



ARTÍCULO

Estimaciones de la biomasa zooplanctónica en la Bahía de Tumaco durante junio 2009 a junio 2010, Pacífico colombiano

Fecha de recepción: 2011-07-26 / Fecha de aceptación: 2011-09-15

Eliana VELASCO VINASCO, eliorca@gmail.com

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. DIMAR-CCCP. A.A. 118. San Andrés de Tumaco, Nariño, Colombia., Universidad del Valle, Departamento de Biología. Grupo de Investigación en Ciencias Oceanográficas. Calle 13 No. 100-00. Cali, Colombia.

RESUMEN

Se midió la biomasa por peso húmedo y peso seco de muestras de zooplancton recolectadas en la bahía de Tumaco. El muestreo se realizó durante junio 2009 – junio 2010 y durante cuatro períodos climáticos. Los mayores promedios de biomasa húmeda y biomasa seca se registraron en junio 2009 y los menores valores en septiembre de 2009. Se encontraron diferencias significativas en los valores de biomasa húmeda y seca entre los meses de muestreo. Al tener en cuenta los períodos climáticos, se encontraron los mayores valores promedio durante el período húmedo a seco, tanto para la biomasa húmeda como para la biomasa seca; los menores valores se registraron durante el período seco a húmedo para la biomasa húmeda, y en el período húmedo para la biomasa seca. Los cuatro períodos climáticos no mostraron variaciones significativas en los valores de biomasa zooplanctónica por peso húmedo, pero sí mostraron diferencias significativas en los valores de biomasa zooplanctónica por peso seco.

Palabras claves: Zooplancton, biomasa húmeda, biomasa seca, Bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

Abstract

Biomass was measured by wet weight and dry weight of zooplankton samples collected in the Bay of Tumaco. Sampling was conducted during June 2009 – June 2010 and for four climatic periods. The highest average wet biomass and dry biomass were recorded in June 2009 and the lowest values in September 2009. Significant differences in the values of wet and dry biomass between sampling months. Taking into account the climatic periods the highest values were average during both wet to dry wet biomass to dry biomass, the lowest values were recorded during the wet to dry wet biomass and the wet period dry biomass. The four climatic periods showed no significant variations in the values of zooplankton biomass by wet weight but did show significant differences in the values of zooplankton biomass by dry weight.

Key words: Zooplankton wet biomass, dry biomass, Tumaco Bay, Colombian Pacific.

INTRODUCCIÓN

La biomasa zooplanctónica es un importante recurso de los sistemas marinos y estuarinos [1], el cual integra a diferentes grupos como son: eufáusidos, copépodos, quetognatos, medusas, estomatópodos, salpas, tunicados etc., que incluyen otras numerosas formas, que en conjunto, forman una gran diversidad de especies. Se considera que la biomasa zooplanctónica es una variable fundamental para la caracterización biológica de la bahía de Tumaco. 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 cual, se convierte no solo en uno de los más importantes factores medio ambientales, sino también, en los ciclos biogeoquímicos en el mar, e.g. el carbón, nitrógeno y fósforo [2]. El conocimiento de los patrones de distribución de la biomasa zooplanctónica es importante para entender los procesos ecológicos de esta comunidad en la región. En este estudio presentamos las estimaciones de la biomasa zooplanctónica por peso húmedo y peso seco de la bahía de Tumaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La bahía de Tumaco, se constituye como la mayor entrante del litoral nacional, entre las latitudes $1^{\circ} 45'$ y $2^{\circ} 00' N$ y las longitudes $78^{\circ} 30'$ y $78^{\circ} 45' W$, comprendiendo un área aproximadamente de 350 km^2 , con profundidades que varían entre 0 y 50 m [3] (figura 1). Se divide en dos regiones claramente diferenciadas: una de tipo oceánico (noroeste de la línea imaginaria entre Bocagrande e Isla del Gallo), donde las profundidades son superiores a los 40 m, y una interna, de tipo somero, cuya batimetría exhibe mediciones de 1 a 10 m. Está limitada en la parte oeste por el Océano Pacífico; al este por el continente en sectores conocidos como Llanaje, Soleada, la Chorrera; por el norte con la Isla del Gallo y Salahonda; y por el sur con las islas Tumaco y Bocagrande. La bahía de Tumaco se califica como un ecosistema marino-costero complejo como consecuencia de su contorno irregular, cambios en profundidad, variación en el perfil del relieve del fondo, flujo bidireccional, flujo de agua dulce mar adentro, flujo salino aguas arriba, partes

