

# Composición y abundancia estacional del microzooplancton superficial de la bahía Ancón de Sardinas, Pacífico colombiano

## *Composition and seasonal abundance of surface microzooplankton from the Bay of Ancón de Sardinas, Colombian Pacific*

Fecha de recepción: 2014-06-09 / Fecha de aceptación: 2014-09-15

Mónica María Zambrano-Ortiz<sup>1</sup>, Freddy Albeiro Castrillón-Valencia<sup>2</sup>, Róbinson Fidel Casanova-Rosero<sup>3</sup>, Lina Angélica Portilla-Angulo<sup>4</sup>

**Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP).** Área de Protección del Medio Marino. Capitanía de Puerto de Tumaco, Vía El Morro, Tumaco, Colombia. Tel: +57 (2) 727 26 37. Correo electrónico: mzambrano@dimar.mil.co<sup>1</sup>, fcastrillon@dimar.mil.co<sup>2</sup>, rcasanova@dimar.mil.co<sup>3</sup>

**Universidad del Tolima.** Facultad de Biología. Ibagué, Colombia. Correo electrónico: lianportilla@gmail.com<sup>4</sup>

**Zambrano-Ortiz MM, Castrillón-Valencia FA, Casanova-Rosero RF, Portilla-Angulo LA.** Composición y abundancia estacional del microzooplancton superficial de la bahía Ancón de Sardinas, Pacífico colombiano. Bol. Cient. CIOH 2014;32:179-196.

### RESUMEN

Se realizó un análisis de la composición taxonómica, diversidad y abundancia del microzooplancton presente en aguas superficiales de la bahía de Ancón de Sardinas, zona limítrofe en el Pacífico entre Colombia y Ecuador, a partir de dos muestreos realizados en mayo (época húmeda) y noviembre (época seca) de 2012. Las muestras se obtuvieron mediante colectas superficiales; se registraron las variables fisicoquímicas, los niveles de nutrientes y de clorofila-*a* en cada estación. La abundancia de zooplancton varió entre 6 y 122 Ind/m<sup>3</sup> para el periodo de lluvias con el grupo de tintínidos como mayor componente, mientras que para la época seca la abundancia varió entre 20 y 41 Ind/m<sup>3</sup>, destacándose el grupo de copéodos por su mayor proporción frente a los otros grupos. No se detectaron diferencias significativas en la abundancia de zooplancton entre las dos épocas climáticas (Mann-Whitney,  $p = 0.60$ ), pero sí en la temperatura (Mann-Whitney,  $p = 0.0472$ ); la salinidad (Mann-Whitney,  $p = 0.009$ ), y la clorofila-*a* (Mann-Whitney,  $p = 0.016$ ), especialmente por factores como el incremento en el caudal de los ríos y el aporte de las lluvias durante la época húmeda. Las características del estuario asociadas con la variabilidad estacional determinan la abundancia y composición del microzooplancton en la bahía.

**PALABRAS CLAVES:** zooplancton, abundancia, nutrientes, parámetros fisicoquímicos, índices ecológicos, bahía Ancón de Sardinas, Pacífico colombiano.

### ABSTRACT

An analysis of the taxonomic composition, diversity and abundance of microzooplankton present on surface water of Ancón de Sardinas's Bay, limit of the Colombian pacific, from two sampling gotten in May ( wet season ) and November ( dry season) 2012. The samples were obtained by surface collections, physicochemical variables, nutrient levels and chlorophyll *a* were saved at each station. The zooplankton abundance was between 6 and 122 Ind/m<sup>3</sup> for the rainy season by tintinnids as the higher component while the dry season abundance varied between 20 and 41 Ind/m<sup>3</sup> enhance the copepods by its higher proportion compared to the other groups. No significant differences were detected in zooplankton abundance between the two climatic seasons (Mann -Whitney ,  $p = 0,60$ ) but detected in the temperature itself (Mann -Whitney ,  $p = 0,0472$  ), salinity (Mann -Whitney ,  $p = 0.009$  ), and chlorophyll *a* ( Mann -Whitney ,  $p = 0,016$ ), especially by factors such as the increase in the river's flow and the contribution of rainfall during the wet season. The characteristics of the estuary associated with seasonal variability determine the abundance and composition of microzooplankton in the bay.

**KEYWORDS:** zooplankton, abundance, nutrients, physicochemical parameters, ecological index.

## INTRODUCCIÓN

En ambientes costeros la biota presenta variaciones en composición de especies y biomasa estacionales detectables, producto de cambios cíclicos en los factores ambientales como régimen de vientos, pluviosidad y aportes de agua dulce, entre otros [1]. En estos ambientes se destacan los ecosistemas estuarinos, los cuales experimentan una mezcla gradual entre el agua de mar y el agua dulce procedente del drenaje de tierras que promueve el intercambio de sedimentos, nutrientes y organismos, así como la existencia de una diversidad de ambientes y hábitats que son importantes zonas de desove para una gran variedad de especies marinas y costeras [2].

Los sistemas estuarinos son los principales abastecedores de nutrientes para la región costera, debido a que reciben y concentran el material originado en su cuenca de drenaje, y pueden también recibir aportes significativos por acción antropogénica. Todo ese aporte de nutrientes (materia prima imprescindible en la productividad primaria) ubica los estuarios entre los sistemas más productivos del mundo, con altas tasas de producción primaria y de biomasa autotrófica y heterotrófica [3].

Debido a la gran importancia con que cuentan estos ecosistemas, han sido objeto de numerosos estudios en latitudes medias; sin embargo, los pequeños estuarios tropicales de los países en desarrollo han sido menos estudiados [4]. Los estuarios en zonas tropicales están generalmente rodeados de manglares y son gigantes sistemas que procesan enormes cantidades de materia orgánica que, sumada a las altas temperaturas generadas por la abundante oferta de energía solar, dan lugar a una gran productividad biológica; allí la disponibilidad de alimento es generalmente muy superior a la del mar abierto y a la de las aguas dulces [5].

Debido a las fuertes variaciones de salinidad y temperatura, en el tiempo y en el espacio a las que se encuentra sometido este ecosistema, no puede ser colonizado en su conjunto con éxito por un mismo grupo de especies, por lo que se pueden definir en él contingentes de especies holoplanctónicas diferentes adaptadas a vivir preferentemente dentro de ciertos rangos de estos parámetros [6]. Por ser el medio que transfiere la energía orgánica producida por el fitoplancton a niveles tróficos superiores, el zooplancton es un conjunto clave en las redes tróficas pelágicas, razón por la que se convierte

no solo en uno de los más importantes factores medioambientales, sino también en los ciclos biogeo-químicos en el mar [7].

La composición y distribución espacial del zooplancton en una zona determinada está modulada principalmente por el patrón de circulación (tanto local como regional) y por procesos oceanográficos multiescalares que determinan las características físicas-químicas-biológicas de la columna de agua [8]; por lo tanto, los trabajos de investigación en este grupo adquieren relevancia debido a su papel en la productividad local, delimitando las rutas de transferencia energética y por ende la producción secundaria potencial de un área [9].

Con el propósito de evaluar la composición del zooplancton de la bahía de Ancón de Sardinas, el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCCP) realizó dos muestreos durante 2012, en el marco del proyecto 'Estudio y caracterización oceanográfica y morfodinámica litoral de la bahía Ancón de Sardinas - Sector río Mataje', en los cuales se incluyó la evaluación de comunidades planctónicas y el análisis de parámetros fisicoquímicos. Para el área no se cuenta con reportes de estudios previos y la información oceanográfica existente se deriva de esta campaña interdisciplinaria adelantada por el CCCC, la cual se constituye en un estudio de línea base de un sistema altamente productivo y poco perturbado.

Con respecto a las condiciones meteorológicas, la región del Pacífico colombiano es uno de los lugares más húmedos del mundo, llegando a registrar precipitaciones durante la mayoría de los días del año. En la costa Pacífica nariñense se identifican dos períodos de alta precipitación: (i) Entre abril y junio, con un promedio mensual de 374 mm. (ii) Entre septiembre y noviembre, con un promedio mensual de 567 mm; interrumpidos por dos períodos de bajas precipitaciones entre enero y marzo, y entre julio y agosto [10-11]. Para el 25 de mayo de 2012 (primer muestreo) el reporte de precipitación para la bahía de Tumaco (cuenta con la estación meteorológica referente para la zona) fue de 35.3 mm; para ese mes se presentaron lluvias intensas (659.5 mm) con una disminución importante para noviembre (47.7 mm) [12].

