento exponencial.

RESULTADOS Y DISCUSION

DESCRIPCIÓN DE LA CEPA AISLADA:

ORGANISMOS:

Durante la fase avanzada del crecimiento exponencial del cultivo, la población femenina presentó una variación en la longitud de lórica de 142 a 224 µm con un promedio de 182,9 (± 3,19) µm, encontrándose el 80% de la población en el intervalo de 156 a 202 µm; la proporción media del ancho de la lórica con respecto a su longitud fue de 76,7% (± 4,85).

La forma y tamaño de la lórica (Fig. 1) indican que esta cepa pertenece al morfotipo 'S' ('small type'). Esta variedad se caracteriza por: A) tamaño comprendido entre

100 a 210 µm de longitud, B) forma de óvalo redondeado (donde el ancho de lórica es cerca del 80% de la longitud) y C) margen dorsal de la lórica con espinas aguzadas (FUKUSHO, 1989; OKAUCHI & FUKUSHO, 1985b; YAMASAKY, *et al.* 1987).

El tamaño de los rotíferos es un parámetro muy importante para la acuicultura, ya que las larvas de organismos cultivados se alimentan preferentemente de ciertas tallas de presas, variando esta preferencia según la especie cultivada y la edad de la larva (OKAUCHI & FUKUSHO, 1985; YÚFERA, 1982), siendo difícil encontrar alimento vivo para las etapas larvales más tempranas, donde se requiere de presas muy pequeñas. La cepa aislada tiene el tamaño apropiado para la alimentación de etapas larvales tempranas de *Sparus aurata* y *Dicentrarchus labrax* y en larvas de más de 4 días de *Mugil cephalus* y *Engraulis mordax* (THEILACKER & MACMASTER, 1971; YÚFERA, 1982).

Las hembras senescentes se reconocieron por sus movimientos lentos y erráticos, menor velocidad de filtración y, principalmente, por la reducción de sus órganos internos, en especial del germovitelario.

TABLA I. DIFERENCIAS ENTRE LAS HEMBRAS Y MACHOS DE BRACHIONUS PLICATILIS

Parámetro	Hembras	Machos
Tamaño del cuerpo (µm)	(Lórica)	(Lórica y corona)
Largo:	189,9 ± 2,89	111,3 ± 1,32
Ancho:	144,7 ± 2,76	72,1 ± 0,78
Pie:	Normal	Reducido
Mástax:	Presente	Ausente
Actividad alimenticia:	Presente	Ausente
Crecimiento después del nacimiento:	Presente	Ausente
Locomoción:	Lenta, con movimientos de levorrotación avanzando helicoidalmente.	Rápida; movimientos de levorrotación; avance en forma de zigzag en un solo plano.
Longevidad (días): (a 28°C y 25‰ de salinidad).	8 - 12	1 - 2,5
Lórica:	Gruesa. Forma bien definida.	Delgada. Morfología diferente a la de la hembra.
Corona de cilios:	Retraible dentro de la lórica.	No retraíble.
Reacción ante la luz:	Fototactismo positivo.	Dudosa.