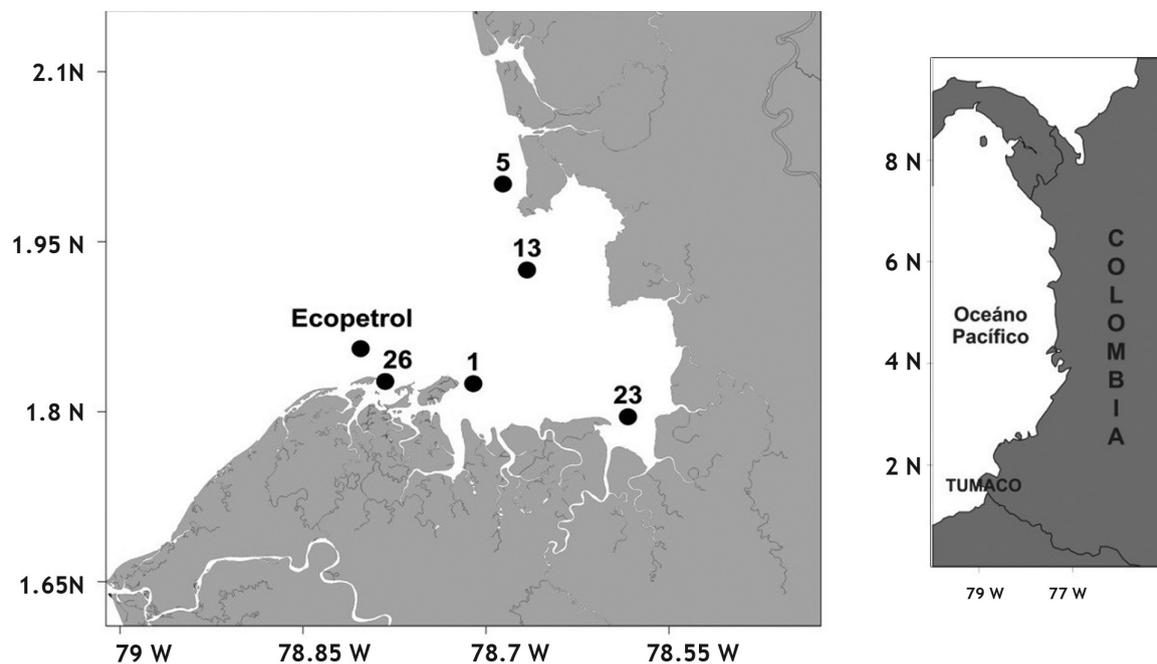


Figura 1. Área de estudio y estaciones de muestreo en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

secas y húmedas de la sección transversal del suelo, diferencias de densidad entre el agua dulce y el agua salina, más sedimentos en suspensión en los sectores de baja salinidad, más lechos aluviales donde los sedimentos pueden volver a resuspenderse por acción del oleaje producido por las corrientes superficiales, refracción de las olas, entre otros [4]. La precipitación presenta un comportamiento monomodal que abarca un período húmedo o de mayor precipitación comprendido entre los meses de marzo y mayo, un período seco entre agosto y octubre y dos períodos de transición así: de húmedo a seco entre junio y julio y de seco a húmedo de noviembre a diciembre [4].