## ÁREA DE ESTUDIO

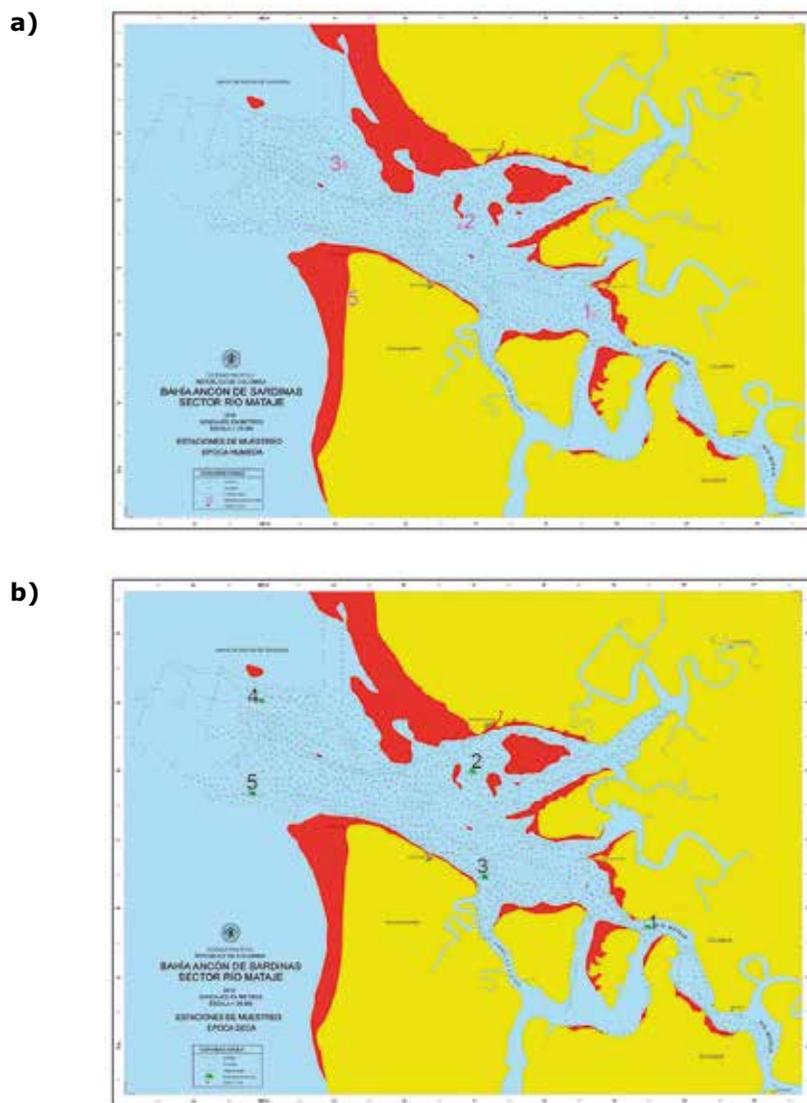
La bahía Ancón de Sardinas se localiza en la frontera entre Colombia (al sur del departamento

de Nariño) y Ecuador (al Norte de la provincia de Esmeraldas). En este lugar inicia la delimitación de 'Áreas Marinas y Submarinas y Cooperación' entre ambas naciones, fijada mediante la firma del tratado Liévano-Lucio de 1975; es así como el río Mataje ha sido referente limítrofe por décadas.

La desembocadura del río Mataje (lat. 01°30'N, long. 82°00'W) [5] es un área de manglar y bosques costeros; en este sitio se encuentran los bosques de mangle menos intervenidos en la costa del Pacífico, y sus árboles llegan a 40 m de altura. El área es

biológicamente significativa como una muestra grande y representativa de las asociaciones de manglar con el bosque tropical más húmedo del mundo [13]; hacen presencia todas las especies de mangle reportadas para el Pacífico colombiano, siendo dominante el mangle rojo (*Rhizophora* sp).

En la Bahía se establecieron cinco estaciones de muestreo (Fig. 1) cuyas coordenadas fueron ajustadas para el segundo muestreo (Tabla I), debido a la poca profundidad que presenta la zona, la cual se acentúa durante la época seca y restringe el acceso a ciertas áreas de la bahía.



**Figura 1.** Estaciones de muestreo en la bahía de Ancón de Sardinas. **a)** Época húmeda. **b)** Época seca.

**Tabla I.** Coordenadas de las estaciones de muestreo.

Estación	Época húmeda		Época seca	
	1) Latitud	2) Longitud	3) Latitud	Longitud
1	01°26'15.797"N	78°49'19.04"W	01°25'41.7"N	78°48'31.1"W
2	01°27'34.37"N	78°51'12.82"W	01°27'57.6"N	78°51'01.2"W
3	01°28'29.33"N	78°52'51.44"W	01°26'25.6"N	78°50'51.0"W
4) 4	01°30'7.24"N	78°52'46.51"W	01°28'59.9"N	78°54'1.8"W
5	01°26'27.80"N	78°52'53.62"W	01°27'38.7"N	78°54'9.7"W

## METODOLOGÍA

Se realizaron dos muestreos en la bahía de Ancón de Sardinas -desembocadura del río Mataje-, Pacífico colombiano, cubriendo las dos épocas climáticas del año. Se tomaron muestras de agua a nivel superficial, colectadas durante el intervalo que comprende el periodo previo y posterior al punto de mínima marea, abarcando un total de 3 horas distribuidas equitativamente entre ambos periodos.

Las muestras requeridas para realizar análisis cualitativo y cuantitativo de la comunidad zooplanctónica se obtuvieron empleando un recipiente de 10 L de capacidad (debido a que el periodo mareal abarcado no permitió realizar arrastres), filtrando a través de una red de 50  $\mu\text{m}$  un volumen total de 50 L de agua; la muestra colectada fue trasvasada a un recipiente de 500 mL y de inmediato fijada a una concentración final del 4 % con Formaldehído neutralizado. Se realizó medición de variables concernientes a pH, salinidad, transparencia, sólidos suspendidos, nutrientes (amonio, nitritos, nitratos, fosfatos y silicatos) y oxígeno disuelto (OD). Los muestreos se realizaron los días 25 de mayo y 29 de noviembre de 2012.

Las muestras se transportaron al laboratorio, donde previo análisis fueron homogenizadas y posteriormente, a partir de dos submuestras de 5 mL (filtradas en una malla de 300 micras) se empleó el equipo FlowCam serie 5095 que permite capturar imágenes de manera rápida de todas las partículas presentes en la muestras y, por ende, de los organismos que hacen parte de la misma. Tras obtener las imágenes de los organismos

se realizó la identificación taxonómica para su respectivo análisis cualitativo y cuantitativo. La abundancia fue expresada en N ind/m<sup>3</sup>.

Para establecer posibles diferencias entre los parámetros fisicoquímicos, nutrientes, clorofila-a y las densidades del zooplancton entre las dos épocas climáticas seca y húmeda (mayo y noviembre), se realizó una comparación por parejas mediante el uso prueba no paramétrica o test U de Mann-Whitney. Asimismo, a partir de la información obtenida del análisis de las muestras zooplanctónicas se determinó la abundancia empleando la fórmula indicada por el *Standard Methods 22ND Edition* [14], riqueza (S), diversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de equidad de Pielou (J').

Las muestras de agua requeridas para los análisis fisicoquímicos fueron tomadas empleando botellas Niskin; luego trasvasadas a recipientes de 4 L, refrigeradas y transportadas al Laboratorio de Química del CCCP para sus análisis respectivos. Las muestras para determinación de clorofila-a fueron filtradas y los extractos protegidos con papel aluminio y congelados a -20°C hasta la determinación. Las muestras fueron analizadas aplicando procedimientos validados en el Laboratorio de Química del CCCP; así la medición de pH y la salinidad se realizó por medio de un multiparámetro WTW (modelo 340i/set) siguiendo los métodos Potenciométrico y Conductimétrico del *Standard Methods 22ND Edition* [14].

Para la determinación de temperatura en la columna de agua se utilizó un CTD (*Conductivity, Temperature, Depth*) modelo 19plus; el OD se

determinó con base en el método Winkler [15]. La determinación de amonio se realizó por el método propuesto por Riley [16], modificado por Strickland y Parsons [17], reconocido como el método del Azul de Indofenol; los fosfatos por el método del Ácido Ascórbico, desarrollado por Murphy y Riley [18] y recomendado por Strickland y Parsons [17] y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) [19]; los nitritos por el método desarrollado por Shinn [20] y modificado por Bendschneider y Robinson [21], y los nitratos por el método descrito por Strickland y Parsons [17]. Asimismo se tuvieron en cuenta las recomendaciones descritas en el Standard Methods 21<sup>st</sup> Ed [14].

## RESULTADOS

### Parámetros fisicoquímicos

Los niveles de los parámetros fisicoquímicos evaluados durante los dos muestreos realizados se presentan en la Tabla II, los cuales evidencian que la temperatura superficial del mar (TSM) en la desembocadura del río Mataje para el primer muestreo presentó un promedio de  $29.0 \pm 0.308^{\circ}\text{C}$  con un mínimo de  $29.0^{\circ}\text{C}$  registrado en la estación tres y un máximo de  $29.7^{\circ}\text{C}$  para la Estación 1. Durante el segundo muestreo el promedio de temperatura se incrementó alcanzando los  $30.56 \pm 0.94^{\circ}\text{C}$ , con un mínimo de  $29.3^{\circ}\text{C}$  en la Estación 3 y un máximo en la Estación 2 con  $31.6^{\circ}\text{C}$ . Es así como el delta de temperatura entre épocas climáticas es significativamente diferente (Mann-Whitney,  $p = 0.0472$ ) y su variabilidad se representa en la Figura 2a.