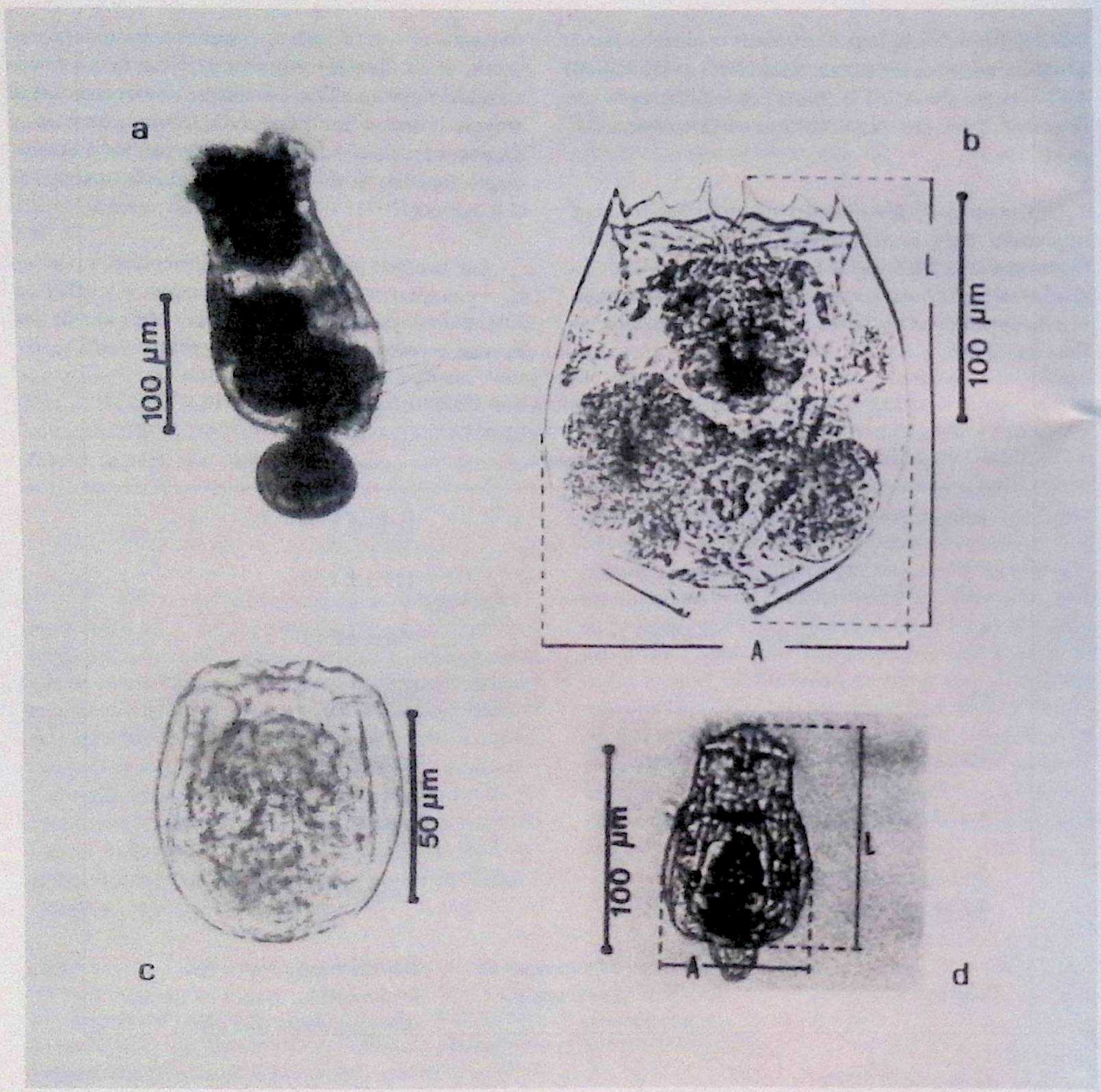


Fig. 1. Ejemplares de hembras y machos de la cepa aislada de *Brachionus plicatilis*. (a) Hembra con la corona y el pie extendidos transportando un huevo míctico en la base del pie (b) Lórica de la hembra señalando los parámetros morfométricos utilizados (L: longitud, A: ancho). (c) Lórica vacía del macho. (d) En los ejemplares masculinos la longitud incluye la lórica y la corona.

En la Tabla 1 y la Figura 1 se aprecia el marcado dimorfismo sexual de *B. plicatilis*, lo que coincide con lo descrito por GILBERT (1963) para otras especies de *Brachionus*. Los machos fueron fácilmente distinguibles de las hembras recién eclosionadas por presentar una masa densa en la parte posterior del cuerpo (el testículo) y por la mayor velocidad y diferente patrón de locomoción (Tabla 1). Muchos de ellos se observaron sobre la lórica de las hembras dando vueltas rápidamente alrededor de éstas (comportamiento precopulatorio). Las reacciones de apareamiento observadas fueron similares a las descritas por GILBERT (*op. cit.*) para este género.

HUEVOS:

Los huevos amícticos, mícticos y de resistencia se diferencian entre sí por su morfología y tamaño (Fig. 2). Los huevos de resistencia son los más grandes (Largo L = 112,7 ± 6,38 µm; Ancho A = 86,3 ± 9,95 µm) seguidos por los huevos amícticos (L = 94,9 ± 7,01 µm; A = 69,5 ± 5,53 µm) siendo los huevos mícticos los más pequeños (L = 74,9 ± 3,92 µm; A = 58,5 ± 6,02 µm). Se pudo apreciar que los tres tipos de huevos se mantienen unidos al exterior de la lórica materna por medio de un pedúnculo proveniente del interior de la cloaca; este pedúnculo a veces persiste en los huevos sueltos (Figs. 2c y 2d).

Las poblaciones de *B. plicatilis* normalmente presentan reproducción partenogénica, por lo que el huevo amíctico es el observado comúnmente. En éstos, el citoplasma es gris claro y ocupa todo el interior del huevo; al momento de la eclosión, se observó que el huevo se abre por su eje menor emergiendo una hembra. Se observaron organismos transportando desde uno hasta cinco huevos de este tipo, siendo común observar entre 1 y 2 huevos.

Los huevos mícticos (de donde nacen los machos) fueron bastante semejantes a los amícticos en cuanto a su coloración, textura y modo de eclosión, pudiendo diferenciarse de ellos por ser más pequeños y ligeramente más redondeados y porque las hembras los transportan en pares, cargando a la vez entre 2 y 8 huevos.

La cepa aislada transporta un solo huevo de resistencia (producidos por reproducción sexual) externamente en la base del pie y nunca dentro de la lórica como se ha encontrado en otras cepas del tipo 'S' (Okauchi & Fukusho, 1985a). Esta característica podría suponer una ventaja para esta cepa al permitir que la hembra produzca más de un huevo de resistencia durante su tiempo de vida, al contrario de las cepas que los transportan internamente que sólo pueden producir un huevo de resistencia que perdura dentro de la lórica de la madre aún después de muerta.

En los huevos de resistencia se observó una cubierta aparentemente más gruesa que la de los anteriores. En su interior se divisaron dos envolturas muy sutiles separadas por un espacio hialino, la primera de ellas adherida al interior de la cubierta del huevo y la otra, envolviendo el citoplasma.