METODOLOGÍA

El material de estudio procede de las campañas del proyecto "Levantamiento de línea base portuaria y caracterización del agua de lastre de buques de tráfico internacional en la bahía de Tumaco, Costa Pacífica colombiana" del Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico. Los muestreos se realizaron en algunos meses entre junio de 2009 y junio de 2010. Se escogieron seis estaciones previamente establecidas en la bahía de Tumaco (figura 1). En cada estación de muestreo se efectuaron medidas de la temperatura superficial del agua de mar con una sonda WTW, Multi 340i y se obtuvieron muestras de agua de mar superficial con una botella Niskin para la medición de la concentración de clorofila-*a*. La concentración de clorofila-*a* se estableció de acuerdo al *Standard Methods*. Las muestras para estudiar la biomasa del zooplancton se recolectaron mediante arrastres horizontales con una red minibongo de 30 cm de diámetro y mallas de 50 y 100 μm . La red fue provista de dos flujómetros digitales General Oceanic para estimar el volumen de agua filtrada. Las muestras de zooplancton del colector de 100 μm , se fijaron en formaldehído (4%) neutralizado con borato de sodio. La determinación de biomasa zooplanctónica (peso húmedo y peso seco), se realizó según la metodología detallada en [5] y [6]. Los valores de biomasa estimados fueron reportados como g/m^3 de agua filtrada. Las pruebas de normalidad (ShapiroWilks) y de homogeneidad de varianza (Bartlett) determinaron la aplicación del análisis no paramétrico Kruskal-Wallis para evaluar si los valores de temperatura superficial del mar, concentración de clorofila-*a*, biomasa zooplanctónica por peso húmedo y peso seco fueron significativamente diferentes entre los meses de estudio y los períodos climáticos.

Para determinar la relación entre los valores de biomasa zooplanctónica, temperatura y concentración de clorofila-*a*, se utilizó la correlación de Spearman [7].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

La temperatura superficial del mar registró valores entre $26.0 - 29.35^\circ\text{C}$, con un valor promedio de $27.88 \pm 0.49^\circ\text{C}$. La temperatura superficial del mar presentó los valores promedio más altos durante septiembre de 2009 ($28.56 \pm 0.61^\circ\text{C}$) y marzo de 2010 ($28.43 \pm 0.62^\circ\text{C}$). Los valores promedio más bajos se presentaron en noviembre de 2009 ($27.52 \pm 0.65^\circ\text{C}$) y junio de 2010 ($27.15 \pm 0.61^\circ\text{C}$), (figura 2a). Teniendo en cuenta los períodos climáticos, el período seco (septiembre - octubre) presentó el valor promedio más alto ($28.17 \pm 0.32^\circ\text{C}$) de temperatura superficial del mar, con una variación entre $27.83 - 28.60^\circ\text{C}$. El período de transición de seco a húmedo (noviembre) presentó el menor valor promedio ($27.52 \pm 0.65^\circ\text{C}$), con una variabilidad entre $26.40 - 28.30^\circ\text{C}$ (figura 2b).

La temperatura superficial del mar no mostró una variación temporal significativa (Kruskal-Wallis $H = 7.60$, $p = 0.27$), ni mostró cambio significativos entre los períodos climáticos (Kruskal - Wallis $H = 4.68$, $p = 0.20$). El comportamiento de la TSM en la zona del interior de la bahía de Tumaco responde a otra dinámica manejada principalmente por el aporte de aguas cálidas de origen continental y, al efecto de la batimetría y las mareas, ya que por ser una zona muy somera, el calentamiento producido por la radiación solar es más intenso y, se extiende rápidamente a lo largo y ancho del cuerpo de agua de la bahía de Tumaco [4].

La concentración de clorofila-*a* superficial del mar registró valores entre $0.90 - 20.50 \text{ mg}/\text{m}^3$, con un valor promedio de $4.69 \pm 0.76 \text{ mg}/\text{m}^3$. Los valores promedio más altos se presentaron en marzo de 2010 ($5.31 \pm 6.36 \text{ mg}/\text{m}^3$) y junio de 2010 ($5.57 \pm 7.33 \text{ mg}/\text{m}^3$). El valor promedio más bajo se presentó en noviembre ($3.38 \pm 2.92 \text{ mg}/\text{m}^3$) (figura 2c). En cuanto a los períodos climáticos, el período húmedo (marzo - junio) presentó el valor promedio más alto de concentración de clorofila-*a* ($5.44 \pm 6.84 \text{ mg}/\text{m}^3$) con una variación entre $1.64 - 19.35 \text{ mg}/\text{m}^3$. El período de transición de seco a húmedo (noviembre) pre-