En cuanto a la salinidad, los valores obtenidos a nivel superficial para la época húmeda (primer muestreo) se encontraron entre 12.8 psu en la Estación 1, la más interna en la zona y con mayor influencia del cauce del río y 20.7 psu en la Estación 3, con un promedio de  $17.8 \pm 3.37\text{psu}$ . Para el muestreo realizado en época seca la salinidad alcanzó registros superiores, con un promedio de  $23.68 \pm 1.04\text{psu}$ , presentando el menor valor en la Estación 1 con 21.9 psu y el mayor registro en la Estación 5 con 24.6 psu;

la variabilidad presentada por este parámetro puede observarse en la Figura 2b. Los niveles de salinidad registrados en la bahía presentan diferencias significativas entre las épocas climáticas evaluadas (Mann-Whitney,  $p = 0.009$ ).

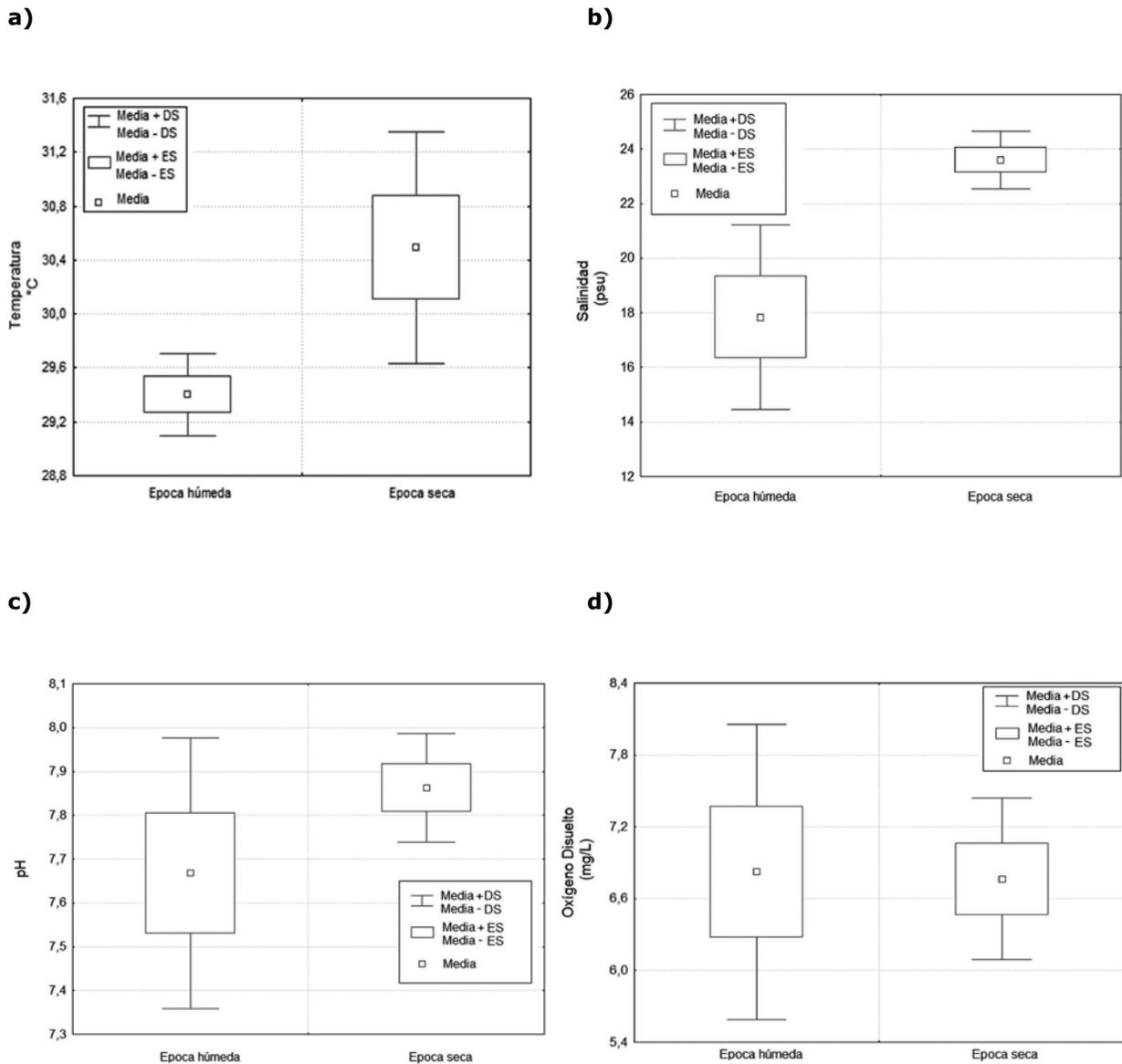
Parámetros como el pH presentan fluctuaciones importantes en las zonas estuarinas y la variabilidad registrada en la bahía se observa en la Figura 2c; es así como para cada muestreo este parámetro presentó su nivel más bajo en la estación más interna y, por ende, la que cuenta con una mayor influencia de aporte fluvial, mientras que los niveles más altos se registraron en la estación número cinco. El promedio del pH durante el primer muestreo fue de  $7.67 \pm 0.30$ , con un mínimo de 7.29 y un máximo de 7.99; para el segundo muestreo se presentó un incremento general con un promedio de  $7.85 \pm 0.12$  y registros entre los 7.65 y 7.96. No se registraron diferencias significativas para este parámetro entre las dos épocas climáticas (Mann-Whitney,  $p = 0.3472$ ).

Para el OD la concentración determinada en las diferentes estaciones de muestreo registró niveles que superan el valor mínimo de calidad establecido para aguas marinas y estuarinas de acuerdo con la normativa colombiana ( $4.0\text{ mg/L}$ ), con promedios de  $6.82 \pm 1.23$  y  $6.88 \pm 0.67\text{ mg/L}$  durante el primer y segundo muestreo, respectivamente. La Estación 1 presentó las concentraciones mínimas con 5.4 y 5.6 mg/L, mientras que la Estación 4 con 8.62 y la Estación 2 con 7.29 mg/L registraron los niveles más altos en época húmeda y seca, respectivamente. El OD no presentó diferencias significativas entre épocas climáticas en la bahía (Mann-Whitney,  $p = 0.91$ ) y su variabilidad entre muestreos se aprecian en la Figura 2d.

Los sólidos suspendidos (SS) registraron en promedio para el primer muestreo  $21.8 \pm 9.51\text{ mg/L}$ , con un máximo de 35.2 mg/L en la Estación 4 y 11.2 mg/L en la Estación 2; para el segundo muestreo el promedio descendió alcanzando  $14.11 \pm 5.93\text{ mg/L}$  con un mínimo de 7.3 en la Estación 1, la más interna, y con un máximo de 21.3 en la Estación 3. Los niveles de SS presentes en la columna de agua no registraron diferencias significativas entre épocas climáticas (Mann-Whitney,  $p = 0.17$ ).

**Tabla II.** Variables fisicoquímicas, nutrientes y clorofila-a para la bahía de Ancón de Sardinas.

	Estación	T °C	pH	S psu	Cond. mS/cm	O.D mgO <sub>2</sub> /L	[NH <sub>4</sub> ] <sup>+</sup> μM	[NO <sub>3</sub> ] <sup>-</sup> μM	[NO <sub>2</sub> ] <sup>-</sup> μM	[PO <sub>4</sub> ] <sup>-3</sup> μM	[Si <sub>3</sub> ]2 μM	Cl a mg/m <sup>3</sup>	SS mg/L
Época húmeda	1	29.7	7.21	12.8	21.2	5.4	3.68	1.31	2.6	0.07	36.98	9.14	23,4
	2	29.2	7.55	16	26.1	6.56	1.59	0.67	0.81	0.07	16.02	10.73	11,2
	3	29	7.9	20.7	33.1	7.37	0.54	0.47	0.54	0.07	13.24	20.62	14,2
	4	29.7	7.99	20.4	32.7	8.62	0.23	<LD	0.02	0.06	8.24	19.55	35,2
	5	29.4	7.69	19.3	31.1	6.16	2.9	<LD	1.6	0.06	19.63	16.62	24,9
	Promedio	29.4	7.67	17.8	28.8	6.82	1.79	0.82	1.11	0.068	18.82	15.33	21,8
Época seca	1	30.2	7.65	21.9	34.9	5.6	1.22	0.75	0.16	0.065	49.03	9.56	7,3
	2	31.6	7.91	23.6	37.4	7.29	0.18	0.14	0.04	0.016	22.92	8.09	16,7
	3	29.3	7.86	23.6	37.3	7.11	0.13	0.27	0.05	0.07	20.7	9	21,3
	4	30.3	7.96	24.3	38.4	7.04	0.68	0.59	0.05	0.126	15.76	6.61	8,9
	5	31.4	7.93	24.6	38.8	6.78	0.29	<LD	0.013	0.244	15.44	8.19	17,1
	Promedio	30.56	7.85	23.7	37.46	6.886	0.5	0.44	0.06	0.09	23.64	8.03	14,11