Se pudo distinguir diferentes estadíos de los huevos de resistencia por la coloración del citoplasma: durante la fase de latencia (diapausa), la coloración del citoplasma fue marrón oscuro; al terminar el estado de diapausa y comenzar a desarrollarse el embrión, el citoplasma se

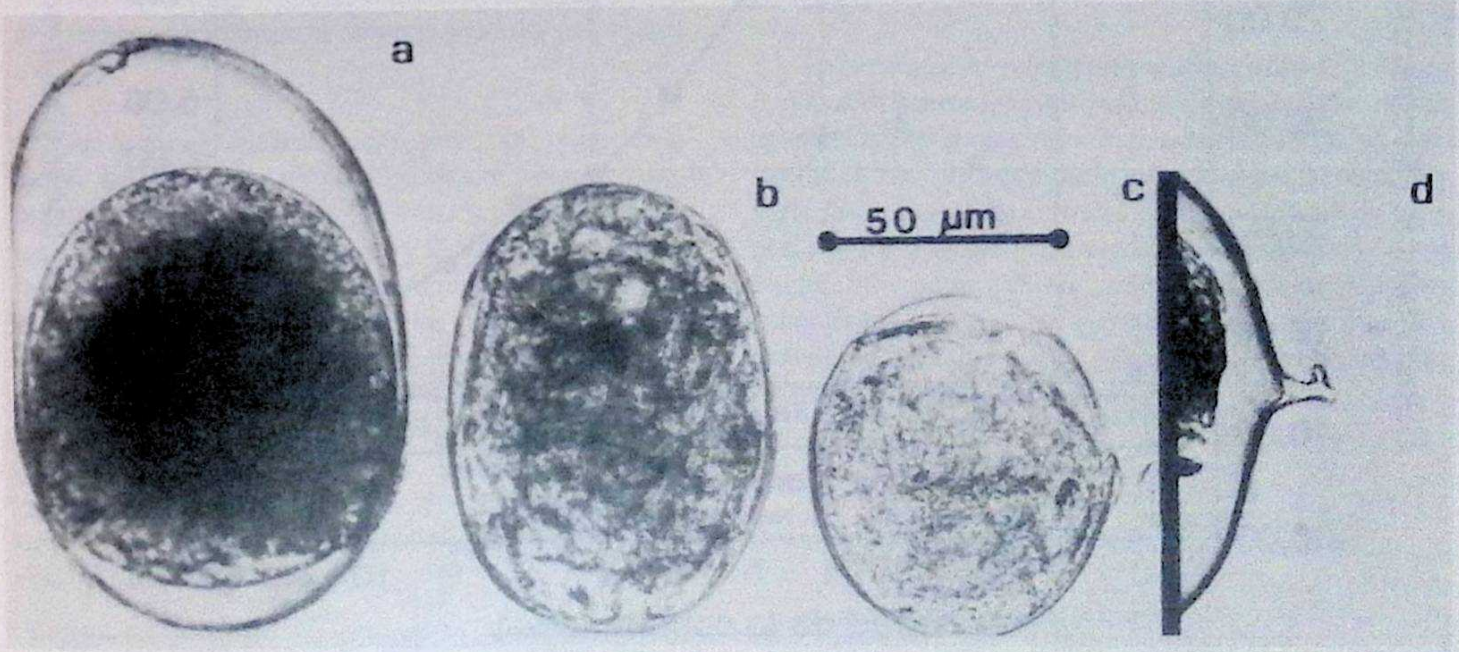


Fig. 2. Diferentes tipos de huevos de la cepa aislada de *Brachionus plicatilis*. (a) Huevo de resistencia o quístico. (b) Huevo amíctico o partenogénico. (c) Huevo míctico o sexual; al lado derecho se aprecia resto del pedúnculo que mantenía el huevo unido a la madre. (d) Detalle de un huevo amíctico mostrando resto del pedúnculo.

tornó amarillento; los huevos muertos pudieron distinguirse por su coloración grisácea.

El tiempo mínimo de diapausa (a 20 ‰ de salinidad, temperatura e iluminación naturales) fue de una semana. Al momento de la eclosión, al contrario que en los otros huevos, se observó la apertura de un opérculo en el extremo opuesto del espacio hialino. Se logró el almacenamiento de huevos de resistencia durante el lapso de cuatro meses en alta salinidad (50‰), 25 °C de temperatura y completa oscuridad. Condiciones similares a las que BLANCHOT & POURRIOT (1982) recomiendan para almacenar los huevos de resistencia: temperaturas bajas (≤ 10 °C) o altas salinidades (≈ 33‰) y oscuridad permanente. Para inducir la eclosión, se trasladaron a medio fresco (20‰ de salinidad) y condiciones naturales de temperatura e iluminación. Cuando se almacenaron huevos de resistencia a 20 ó 35‰ de salinidad, éstos eclosionaron espontáneamente en un lapso menor a un mes. En algunos huevos, mantenidos durante varios meses a 50‰ de salinidad, se observó un detalle interesante de señalar: pocas horas antes de eclosionar espontáneamente, se formó, en el espacio hialino, una burbuja de gas entre la cáscara y la primera envoltura, confiriéndole al huevo una flotabilidad entre neutra a positiva. Este fenómeno podría estar relacionado a los bajos niveles de oxígeno presentes en aguas de elevada salinidad; quizás el proceso de desarrollo del embrión requiera cierta cantidad de oxígeno, siendo la formación de burbujas un mecanismo desarrollado para aproximar los huevos a la superficie del medio donde hay una mayor concentración de este gas.

PARÁMETROS POBLACIONALES:

La cepa de *B. plicatilis* (cultivada a 25 ‰ de salinidad, 28 °C y alimentada con *Chlorella* sp.) presentó una esperanza de vida (e) de 6,6 días; en promedio, cada hembra tuvo 15,2 descendientes (Ro) a razón de 2,29 descendientes por día (erd), presentó un tiempo generacional (G) de 3,0 días y una tasa intrínseca de crecimiento (r) igual a 0,924.