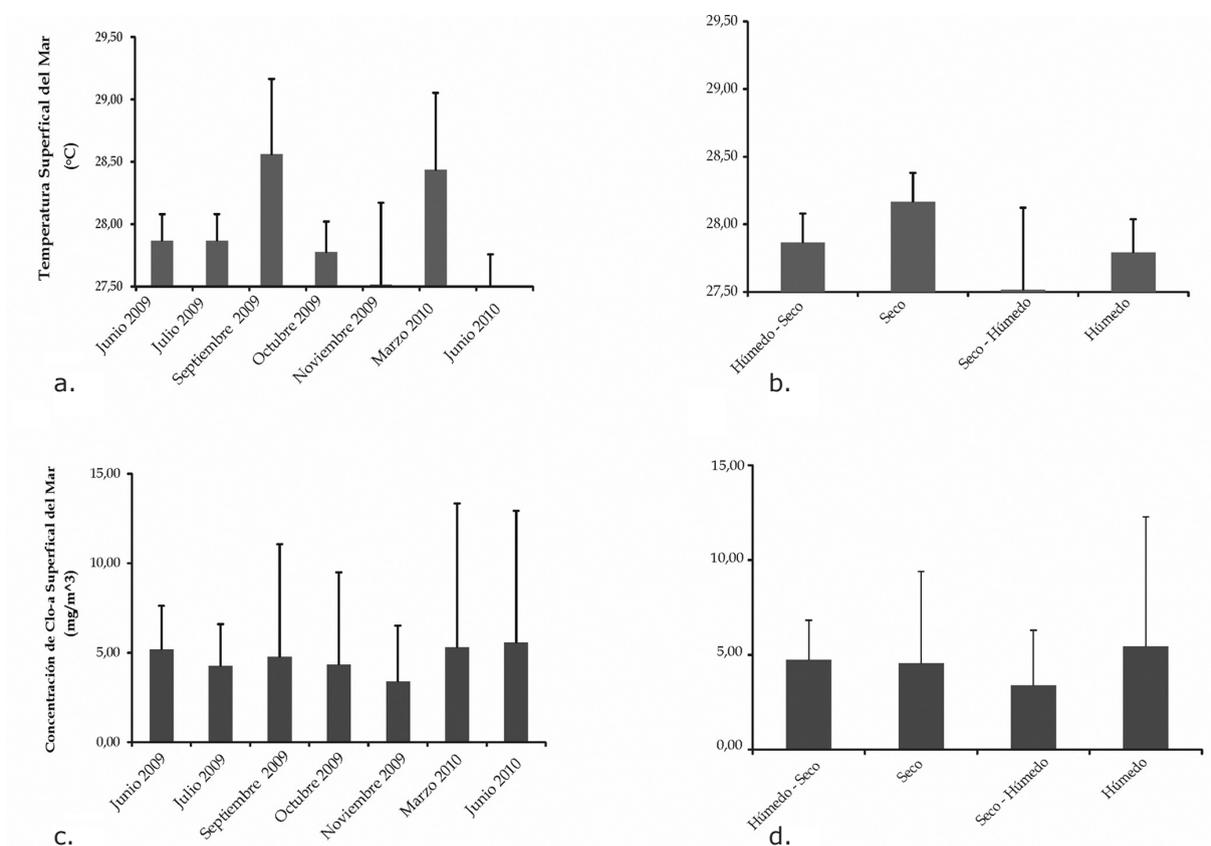


Figura 2. Valores promedios y desviación estándar de la temperatura superficial del mar (a, b) y la concentración de clorofila-a (c, d) durante los meses de muestreo y los períodos climáticos en la bahía de Tumaco, Pacífico colombiano.

sentó el menor valor promedio de concentración de clorofila-a ($3.38 \pm 2.92 \text{ mg/m}^3$) registrando valores que oscilaron entre $1.34 - 8.62 \text{ mg/m}^3$ (figura 2d). La concentración de clorofila-a no mostró una variación temporal significativa (Kruskal - Wallis $H = 7.60$, $p = 0.27$), ni una variación significativa entre los períodos climáticos (Kruskal - Wallis $H = 4.68$, $p = 0.20$). La concentración de clorofila es uno de los principales indicadores de biomasa fitoplanctónica y por lo tanto, de producción primaria en los océanos. Por esta razón, una alta disponibilidad de fitoplancton genera condiciones tróficas favorables para el zooplancton y para los niveles tróficos subsiguientes.