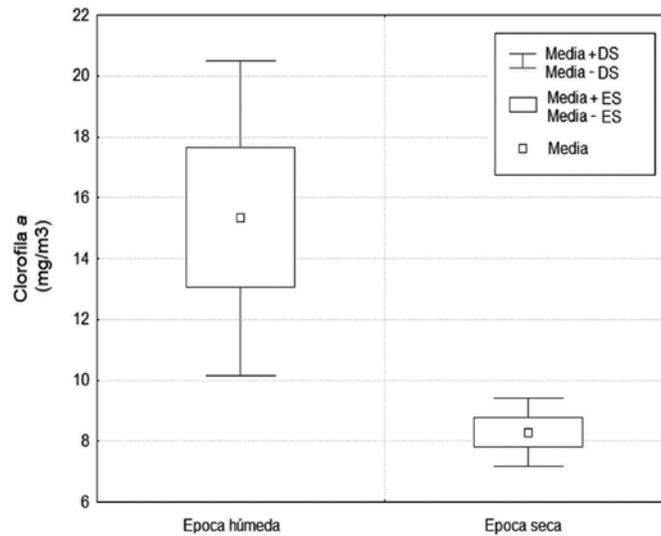


**Figura 2.** Parámetros fisicoquímicos en la bahía Ancón de Sardinas de acuerdo con la época climática. **a)** Temperatura. **b)** Salinidad. **c)** pH. **d)** OD.

### Clorofila-a

La clorofila-a presentó valores superiores durante el primer muestreo, alcanzando concentraciones entre los 9.14 mg/m<sup>3</sup> en la Estación 1 y los 20.62 mg/m<sup>3</sup> en la Estación 3, con un promedio de 15.33 ± 5.17 mg/m<sup>3</sup>. Para la época seca el mayor registro se obtuvo en la Estación 1, con 9.56 mg/m<sup>3</sup>, y el menor

en la Estación 4 con 6.61 mg/m<sup>3</sup>; el promedio para este periodo fue de 8.19±1.11 mg/m<sup>3</sup>, con una disminución equivalente al 47.7 % del valor registrado durante el primer muestreo. La variabilidad presentada por la clorofila-a durante los dos muestreos se aprecia en la Figura 3; su comportamiento registró diferencias significativas (Mann-Whitney, p = 0.016) entre épocas climáticas en la bahía.



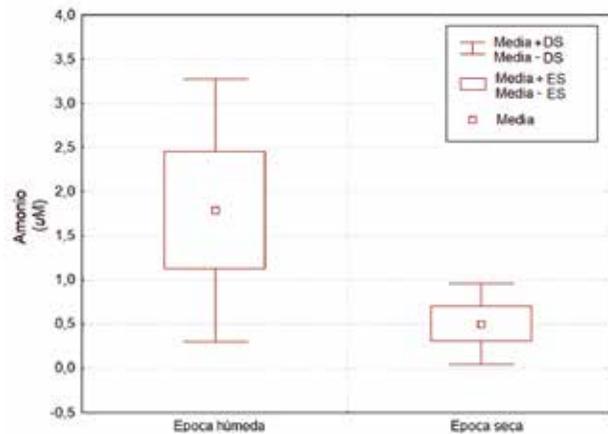
**Figura 3.** Concentración de clorofila-a en la bahía Ancón de Sardinas de acuerdo con la época climática.

### Nutrientes

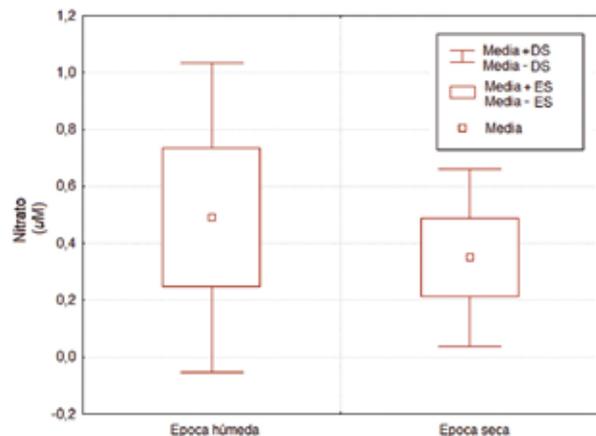
Los compuestos nitrogenados presentaron un incremento en su concentración durante la época seca, contrario a lo ocurrido con los fosfatos, especialmente por los niveles registrados en las estaciones más externas (4 y 5) y los silicatos, que registraron niveles mayores en las estaciones

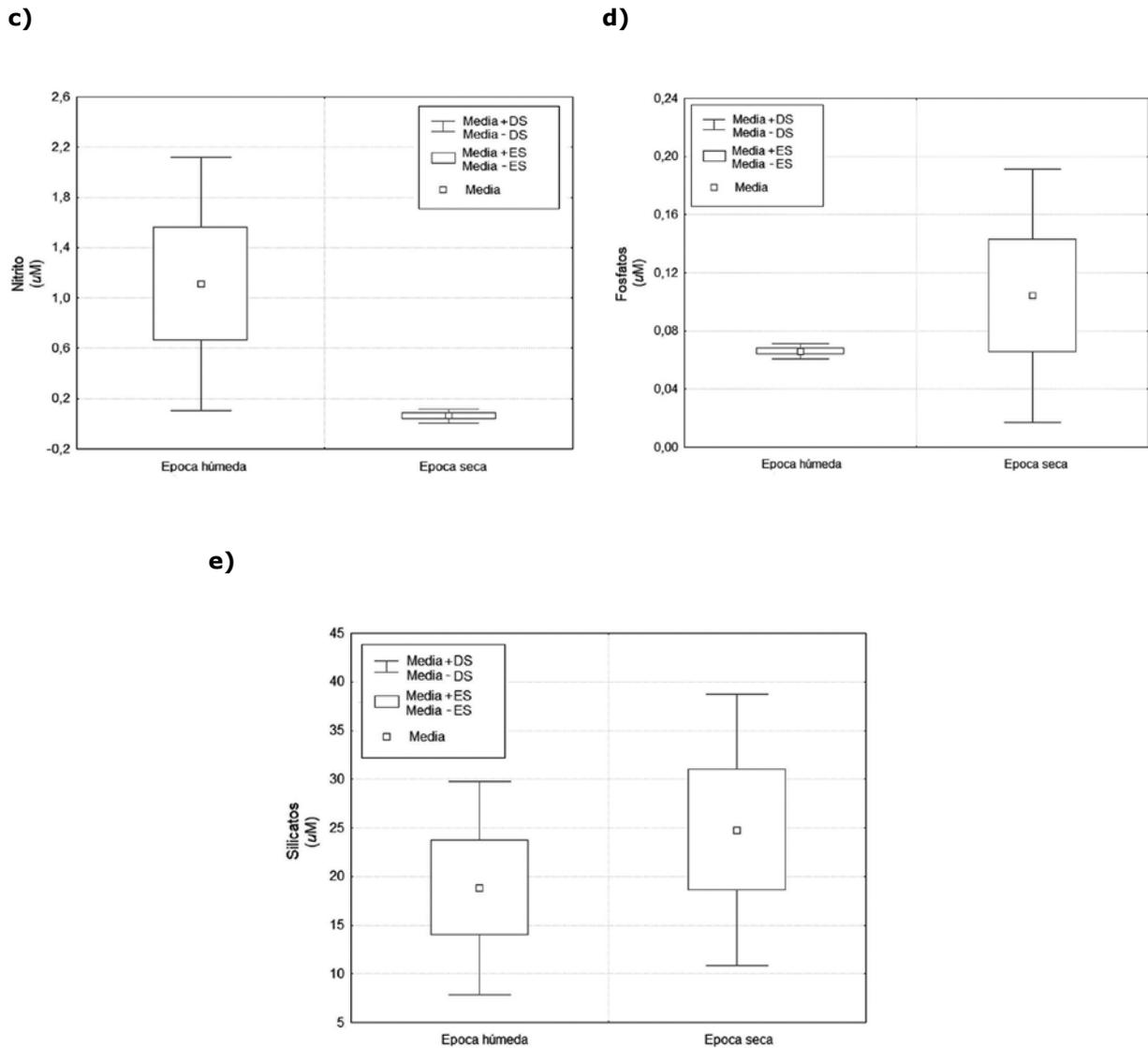
restantes (1, 2 y 3). Pese a lo anterior no se determinaron diferencias significativas para los nutrientes evaluados entre épocas climáticas y con excepción de fosfato, todos alcanzaron su mayor concentración en la Estación 1, la más interna y la que presenta mayor influencia del río. La variabilidad registrada por los nutrientes se observa en la Figura 4.

a)



b)





**Figura 4.** Concentración de nutrientes en la bahía Ancón de Sardinas de acuerdo con la época climática. **a)** amonio **b)** nitrato **c)** nitritos **d)** fosfatos **e)** silicatos.