En la Fig. 3 se puede apreciar la duración de las fases juvenil (pre-reproductiva), adulta (reproductiva) y senil

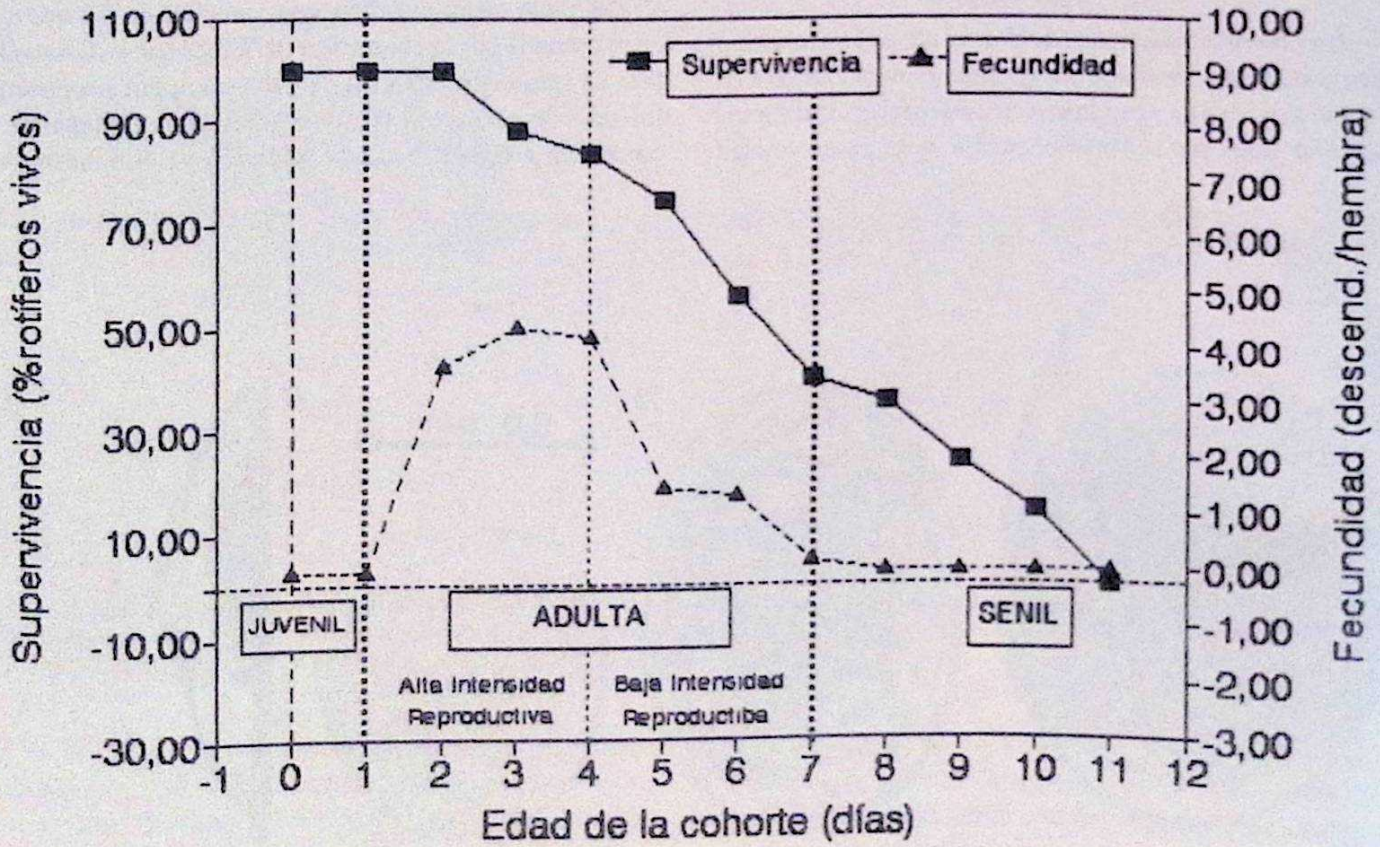


Fig. 3. Curvas de supervivencia y evolución de la fecundidad específica en una cohorte de la cepa aislada de *Brachionus plicatilis*, los recuadros señalan las diferentes etapas de vida. Microcultivos individuales de 0,5 ml mantenidos a 28 °C, 25 ‰ de salinidad, luz continua y alimentados con *Chlorella* sp. (1×10^7 cel/ml).

(post-reproductiva), así como la supervivencia de la cohorte estudiada. Nótese que todos los organismos llegaron a la fase reproductiva, por lo que aún los primeros organismos en morir (a los 3 días) pudieron dejar descendencia. La fase adulta pudo dividirse en dos partes de igual duración (Fig. 3): una de alta intensidad reproductiva, observada desde el primer día hasta el cuarto, en la cual la cohorte produjo el 81% de su descendencia; la segunda, de baja intensidad reproductiva (19% de la descendencia), se presentó desde el cuarto día hasta el séptimo. Más del 80% de la cohorte sobrepasó la fase de mayor intensidad reproductiva; sin embargo, durante el lapso de la baja intensidad reproductiva, el descenso de la supervivencia fue más acentuado, muriendo el 44% de la población en el transcurso de tres días. Es posible que esta mortandad haya sido debida al desgaste fisiológico de los organismos por el esfuerzo reproductivo realizado. Cerca del 40% de la cohorte alcanzó la etapa de senilidad.