BIOMASA ZOOPLANCTÓNICA

La biomasa zooplanctónica (peso húmedo y peso seco) mostró una distribución temporal en

la bahía de Tumaco, registrando valores entre $0.153 - 14.995 \text{ g/m}^3$ para el peso húmedo (figura 3) y valores entre $0.0004 - 1.225 \text{ g/m}^3$ para el peso seco (figura 4).

Las medidas de biomasa zooplanctónica expresadas en términos de peso húmedo, presentaron los valores promedio más altos durante junio de 2009 ($7.686 \pm 4.709 \text{ g/m}^3$) y julio de 2009 ($6.639 \pm 3.787 \text{ g/m}^3$). Los más bajos valores promedio se presentaron en septiembre de 2009 ($1.808 \pm 2.004 \text{ g/m}^3$) y junio de 2010 ($0.699 \pm 0.660 \text{ g/m}^3$). Para las medidas de biomasa zooplanctónica expresadas en términos de peso seco, se presentaron los valores promedio más altos durante junio de 2009 ($0.428 \pm 0.435 \text{ g/m}^3$) y octubre ($0.186 \pm 0.395 \text{ g/m}^3$). Los valores promedio más bajos se presentaron en septiembre de 2009 ($0.019 \pm 0.016 \text{ g/m}^3$) y junio de 2010 ($0.005 \pm 0.007 \text{ g/m}^3$).

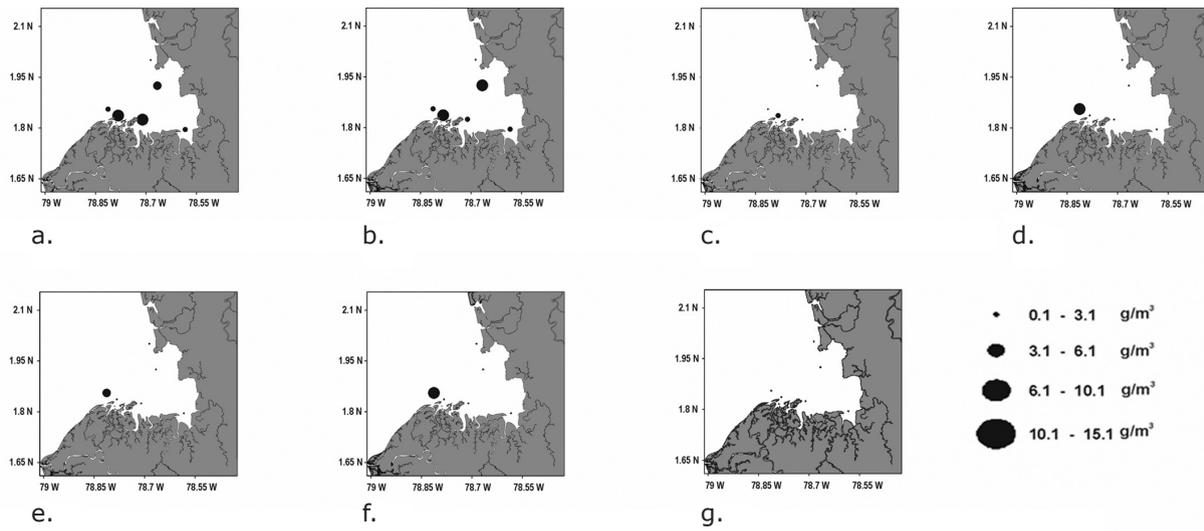


Figura 3. Distribución espacial de la biomasa húmeda zooplanctónica (g/m^3) y en la bahía de Tumaco, durante junio de 2009 (a), julio de 2009 (b), septiembre de 2009 (c), octubre de 2009 (d), noviembre de 2009 (e), marzo de 2010 (f), junio de 2010 (g).