El nitrógeno amoniacal  $[NH_4]^+$  registró concentraciones entre 0.23 y 3.68  $\mu M$  en las estaciones 4 y 1, respectivamente, con un promedio de  $1.79 \pm 1.48 \mu M$  durante el periodo de lluvias; para la época seca el promedio descendió a  $0.5 \pm 0.45 \mu M$ , manteniendo el mayor registro en la Estación 1, con 1.2  $\mu M$  y registrando en la Estación 3 la menor concentración con 0.13  $\mu M$ . El comportamiento de este compuesto no presentó diferencias significativas entre épocas climáticas (Mann-Whitney  $p = 0.11$ ).

El comportamiento presentado por los nitratos  $[NO_3]^-$  evidencia una mayor concentración de estos compuestos durante la época húmeda, con niveles inferiores al límite de detección del método en las estaciones 4 y 5 (las más externas), la Estación 1 presentó la mayor concentración con 1.31  $\mu M$ ; para este periodo el promedio registrado fue de  $0.82 \pm 0.54 \mu M$ . En el muestreo realizado en época seca el promedio disminuyó a  $0.437 \pm 0.31 \mu M$  con un máximo de 0.75  $\mu M$  en la Estación 1 y niveles inferiores

al límite de detección en la Estación 5. Para este compuesto tampoco se presentaron diferencias significativas entre los niveles registrados en la época de lluvias y la época seca (Mann-Whitney  $p=0.91$ )

Los nitritos [NO<sub>2</sub>]- alcanzaron en promedio  $1.11 \pm 1.0 \mu\text{M}$  y  $0.058 \pm 0.05 \mu\text{M}$  en época húmeda y seca, respectivamente; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas entre las mismas (Mann-Whitney  $p=0.07$ ). Los mayores registros se alcanzaron en la estación más interna ( $2.6$  y  $0.16 \mu\text{M}$ ) y los niveles más bajos se determinaron en la Estación 4 con  $0.02 \mu\text{M}$  y la Estación 5 con  $0.058 \mu\text{M}$  en épocas húmeda y seca, respectivamente.

Los niveles de fosfato [PO<sub>4</sub>]-3 fueron muy estables en la zona durante el primer muestreo, variando entre  $0.06 \mu\text{M}$  en las estaciones 4 y 5, y  $0.07 \mu\text{M}$  para las estaciones restantes, con un promedio de  $0.066 \pm 0.005 \mu\text{M}$ . Para el segundo muestreo el promedio registrado fue levemente superior, con  $0.094 \pm 0.08 \mu\text{M}$  y registros superiores hacia la zona externa de la bahía, con  $0.244 \mu\text{M}$  en la Estación 5 y  $0.07 \mu\text{M}$  en la Estación 3. Para este compuesto tampoco se presentaron diferencias significativas entre los niveles determinados en las épocas climáticas en que se adelantaron los muestreos (Mann-Whitney  $p = 0.53$ ).

Los silicatos presentaron en promedio niveles de  $18.82 \pm 10.97 \mu\text{M}$  y  $23.64 \pm 13.93 \mu\text{M}$  para el primer y segundo muestreo respectivamente. Los mayores registros para las estaciones monitoreadas se alcanzaron durante la época seca, exceptuando la Estación 5. La Estación 1 presentó los mayores niveles en ambos muestreos, con  $36.98 \mu\text{M}$  para el primero y  $49.03 \mu\text{M}$  para el segundo, mientras que los menores registros se obtuvieron en la Estación 3, con

$8.24$  y  $15.44 \mu\text{M}$  en la Estación 5 para el primer y segundo muestreo, respectivamente. Si bien se alcanzaron niveles superiores de silicatos durante la época seca, no se registraron diferencias significativas (Mann-Whitney  $p = 0.17$ )

### Zooplankton

Se identificaron en total 15 géneros, adicionalmente se reportaron larvas y medusas (Tabla III), siendo el grupo de los tintínidos el más abundante durante el primer muestreo ( $63.17 \%$ ), seguidos por el grupo de copépodos ( $35.27 \%$ ) y en igual proporción por larvas de poliquetos ( $0.77 \%$ ) y nauplios de cirripedios ( $0.77 \%$ ). Para el segundo muestreo se registró una mayor proporción de copépodos ( $83.56 \%$ ), seguidos por el grupo de tintínidos ( $8.90 \%$ ), nauplios de cirripedio ( $4.11 \%$ ), hidromedusas ( $2.05 \%$ ) y appendicularia ( $1.37 \%$ ) (Fig. 5).

La abundancia zooplanctónica fue superior durante el periodo de lluvias (Tabla III), con un comportamiento inverso en las estaciones 1 y 5 (Fig. 6), en este periodo la densidad media de zooplankton fue de  $258 \pm 46.490 \text{ Ind/m}^3$ , sin embargo, el comportamiento a nivel de abundancia entre épocas climáticas no presentó diferencias significativas en la bahía (Mann-Whitney  $p=0.60$ )

Al igual que la abundancia, los índices de riqueza, diversidad y equidad fueron superiores en la época húmeda, con excepción de la Estación 4 (Tabla IV). El comportamiento de la riqueza evidenció un incremento en especies hacia la zona media de la bahía durante ambos muestreos; la diversidad fue menos variable durante la época de lluvias, mientras que la equitatividad mostró un comportamiento opuesto al presentado por la riqueza (Fig. 7).

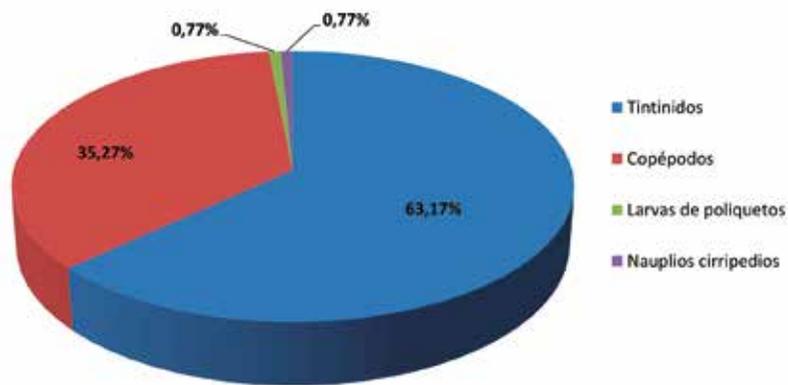
**Tabla IV.** Índices de riqueza diversidad y equidad para la comunidad zooplanctónica en la bahía Ancón de Sardinas

Índices / estación	Época húmeda					Época seca				
	5) 1	6) 2	7) 3	4	5	1	2	3	4	5
Riqueza	8) 4	9) 9	10) 11	11) 7	12) 5	13) 4	14) 8	15) 7	16) 10	17) 5
Índice Diversidad	18) 1.329	19) 1.445	20) 1.464	21) 1.487	22) 1.482	23) 0.861	24) 1.125	0.650	25) 1.722	26) 1.153
Índice de equidad	27) 0.959	28) 0.657	29) 0.610	30) 0.764	31) 0.921	32) 0.621	33) 0.541	34) 0.334	35) 0.748	36) 0.716

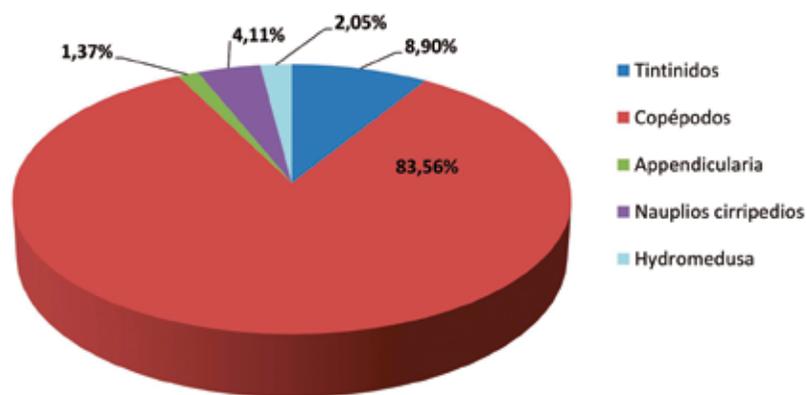
**Tabla III.** Abundancia de grupos zooplanctónicos (Ind/m<sup>3</sup>) en la bahía de Ancón de Sardinas.