Ruttner-Kolisko (1972) coincide al reportar largas fases post-reproductivas en *B. plicatilis*, observando que la temperatura no afecta las proporciones de las diferentes etapas de vida; Serra (1987) también obtiene fases seniles prolongadas, resaltando que la salinidad tampoco parece influir en este parámetro, pareciendo más bien una cualidad innata de cada cepa de rotífero. Sin embargo, Korstad *et al.*, (1989) encontraron una gran influencia del tipo de alimento en la proporción de las diferentes etapas de vida al afectar la duración de la fase reproductiva del organismo.

En el trabajo realizado por Serra (1987) bajo condiciones ambientales y metodológicas similares a las aquí utilizadas, se observan valores entre 0,68 a 0,99 para la tasa intrínseca de crecimiento (r) y 12,6 a 21,2 descendientes/hembra para la reproducción neta (Ro); estos valores, según el autor, son comparables a los máximos registrados en la literatura. Los parámetros poblacionales obtenidos en el presente trabajo se encuentran dentro de estos intervalos, indicando que las condiciones ambientales utilizadas deben estar cercanas a las óptimas para la cepa estudiada. Para confirmarlo, es necesario realizar experiencias similares sometiendo la cepa estudiada a otras condiciones ambientales.

Por otra parte, los valores obtenidos evidencian que la metodología utilizada en este ensayo tiene un alto grado de optimización. Aún cuando su utilización no ha sido muy extendida, la detallada información que se obtiene sobre las características poblacionales de una cohorte (ver por ejemplo: Serra, 1989 y Korstad *et al.*, 1989), la corta duración de los ensayos y la facilidad de comparación de los resultados, la hacen una metodología eficiente para este tipo de estudios.

Las características poblacionales obtenidas para la cepa aislada confirman que tiene una estrategia dirigida hacia la reproducción; siendo, como lo define Walker (1981), una especie "r" u oportunista. Sin embargo, como una aparente contradicción, la cepa presenta una fase de senilidad relativamente larga para un organismo tipo r; además, el período de fecundidad se extiende más allá de lo esencial para asegurar altas tasas de crecimiento poblacional. En términos de eficiencia poblacional para especies oportunistas, esto implica que los individuos que no contribuyen mayormente en el crecimiento poblacional (organismos seniles o en la última etapa reproductiva) compiten activamente con los otros por los recursos alimenticios. De ello se deduce que la presencia de estos organismos debe ser ventajosa para la población en conjunto.

Por ejemplo, el alargamiento de la fase reproductiva parece estar relacionado con la producción de descendencia míctica, la cual según Lubzens & Minkoff (1988), es mayor en las fases intermedia y final del período reproductivo de la madre.

La presencia de organismos seniles en la población de *B. plicatilis* tiene un sentido más enigmático; se ha tratado de explicar por el concepto de "cuidados parentales indirectos" (King, 1982), donde la población adulta condicionaría favorablemente el medio para los individuos jóvenes; aunque también se ha sugerido la posibilidad de que exista una depredación preferente en organismos senescentes debido a la lentitud de sus movimientos, permitiendo así una mayor sobrevivencia de los organismos más jóvenes (Snell, 1987).

Efecto de la Salinidad:

Respuesta a los cambios salinos:

La cepa aislada pudo ser incubada en medios con una salinidad de 5 a 94‰, concordando con lo informado por Ito (1960) (1 a 97‰). A partir de 60‰ se observaron escasos huevos, la densidad poblacional fue baja y se percibió un notable descenso en la motilidad de los orga-

nismos; cuando la salinidad fue superior de 80‰ no se observó producción de huevos. Los rotíferos toleraron cambios directos de salinidad de hasta 20‰ por encima o por debajo a la salinidad de su medio, sin embargo, el aumento directo de la salinidad pareció producir mayor stress que su disminución, por lo que fue conveniente su incremento gradual. Se pudo apreciar que los huevos bien desarrollados pudieron eclosionar y sobrevivir a cambios salinos que fueron letales a organismos ya eclosionados.

Los rotíferos transferidos a salinidades superiores o inferiores en un 10 a 20‰ sufren cambios muy visibles. En salinidades superiores a la de su medio de origen, los animales retrajeron la corona y el pie, la lórica se arrugó, la actividad motora fue drásticamente reducida y cambió el patrón de natación. En salinidades inferiores, los organismos hiperextendieron el pie y la corona adhiriéndose a las paredes o fondo del envase de cultivo; aunque presentaron fuertes contracciones del mástax y del pie, la actividad motora y alimenticia no fueron grandemente afectadas. Luego de 10 a 30 minutos (dependiendo de la magnitud del cambio salino) los rotíferos regresan a la normalidad. EPP & WINSTON (1977) sostienen que *B. plicatilis* es un organismo "osmocoformador", es decir, que mantienen la osmolaridad de sus fluidos internos igual a la de su medio. Esto explica las dramáticas transformaciones que sufre el organismo ante los cambios de salinidad.

MIXIS:

Cuando la cepa estudiada fue incubada en 10 y 25‰ de salinidad, se presentó mixis en la población (presencia de machos) y producción de huevos de resistencia, observándose la mayor producción de estos huevos a 10‰ de salinidad. GILBERT (1977) expone que la mayoría de los estudios de *B. plicatilis* establecen las altas densidades poblacionales como el principal factor desencadenante de la mixis. SNELL (1986) presenta otro punto de vista, sugiriendo que la reproducción sexual se presenta en el intervalo de condiciones óptimas para el crecimiento de *B. plicatilis*; este enfoque parece tener más sentido, lo que hace suponer que los huevos de resistencia se producen cuando las hembras tienen una óptima condición fisiológica. Es interesante notar que en rotíferos alimentados con *Chaetoceros* sp. (datos no publicados) se observó mayor producción de huevos de resistencia que en cultivos con las mismas condiciones ambientales y otros alimentos, lo cual podría indicar que esta microalga es más nutritiva para esta cepa de *B. plicatilis*.