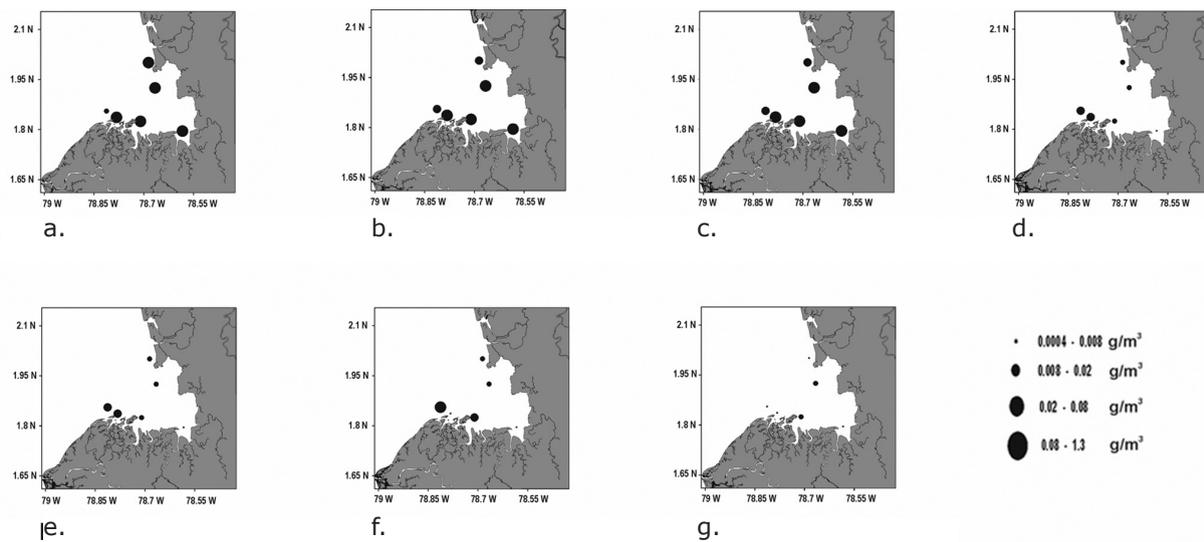


Figura 4. Distribución espacial de la biomasa seca zooplanctónica (g/m^3) en la bahía de Tumaco, durante junio de 2009 (a), julio de 2009 (b), septiembre de 2009 (c), octubre de 2009 (d), noviembre de 2009 (e), marzo de 2010 (f), junio de 2010 (g).

Desde una perspectiva climática, el período de transición de húmedo a seco (junio – julio) tiene el valor promedio más alto de biomasa zooplanctónica (peso húmedo) con $7.612 \pm 3.683 \text{ g/m}^3$, con una variación entre $1.7717\text{--}14.9952 \text{ g/m}^3$. El período de transición de seco a húmedo (noviembre) presentó el menor valor promedio de biomasa zooplanctónica (peso húmedo) con $2.531 \pm 1.975 \text{ g/m}^3$ y una variabilidad entre $0.413\text{--}6.290 \text{ g/m}^3$. Para las mediciones de biomasa zooplanctónica en términos de peso seco, el valor promedio más alto se presentó en el período de transición de húmedo a seco (junio-julio) con $0.303 \pm 0.220 \text{ g/m}^3$ y una variabilidad entre $0.0249\text{--}0.6245 \text{ g/m}^3$.

El menor valor promedio se presentó en el período húmedo (marzo-junio) con $0.015 \pm 0.016 \text{ g/m}^3$ y una variabilidad entre $0.0032\text{--}0.0445 \text{ g/m}^3$. Diversos estudios muestran que los parámetros ambientales juegan un rol importante en la distribución de las comunidades zooplanctónicas, especialmente sobre las fluctuaciones en la biomasa. Tanto los procesos físicos como biológicos toman un lugar preferencial en las escalas temporales y espaciales, generando una multiescala temporal y espacial sobre la cual se presenta la variabilidad del zooplancton.

En este sentido, en este estudio las estimativas de biomasa zooplanctónica (peso húmedo y peso seco) mostraron una variación temporal significativa (Kruskal-Wallis $H = 38.11$, $p = 0.000$; $H = 41.48$, $p = 0.000$ respectivamente). Los cuatro períodos climáticos no mostraron variaciones significativas en los valores de biomasa zooplanctónica por peso húmedo (Kruskal - Wallis $H = 7.98$, $p = 0.05$) pero sí mostraron diferencias significativas en los valores de biomasa zooplanctónica por peso seco (Kruskal - Wallis $H = 10.05$, $p = 0.02$).