Grupo/Estación	Época húmeda					Época seca				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<b>Tintinnidos</b>										
<i>Favella sp</i>	36	1	61	5	6	3		2		
<i>Favella forma coxliella</i>			5							
<i>Parundella caudata</i>	6		10							
<i>Tintinnopsis cratera</i>									2	
<i>Tintinnopsis aperta</i>	1		3	6						3
<i>Tintinnopsis campanula</i>							1		1	
<i>Leprotintinnus nordqvisti</i>	4		1	10					1	
<i>Tintinnopsis lobiancoi</i>			1							
<i>Tintinnopsis parva</i>			2							
<i>Codonellopsis morchella</i>	1			1						
<i>Codonella sp</i>			1							
<i>Metacylis sp</i>					2					
<b>Copépodos</b>										
<i>Nauplios</i>	17	2	33	19	5	16	26	33	11	15
<i>Calocalanus sp</i>			4	1	2					
<i>Metridia sp</i>				1	2		1	2		
<i>Oithona sp</i>	2	1				2	6	1	1	2
<i>Oncaea sp</i>							1			
<i>Microsetella sp</i>							1		1	
<i>Clytemnestra rostrata</i>									1	
<i>Paracalanus parvus</i>	2						2			
<b>Poliquetos</b>										
<i>Larva poliqueto</i>	1		1							
<b>Cirripedios</b>										
<i>Nauplio</i>		2					1	1	1	3
<b>Appendicularia</b>										
<i>Oikopleura sp</i>							1			
<b>Cnidarios</b>										
Medusa							1	2		
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>6</b>	<b>122</b>	<b>43</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>41</b>	<b>41</b>	<b>20</b>	<b>24</b>

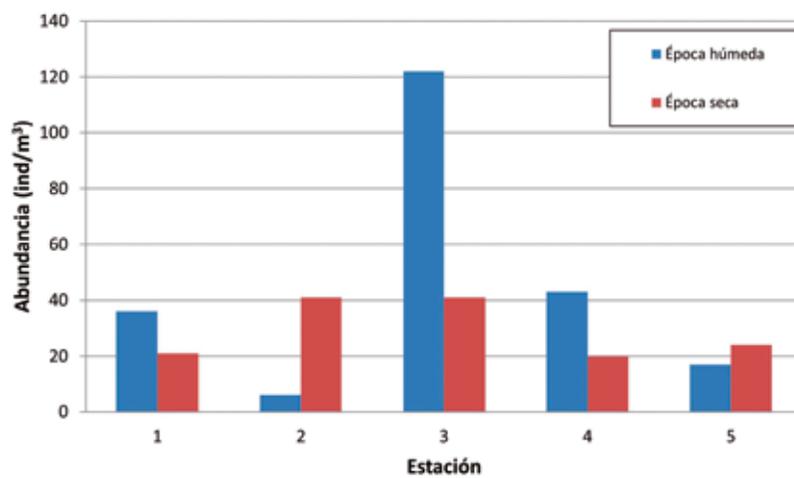
a)



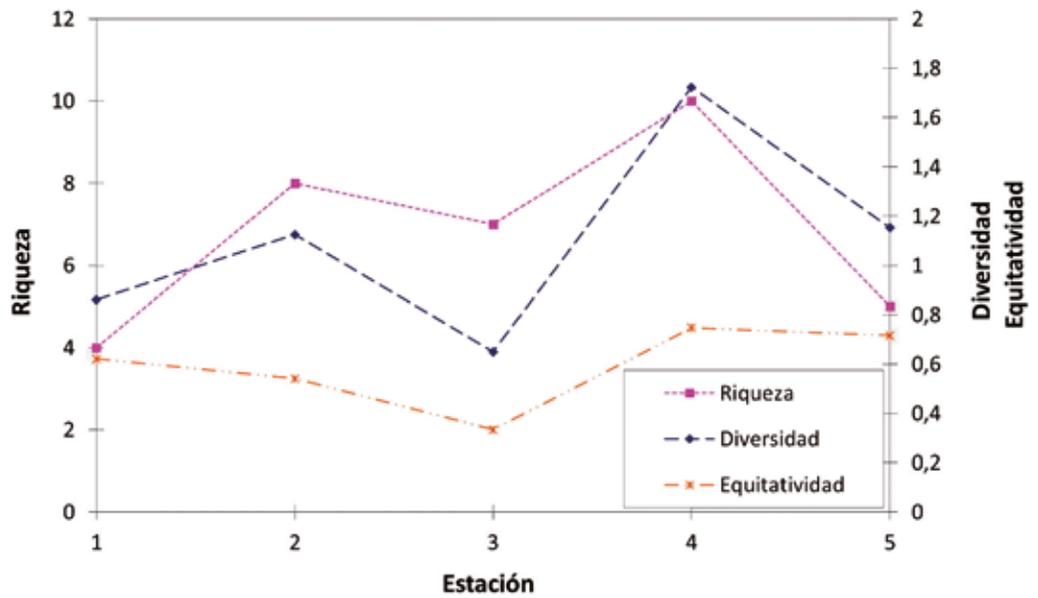
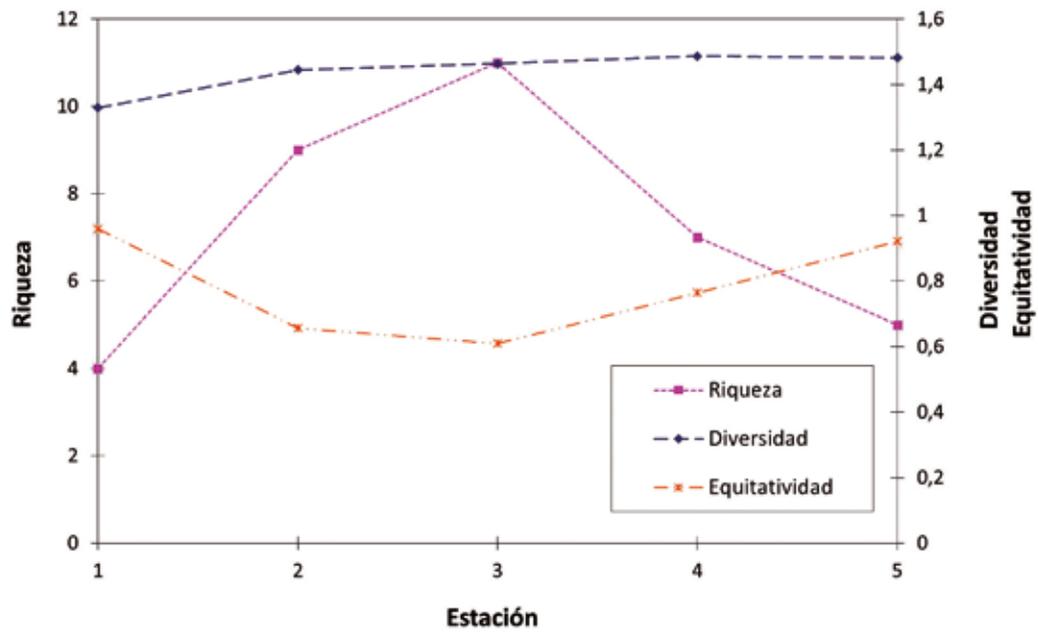
b)



**Figura 5.** Composición de la comunidad zooplanctónica en la bahía Ancón de Sardinas. **a)** Época húmeda. **b)** Época seca.



**Figura 6.** Abundancia de la comunidad zooplanctónica en la bahía Ancón de Sardinas.



**Figura 7.** Índices de riqueza diversidad y equidad determinados para la comunidad zooplanctónica en la bahía Ancón de Sardinas.

*Favella sp* hizo presencia en todas las estaciones de muestreo durante el periodo de lluvias (época húmeda), alcanzando el mayor registro de abundancia en la Estación 3, con 61 Ind/m<sup>3</sup> de un total de 109 Ind/m<sup>3</sup> registrados durante este periodo, siendo a la vez, la especie más abundante, seguida de los nauplios de copépodos que también fueron recurrentes para el total de estaciones de muestreo, pero a diferencia de *Favella sp*, este grupo fue constante en la bahía en ambas épocas climáticas, con 76 Ind/m<sup>3</sup> y un 43 % de los mismos registrados en la Estación 3.

Durante la época climática seca la densidad media registrada en la bahía fue de  $147 \pm 10,691$  Ind/m<sup>3</sup>, los nauplios de copépodos superaron a los grupos restantes en abundancia, con un total de 101 Ind/m<sup>3</sup>, seguido de *Oithona sp* que presentó un comportamiento similar en cuanto a distribución en el área, alcanzando en total 12000 Ind/m<sup>3</sup>, la mitad de ellos se registraron en la Estación 1.

## DISCUSIÓN

La bahía de Ancón de Sardinias puede definirse como un ecosistema estuarino, ya que en ella se genera una mezcla constante de agua dulce y agua salada debido a los cambios periódicos en los ciclos mareales, que a la vez ejercen influencia directa sobre las características fisicoquímicas del cuerpo de agua; otros factores como la radiación solar también influyen sobre ciertos parámetros, razón por la cual la TSM presentó un incremento en la época seca, que aunado al flujo de agua asociado con el periodo mareal, especialmente en áreas en que el descenso de la misma las torna muy someras, hizo que el delta de temperatura entre épocas climáticas resultara diferente.

Respecto a la salinidad los gradientes que se detectan en cuanto a distribución en los estuarios tropicales dependen de la manera en que se conjugan la precipitación en su locación geográfica, las características del caudal de sus ríos y la intensidad del ciclo de las mareas [22], todos estos factores son determinantes en la morfodinámica del estuario y en su clasificación. Es así como la dinámica estuarina afecta la condición fisicoquímica y por ello, en estos cuerpos de agua, parámetros como la salinidad registran cambios importantes de acuerdo con la época climática, razón por la cual la bahía presentó diferencias significativas para este parámetro entre los periodos evaluados.