CRECIMIENTO POBLACIONAL:

El crecimiento poblacional de la cepa aislada fue inversamente proporcional a las salinidades ensayadas (Fig. 4). A medida que aumentó la salinidad se produjo una disminución en las tasas instantáneas de crecimiento y en las densidades poblacionales máximas alcanzadas. La velocidad de crecimiento (r) para las salinidades de 20, 35 y 50‰ fue de 0,31 (± 0,009); 0,20 (± 0,030) y 0,18 (± 0,021) individuos/día, respectivamente ($p = < 0,05$). En la salinidad de 20‰, prácticamente no hubo fase de latencia; en cambio, en las salinidades de 35 y 50‰, ésta fue de 4 días para cada una (Fig. 4). En 50‰ de salinidad se presentó la más corta fase de crecimiento exponencial y la menor densidad poblacional, además los valores presentaron gran dispersión (datos no mostrados).

Comparando las tasas instantáneas de crecimiento obtenidas con las registradas por la literatura en cultivos alimentados con levadura, se observa que el valor de r para 35‰ de salinidad es comparable al reportado por YÚFERA & PASCUAL (1980) (0,20 indiv./día). Sin embargo, el valor obtenido para la salinidad de 20‰ es un poco menor al encontrado por HIRAYAMA & NAKAMURA (1976) (r = 0,389 indiv./día a 22‰ de salinidad). Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias en: la metodología, la fisiología de las cepas de rotíferos e, incluso, al tipo de levadura utilizada.

En diversos trabajos se ha encontrado que las altas salinidades provocan una disminución de la tasa instantánea de crecimiento y de las densidades máximas alcanzada por la población de *Brachionus plicatilis* (LUBZENS *et al.*, 1985; PASCUAL & YÚFERA, 1983; SERRA, 1987); SERRA (*op. cit.*) afirma que las salinidades óptimas influyen en el rotífero aumentando no sólo la velocidad de la producción de la descendencia (r), sino también la cantidad de descendientes por hembra (Ro).

Aparte de este ensayo, se observó que el crecimiento poblacional de la cepa aislada fue mayor en cultivos mantenidos a 10‰ de salinidad (datos no publicados) siendo probable que su óptimo se encuentre entre 10 y 20‰.

El intervalo de salinidad óptima (10 a 20‰) para el

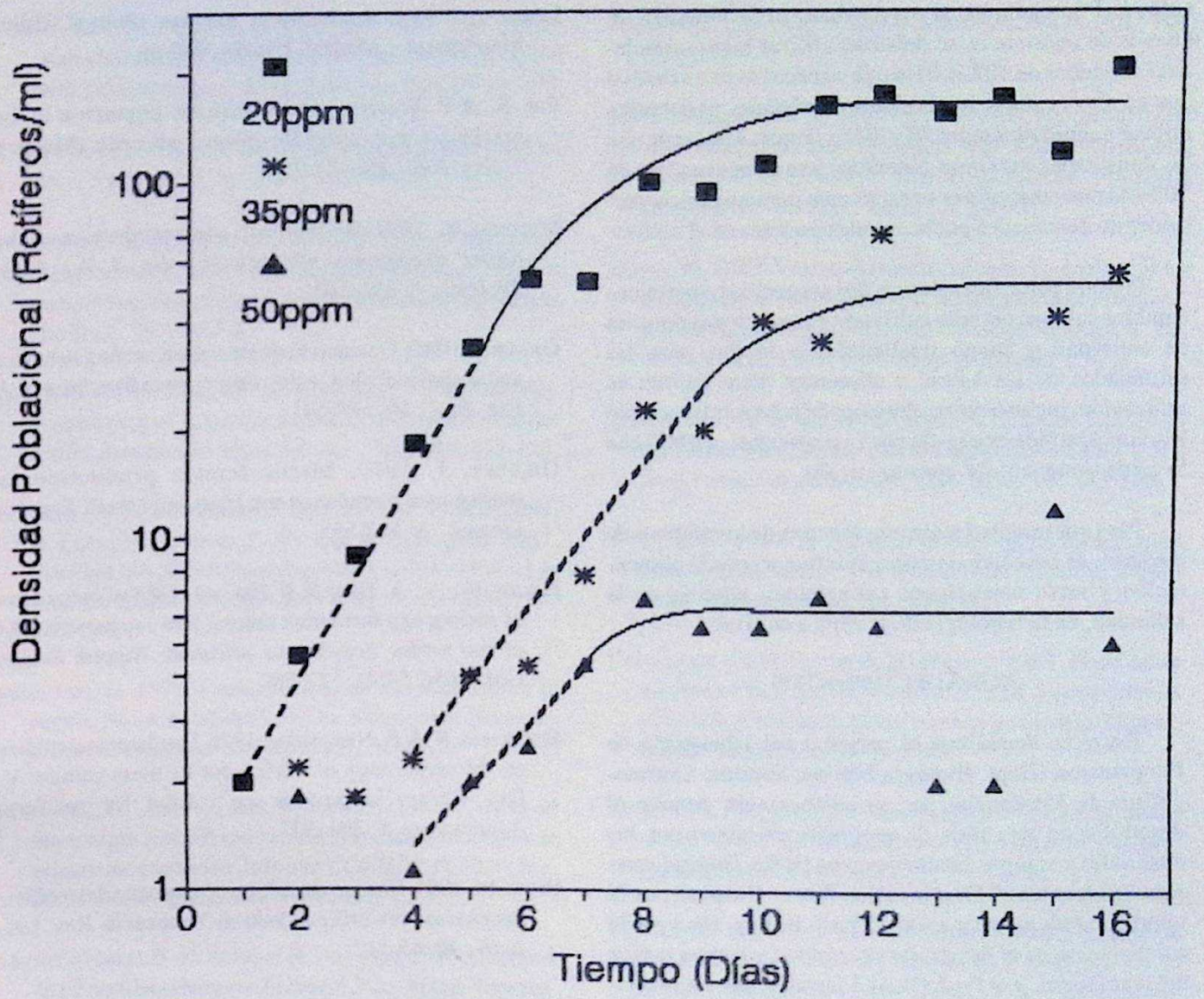


Fig. 4. Efecto de la salinidad sobre el crecimiento poblacional de la cepa aislada de *Brachionus plicatilis*. Las líneas punteadas representan la fase de crecimiento exponencial. Cultivos en 20, 35 y 50 ‰ de la salinidad, mantenidos a 28 °C, luz continua, y alimentados con levadura de panificación (4×10^6 cel/ml/2 días).

crecimiento poblacional de la cepa aislada se encuentra muy alejada a la de su lugar de procedencia (45‰). La existencia de densidades poblacionales apreciables de este rotífero en este medio hipersalino puede ser resultado de la disminución de predadores en estas salinidades y a que los rotíferos sean más eficientes que sus competidores potenciales en este medio.

Consideraciones Generales

Para conocer y predecir la dinámica poblacional de *B. plicatilis* es importante poder diferenciar las hembras de los machos y los diferentes tipos de huevos. En el caso de la acuicultura, donde es vital mantener las poblaciones del rotífero en la fase asexual, la temprana detección de los huevos mícticos (que indican el inicio de la mixis) podría permitir tomar las medidas necesarias para mantener la población en reproducción partenogénica.

La amplia capacidad eurihalina de la cepa aislada y el efecto de la salinidad en su fisiología permite manipular la velocidad del crecimiento poblacional, densidades máximas, aparición de mixis y producción de huevos de resistencia en los cultivos, dependiendo de la finalidad de su

cultivo. Por ejemplo, si se persigue la producción de huevos de resistencia, se deberían utilizar bajas salinidades (alrededor de 10‰). Si lo que se necesita es un cultivo con un alto y estable rendimiento de cosecha, se deberían utilizar salinidades entre 20 y 30‰, donde, a pesar de que las densidades máximas obtenidas son inferiores que en 10‰, la reproducción es básicamente partenogénica, permitiendo densidades poblacionales estables en el cultivo.

Por otra parte, la tolerancia de la especie a importantes cambios salinos, permite cultivarla a condiciones óptimas de salinidad y luego trasladarlas a medios con las salinidades de las larvas a alimentar. Esto facilita su utilización, incluso como alimento de larvas dulceacuícolas, como ha sido ensayado por LUBZENS *et al.*, (1987) con la carpa ornamental *Cyprinus carpio*.

Para una manipulación más efectiva de los cultivos de rotíferos, es necesario conocer la influencia de la alimentación y otras condiciones ambientales, además de la salinidad, en la fisiología de la cepa a cultivar.

AGRADECIMIENTOS

Estoy en deuda con el personal del laboratorio de Fitoplancton (Dept. Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela) por su colaboración durante el desarrollo de esta tesis de pregrado, así como por los materiales y equipos facilitados para tal fin. Extiendo mis agradecimientos al Dr. GREGORIO REYES VÁSQUEZ por la tutoría de esta investigación, al Prof. RAFAEL DÍAZ por la colaboración en el desarrollo del trabajo y lectura crítica del manuscrito, y al Prof. CÉSAR LODEIROS, por sus acertadas observaciones a este manuscrito.

REFERENCIAS

BLANCHOT, J. & R. POURRIOT. 1982. Influence de trois facteurs de l'environnement, lumière, température et salinité, sur l'éclosion des oeufs de durée d'un clone de *Brachionus plicatilis* (O.F. Müller) Rotifére. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 295: 243-246.

BRAZÓN, P. 1990. Cultivo masivo de alimento para las larvas del camarón blanco *Penaeus schmitti*, Burkenroad, 1936. Trabajo de Pasantía de Licenciatura en Biología Marina. UDO, Cumaná, Venezuela, 68 pp.

COLL, J. 1983. *Acuicultura marina animal*. Edic. Mundiprensa, Madrid, España, 670 pp.

EPP, R. & P. WINSTON. 1977. Osmotic regulation in the brackish-water rotifer *Brachionus plicatilis* (Müller). *J. Exp. Biol.*, 68: 151-156.

FUKUSHO, K. 1989. Biology and mass production of the rotifer *Brachionus plicatilis* (1). *Int. J. Aq. Fish. Technol.*, 1: 232-240.

GILBERT, J. 1963. Contact chemoreception, mating behavior and sexual isolation in the rotifer genus *Brachionus*. *J. Exp. Biol.*, 40: 635-641.

GILBERT, J. 1977. Mictic-female production in monogononte rotifers. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 8: 142-155.