La fluctuación en la concentración de OD que presentan los estuarios está relacionada con diversos factores, entre ellos la productividad primaria, que se puede considerar, con suficiente aproximación, como representada dentro de ciertos límites por la concentración de clorofila-*a* [23], la cantidad de materiales en suspensión y también diversos aspectos relacionados con contaminación antrópica [24]. El OD presentó niveles adecuados de acuerdo con la normativa colombiana en lo que hace referencia a la calidad del recurso hídrico para el desarrollo de la vida [25].

Entre los factores que generan variación en la concentración de los SS el más importante lo constituye el aporte realizado en este caso por el río Mataje, guardando relación directa con el caudal; cobran especial relevancia aspectos como la influencia ejercida por la circulación y las corrientes con que interactúan tanto las aguas del río como las aguas marinas, el nivel mareal y la geomorfología de la zona. La turbidez del agua tiene un papel importante en la distribución del zooplancton [26]; en estuarios, en los que la alta turbidez reduce las posibilidades fotosintéticas, la biomasa o producción bacteriana heterótrofa sustentada por carbono alóctono puede igualar e incluso superar a la producción primaria fitoplanctónica [27-28], siendo el zooplancton relevante en la transferencia de la producción bacteriana a niveles superiores [29].

Los mayores niveles de turbiedad y de clorofila-*a* registrados durante la época de lluvias pueden estar relacionados con el aumento en la disponibilidad de partículas en suspensión, materia y nutrientes derivados del mayor aporte de los ríos durante este periodo, como se observa en otros ecosistemas estuarinos [30-32]; un factor adicional puede ser la resuspensión de los sedimentos del fondo y de organismos fitobentónicos provocados por la hidrodinámica del sistema [33].

En los estuarios las entradas de nutrientes pueden provenir del aporte fluvial, del realizado por las aguas subterráneas, a través la atmósfera o por la entrada de agua de mar, siendo los aportes fluviales los más significativos [34]. Las aguas continentales tienen normalmente un contenido mucho más alto de nutrientes que las aguas marinas, generándose por tanto un proceso de mezcla y difusión de los mismos, que da lugar a una pauta de distribución espacial que es, en principio, inversa a la de la salinidad [35]. Los nutrientes provenientes del río determinan que los estuarios, al igual que los terrenos

pantanosos, constituyan uno de los biomas más productivos [36].

Los ríos transportan una carga de materia soluble y particulada que provienen de los lixiviados y escorrentías de la cuenca que drenan, existiendo una fuerte correlación entre las cargas de nitrógeno y fósforo total en los ríos con el uso de la tierra, y especialmente con las prácticas agrícolas [37]. La entrada de nutrientes que aporta el mar a los estuarios es generalmente muy baja.

El comportamiento de los nutrientes en la bahía presentó para los compuestos nitrogenados una tendencia a la disminución en la concentración a medida que se incrementaba la influencia oceánica, hacia las zonas externas de los estuarios, situación acentuada durante la época seca debido al menor aporte fluvial. Este comportamiento es similar al presentado por los SS, lo que sin duda se relaciona con los aportes del río asociados con la época de lluvias. En general, las concentraciones más altas de nutrientes presentadas en mayo se relacionan con altos niveles de precipitación en la zona frente al comportamiento meteorológico registrado en noviembre.

Los silicatos  $[\text{Si}_3]_2$  registran bajas concentraciones en aguas marinas y se relacionan con el alto consumo del Silicio por organismos fitoplanctónicos y esponjas silíceas; sin embargo, sus niveles en aguas interiores, al igual que la solubilidad, se incrementa con la temperatura, lo que podría explicar el hecho de que se presentaron concentraciones levemente superiores durante el monitoreo realizado en época seca. Sin embargo, teniendo en cuenta que los niveles de clorofila-*a* fueron superiores durante el primer muestreo, puede que este comportamiento se relacione con una mayor asimilación de silicatos por parte de la comunidad fitoplanctónica.

Para la bahía los niveles de nutrientes determinados no registraron diferencias significativas entre épocas climáticas y resultaron adecuados para el desarrollo de la vida asociada a este ecosistema de acuerdo con lo establecido en la normativa colombiana, respecto a la calidad del recurso hídrico [25], pues la misma determina que en aguas marinas y estuarinas los niveles óptimos para Amonio se encuentran entre 0 y 25  $\mu\text{M}$ , para nitrato entre 0 y 30  $\mu\text{M}$ , para nitrito entre 0 a 2  $\mu\text{M}$  y para fosfato entre 0 y 0.65  $\mu\text{M}$ . Solo los nitritos superaron el nivel establecido, con una concentración de 2.6  $\mu\text{M}$  en la Estación 1 durante el primer muestreo (época

húmeda). Este comportamiento puede asociarse con la intensidad de las lluvias para la fecha y a la vez con una mayor fijación por parte de las algas.

La mayor densidad de organismos durante el periodo de lluvias puede relacionarse con el hecho de que en distintos sistemas estuarinos el aporte de aguas continentales y sus nutrientes provocan una mayor productividad primaria que se refleja en incrementos en la biomasa del zooplancton [38]; el comportamiento de los grupos dominantes (tintínidos y copépodos) puede atribuirse a la relación trófica existente entre ambos [26].

Los tintínidos forman parte de uno de los grupos más abundantes de ciliados marinos [39] y su abundancia se relacionó con las mayores concentraciones de clorofila-*a* en la bahía durante el primer muestreo; estos organismos juegan un rol importante en la regeneración de nutrientes y en el transporte de partículas adheridas a sus lorigas a través de la cadena alimenticia. Al interior de la sucesión planctónica se desarrollan dentro de la primera etapa, coincidiendo con el floramiento fitoplanctónico; ya que su alimentación es casi enteramente holozoica, se basa en diatomeas, dinoflagelados, cocolitofóridos, flagelados desnudos, bacterias y detritus [40].

La abundancia del género *Favella* con respecto a otros tintínidos se relaciona con que este grupo es comúnmente encontrado en costas y áreas estuarinas, presentando una alta densidad durante algunos periodos, situación a la que se suma su alta capacidad reproductiva, la cual también caracteriza a especies del género *Tintinnopsis* [41], para el que se registró un total de cinco especies.

Los copépodos son considerados por algunos autores como los crustáceos más abundantes en el plancton y por tanto el grupo dominante en el zooplancton [42-43], un predominio de copépodos es típico del mesozooplancton de estuarios [44], excepto durante periodos en que ciertos organismos bentónicos y nectónicos, producen un gran número de larvas [45]. Las variaciones en la abundancia de copépodos se encuentran estrechamente relacionadas con los flujos de marea y los cambios estacionales que modifican los gradientes de salinidad, temperatura y biomasa zoopláncica. Otro factor importante que influye en la abundancia de los copépodos es la disponibilidad del alimento [46] y teniendo en cuenta que los tintínidos son comunes y dominantes en el microzooplancton

y constituyen una fuente alimentaria importante del mesozooplankton [26], se hace evidente la relación existente entre tintínidos y copépodos.

El cambio del número de grupos taxonómicos del zooplankton a lo largo del tiempo es un rasgo importante en la estructura de la comunidad y refleja cambios ambientales a nivel de salinidad, temperatura, luminosidad, densidad, circulación de agua y otros factores físicos y biológicos, que representan una amplia variedad de nichos. Es así como la variabilidad ambiental, de acuerdo a la escala espacial y temporal de que se trate, propicia que los grupos taxonómicos de zooplankton cambien en número, abundancia y diversidad de acuerdo con las condiciones ambientales de pequeña, mediana y larga escala [47].

Las condiciones presentadas en las estaciones 1 y 3, dada su ubicación, muestran claramente la gran influencia de los aportes terrígenos, situación que genera una mayor abundancia zooplancónica, como pudo determinarse en ambos muestreos. De hecho, a nivel mundial, las áreas estuarinas y costeras someras en regiones tropicales y subtropicales son consideradas como áreas de nursery para invertebrados [48-49]. En estos entornos los organismos del zooplankton juegan un papel fundamental en la transferencia de energía entre los productores primarios y otros componentes de la cadena alimentaria acuática [50]

## CONCLUSIONES

En las muestras analizadas de la bahía Ancón de Sardinas, la abundancia del zooplankton no presentó variación significativa entre las dos épocas climáticas.

En el área de estudio la diversidad presentó baja variabilidad durante la época de lluvias, mientras que la equitatividad mostró un comportamiento opuesto al presentado por la riqueza.

## LITERATURA CITADA

- [1] Mclusky DS, Elliott M. The estuarine ecosystem: ecology, threats and management, Oxford University Press, New York; 2004. 216 pp.
- [2] Brenes CL, Benavides R, Ballesteros D. Variaciones estacionales en las propiedades

físicas de un estuario tropical en el Pacífico de América Central. *Uniciencia*. 2013;27(1): 171-185.