HAGIWARA, A.; A. HINO & R. HIRANO. 1988. Comparison of resting egg formation among five Japanese stocks of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54(4): 577-580.

HIRAYAMA, K. & K. NAKAMURA. 1976. Fundamental studies on the physiology of rotifers for its mass culture. V. Dry *Chlorella* powder as a food for rotifers. *Aquaculture*, 8: 301-307.

HUNG, M. 1989. Ensayo de cultivo de una cepa del rotífero *Brachionus plicatilis* aislada en Venezuela. Rev. Lat. Acui., 40: 85-112.

INFANTE, A. 1978. Natural food of herbivorous zooplankton of Lake Valencia (Venezuela). *Arch. Hydrobiol.*, 93: 194-208.

INFANTE, A. 1982. Annual variations in abundance of zooplankton in Lake Valencia (Venezuela). *Arch. Hydrobiol.*, 93: 194-208.

ITO, T. 1960. On the culture of the mixohaline rotifer *Brachionus plicatilis* in sea water. *Rep. Fac. Fish. Prefect. Univ. Mie.*, 3: 708-740.

KING, C. 1982. The evolution of life span. In: *Evolution and genetics of life history*. H. Dingle & J. P. Hegman (Eds.), Springer - Verlag, N. Y., pp: 121-138.

KORSTAD, J.; Y. OLSEN & O. VADSTEIN. 1989. Life history characteristics of *Brachionus plicatilis* (Rotifera) fed with different algae. *Hydrobiologia*, 186/187: 43-50.

LOTKA, A. 1922. The stability of the normal age distribution. Proc. *Natl. Acad. Sci. USA*, 8: 339-345.

LUBZENS, E. & G. MINKOFF. 1988. Influence of the age of algae fed to rotifer (*Brachionus plicatilis* O. F. Müller) on the expresion of mixis in their progenies. *Oecologia* (Berlin), 75: 430-435.

LUBZENS, E.; G. MINKOFF & S. MAROM. 1985. Salinity dependence of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Mar. Biol.*, 85: 123-126.

LUBZENS, E.; S. ROTHBARD, A. BLUMENTHAL, G. KOLODNY, B. PERRY, B. OLUND, Y. WAX, & H. FARBSTEIN. 1987. Possible use of *Brachionus plicatilis* (O. F. Müller) as food for freshwater cyprinid larvae. *Aquaculture*, 60: 143-155.

MARCANO, G. 1979. Composición del zooplancton en la región Nororiental del Lago de Maracaibo. *Serie Informes Científicos DGIIA/IC/01, MARNR.*

MARÍN, N.; C. LODEIROS & R. VERGINELLI. 1990. Cultivo de microalgas y rotíferos para la alimentación inicial de organismos marinos. Informe CONICIT PC-050, Instituto Oceanográfico de Venezuela, 83 p.

MICHELANGELLI, F.; E. ZOPPI, & R. POURRIOT. 1980. Rotíferos de sabanas inundables en Mantecal, Edo. Apure, Venezuela. *Cah. ORSTOM, Ser. Hydrobiol.*, 13(1/2): 47-59.

OKAUCHI, M & K. FUKUSHO. 1985a. Different modes in carrying resting eggs of wild S-strains of the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquac.*, 8: 59-61.

OKAUCHI, M & K. FUKUSHO. 1985b. Different modes in carrying resting eggs between two wild types of the rotifer *Brachionus plicatilis* from Matsusaka. *Bull Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51(11): 1907.

PASCUAL, E. & M. YUFERA. 1983. Crecimiento en cultivo de una cepa de *Brachionus plicatilis* O. F. Müller en función de la temperatura y de la salinidad. *Inv. Pesq.*, 47(1) 151-159.

PIANKA, E. 1970. On r- and k- selection. *Amer. Nat.*, 104: 592-597.

RUTTNER-KOLISKO, A. 1972. Der einfluß von temperatur und salzgehalt des mediums auf sloffwechsel-und vemehrunzsintensität von *Brachionus plicatilis* (Rotatoria). *Dt. Zool. Ges.*, 65: 89-95.

SERRA, M. 1987. Variación morfométrica, isoenzimática y demográfica en poblaciones de *Brachionus plicatilis*. Diferenciación genética y plasticidad fenotípica. Tesis Doctoral, Univ. de Valencia, España. 274 p.

THEILACKER, G. & M. MCMASTER. 1971. Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as a food for larval anchovies. *Mar. Biol.*, 10: 183-188.

WALKER, K. 1981. A synopsis of ecological information on the saline lake rotifer *Brachionus plicatilis* Müller 1786. *Hydrobiologia*, 81: 159-167.

YAMASAKY, S.; D. SECOR & H. HIRATA. 1987. Population growth of two types of rotifer (L and S) *Brachionus plicatilis* at different dissolved oxygen levels. Nippon Suisan Gakkaishi, 53(7): 1303.

YÚFERA, M. 1982. Morphometric characterization of small-sized strain of *Brachionus plicatilis* in culture. Aquaculture, 27(1) 55-61.

YÚFERA, M. & E. PASCUAL. 1980. Estudio del rendimiento del cultivo del rotífero *Brachionus plicatilis* O. F. Müller, alimentados con levadura de panificación. *Inv. Pesq.*, 44(2): 361-368.

ZOPPI, E. 1974. Comparación de algunas características del plancton entre las lagunas costeras de Tacarigua y Unare, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 13(1/2): 129-146.