- [3] Braga ES, Bonetti CVD, Burone L, Bonetti-Filho J. Eutrophication and bacterial pollution caused by industrial and domestic wastes at the Baixada Santista estuarine system - Brazil. *Marine Pollution Bulletin* 2000;40(2):165-173.
- [4] Palter J, León S, Ballesteros D. The distribution of nutrients, dissolved oxygen and chlorophyll a in the upper Gulf of Nicoya, Costa Rica, a tropical estuary. *Biología Tropical* 2007; 55(2):427-436.
- [5] Díaz JM. Deltas y Estuarios de Colombia. Banco de Occidente. 2007. 204 pp.
- [6] Villate F, Orive E. Copépodos planctónicos del estuario de Plencia: composición, distribución y abundancia. *Sociedad de Ciencias Aranzadi* 1981;1: 87-100.
- [7] Lenz J. Introduction. En: RP Harris, PH Wiebe, J Lenz, HR Skjoldal, M Huntley (eds.). *Zooplankton methodology manual*. Academic Press, London; 2000. 1-32 pp.
- [8] Mullin MM. Webs and scales: physical and ecological processes in marine fish recruitment. *Washington Sea Grant*. University of Washington Press; 1993. 135 pp.
- [9] Franke KT, Petrie B, Choi JS, Leggett WC. Tropic cascades in a formerly Cod-Dominated ecosystem. *Science* 2005;308(5728):1621-1623.
- [10] Malikov I, Camacho G. Método de aproximación para determinar cambios entre anuales aplicado a parámetros de temperatura y salinidad del Pacífico colombiano. *Bol. Cient. CCCP* 1998;7:30-41.
- [11] Cantera J, Thomassin B, Arnaud P. Faunal zonation and assemblages in the Pacific Colombian mangroves. *Hydrobiologia* 1999;413:17-33.
- [12] Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. CCCP. Boletín Meteorológico Mensual. Mayo de 2012. Serie en línea 2012. [Consultado 2013 oct 20]. Disponible en: URL: <http://www.cccp>.

- org.co/phocadownload/Boletines/Mayo/BoletinMeteoMarinoMensualMayo\_2012.pdf
- [13] Critical Ecosystem Partnership Fund. CEPF. Corredor de conservación Chocó-Manabí ecorregión terrestre prioritaria del Chocó-Darién-Ecuador occidental (Hotspot) Colombia y Ecuador. Ediciones CEPF. 2005. 42 pp.
- [14] APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22th Ed. Washington, American Public Health Association. 2012.
- [15] Carpenter JH. New measurements of oxygen solubility in pure and natural water. *Limnol. Oceanogr* 1966;11: 264-277.
- [16] Riley JP. The Spectrofotometric determination of ammonia in natural waters with particular reference to sea water. *Anal. Chim. Acta.* 1953;9:575-589.
- [17] Strickland JD, Parsons TR. A Practical Handbook of seawater analysis. Fisheries. Research Board of Canada. 2a Ed. Ottawa. 1972:5-80.
- [18] Murphy J, Riley JP. A single-solution method for determination of soluble phosphate in sea water. *J. Mar. Boil. Ass.* 1958; 37:9-14.
- [19] FAO. 975. Manual of Methods in aquatic environment research. Parte 1. FAO fish. Teach. 137.
- [20] Shinn MB. Colorimetric method for determination of nitrite. *Ind. Eng. Chem. Anal.* 194. Ed. 13;1:33-35.
- [21] Bendschneider K, Robinson RJ. A new Spectrophotometric Method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.* 1952;11:87-96.
- [22] Bowden KF. Physical factors: Salinity, temperature, circulation, and mixing processes; 1980. Pp. 37-70.
- [23] Parsons T, Takahashi M. Biological oceanographic processes. Pergamon, Inglaterra; 1976. 332 pp.
- [24] Clark RB. Marine Pollution. Oxford, Nueva York. 2001. 248 pp.
- [25] República de Colombia, Ministerio de Salud, Decreto 1594 de 1984. Disposiciones Sanitarias sobre aguas.
- [26] Godhantaraman N. Composición de especies y abundancia de tintínidos y copépodos en los manglares de Pichavaram (sur de la India). *Ciencias Marinas* 1994;20(3):371-391.
- [27] Findlay S, Pace ML, Lints D, Cole JJ, Caraco NF, Peierls B. Weak coupling of bacterial and algal production in a heterotrophic ecosystem: The Hudson River estuary. *Limnology and Oceanography* 1991;36(2):268-278.
- [28] Abreu PC, Biddanda BB, Odebrecht C. Bacterial dynamics of the Patos Lagoon Estuary, Southern Brazil (32°S, 52°W): Relationship with phytoplankton production and suspended material. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 1992;35:621-635.
- [29] Kogan M. Estudio de la composición específica, abundancia y distribución espacial del microzooplancton (protozoos y micrometazoos) en el estuario del río de la Plata (Argentina-Uruguay). Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires. Argentina; 2005.
- [30] Pereira-Filho J, Schettini CAF, Rörig L, Siegle E. Intratidal variation and net transport of dissolved inorganic nutrients, POC and chlorophyll a in the Camboriú River Estuary, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 2001;53:249-257.
- [31] Osore MKW, Mwaluma JM, Fiers F, Daro MH. Zooplankton composition and abundance in Mida Creek, Kenya. *Zoological Studies* 2004;43:415-424.
- [32] Duggan S, McKinnon AD, Carleton JH. Zooplankton in an Australian tropical estuary. *Estuaries and Coasts* 2008;31:455-467.
- [33] osada APM, Feitosa FAN, Lins IC. Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) relacionada com parâmetros hidrológicos. *Tropical Oceanography* 2003;31:1-29.
- [34] Movellán Mendoza E. Modelado de la cuña salina y del flujo de nutrientes en el tramo

- estuarino del río Ebro. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona. España; 2004.
- [35] Davies AM, Xing JX. Sensitivity of plume dynamics to the parameterization of vertical mixing. *International Journal for Numerical Methods in Fluids* 1999;30:357-405.
- [36] Campbell NA, Reece JB, Molles M, Urry L, Heyden R. *Biología. Ed. Médica Panamericana*. 7a ed; 2007. 1532 pp.
- [37] Moreau S, Bertru G, Buson C. Seasonal and Spatial Trends in Nitrogen and Phosphorus Loads to the Upper Catchment of the River Valaine (Brittany): Relationships with Land Use. *Hydrobiologia* 1998;373/374:247-258.
- [38] Froneman PW. Response of the plankton to three different hydrological phases of the temporarily open/closed Kasouga Estuary, South Africa. *Estuarine, Coastal & Shelf Science* 2002;55:535-546.
- [39] Balkis N. Tintinnids (Protozoa: Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara. *Scientia Marina* 2004; 68(1):33-44.
- [40] Gómez Caballero IO. Los tintínidos (protozoa: Ciliata) del mar peruano y sus relaciones con el fenómeno El Niño. *Bol. Inst. Mar Perú* 1997;16(2):61-84.
- [41] Damodara Naidu W. Studies on tintinnids (Protozoa: Ciliata) Porto NOVO region, South India. Ph.D. thesis, Annamalai University; 1980. 28 1 pp.
- [42] Fernández-Puelles M, Jansa I, Gomis C, Gras D, Amengual B. Variación anual de las principales variables oceanográficas y planctónicas en una estación nerítica del Mar Balear. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 1997;13(1-2):13-33.
- [43] Alder V, Boltovskoy D. The ecology of larger microzooplankton in the weddell scotia confluence area: horizontal and vertical distribution patters. *J. Mar. Res.* 1993;51:323-344.
- [44] Turner JT. The importance of small planktonic copepods and their roles in Pelagic marine food webs. *Zoological Studies*, 2004;432:255-266.
- [45] Leite NR, Pereira LCC, Costa RM. Distribuição temporal do mesozooplâncton no furo Muriá, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Série Ciências Naturais* 2009;4:49-164.
- [46] Ordóñez-López U, Ornelas-Roa M. Variaciones de la comunidad de copépodos plánticos en el gradiente estuarino-costero de Celestún, Yucatán, México. *Hidrobiológica* 2003;13(3):231-238.
- [47] Hernández-Trujillo S, Esqueda-Escárcega G, Palomares-García R. Variabilidad de la abundancia de zooplancton en Bahía Magdalena Baja California Sur, México (1997-2001). *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 2010;38(3):438-446.
- [48] Barletta M, Barletta-Bergan A, Saint-Paul U, Hubold G. Seasonal changes in density, biomass and diversity of estuarine fishes in tidal mangrove creeks of the lower Caeté Estuary (northern Brazilian coast, east Amazon). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 2003;256:228-217.
- [49] Yousuf F, Wasee K. Diversity, distribution and abundance of zooplanktonic larvae in Pakistani waters. *Pak. J. Biol. Sci.* 2006;9(4):610-615.
- [50] Lenz J. 2005. Introduction. In: Harris RP, Wiebe PH, Lenz J, Skjoldal HR, Huntley M. (eds.), *Zooplankton Methodology Manual*. Amsterdam: Elsevier. Pp. 1-32.