A partir de estos resultados se puede evidenciar que los mayores valores promedio de biomasa húmeda obtenidos en julio de 2010, se asociaron con una disminución de la temperatura y un aumento de la concentración de clorofila-*a*. En cuanto a la biomasa seca, se puede ver que los menores valores promedio obtenidos en septiembre de 2009 y junio de 2010 se asociaron a un aumento de la temperatura y concentración de clorofila-*a*. A pesar de esto, no se observó ninguna asociación significativa entre la biomasa húmeda, la temperatura y la concentración de clorofila-*a* ($r_s = 0.03$, $p = 0.81$; $r_s = -0.08$, $p = 0.46$ respectivamente), al igual que la biomasa seca con la temperatura y concentración de clorofila-*a* ($r_s = 0.33$, $p = 0.76$; $r_s = -0.20$, $p = 0.07$ respectivamente).

Cuando se mide la biomasa húmeda por el método del peso húmedo y peso seco, se deben tratar con cautela estas estimaciones por varias razones: la variación de la biomasa zooplanctónica puede ocurrir en escalas de tiempo de meses a años, mientras que nosotros tomamos las muestras en intervalos discretos que representan a cada temporada. Las estimaciones de biomasa por peso seco también presentan problemas, los cuales son causados por el contenido de cenizas. La biomasa real, contenido orgánico en peso seco depende de la composición de la comunidad zooplanctónica, ya que el contenido de cenizas del zooplancton es altamente variable entre organismos no gelatinosos como los crustáceos (2 – 37%) [8].

Otro de los problemas al muestrear en zonas estuarinas, es la turbulencia causada por el recambio marea, que pueden resuspender sedimentos, causando la contaminación de las muestras de zooplancton con materia orgánica, fragmentos algales y cadenas de diatomeas que sobreestiman la biomasa zooplanctónica [9]. La sobrestimación se evidencia en los resultados de las correlaciones que sugieren que las contaminaciones por fragmentos algales representan un gran error en las lecturas de peso seco. Sin embargo, el conocimiento de las variaciones de la biomasa húmeda y seca en zonas estuarinas es escaso, por lo que resultan importantes como un estimativo de la producción secundaria de este estuario.

Las estimaciones de la biomasa zooplanctónica obtenidas en este trabajo, permiten tener una línea base para comparar con estudios posteriores, donde se realice un seguimiento al cambio de variables como abundancia, composición zooplanctónica y su relación con estructuras de naturaleza trófica e hidrodinámicas, comprendiendo así mejor la dinámica del ecosistema y aquellos factores que influyen el equilibrio y estabilidad del área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Denman KL, Powwel TM. Effects of physical process on plankton ecosystems in the coastal ocean. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1984; 22: 125-168.
- [2] Lenz J. 2000. Introduction. In: Harris RP, Wiebe PH, Lenz J, Skjoldal HR, Huntley M (eds). *Zooplankton Methodology Manual*. London: Academic Press; 2000.p.1-32.

- [3] Tejada C. Clima marítimo de la bahía de Tumaco, un caso de aplicación del sistema de modelo integral de zonas costeras para Colombia [tesis de maestría]. Cantabria, España; Universidad de Cantabria, Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas; 2002.
- [4] Garay Tinoco JA, Gómez López DI, Ortiz Galvis JR. Diagnóstico integral del impacto biofísico y socioeconómico relativo a las fuentes de contaminación terrestre en la bahía de Tumaco, Colombia y lineamientos básicos para un plan de manejo. Santa Marta: Proyecto del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA – Programa de Acción Mundial PAM) y Comisión Permanente del Pacífico Sur CPPS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR – Centro Control Contaminación del Pacífico CCCP – Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO; 2006.
- [5] Beers JR. Determinación de la biomasa del zooplancton. En: Boltovskoy D (ed). Atlas del Zooplancton del Atlántico Sudoccidental y Métodos de Trabajo con el Zooplancton Marino. Mar de Plata, Argentina: Publicación especial INIDEP; 1981. p.133-140.
- [6] Postel L, Fock H, Hagen W. Biomass and abundance. In: Harris RP, Wiebe PH, Lenz J, Skjoldal HR, Huntley M (eds). *Ices Zooplankton Methodology Manual*. San Diego, California: Academic Press; 2000. p. 83-174.
- [7] AR J. *Biostatistical Analysis*. New York: Prentice Hall; 1994.
- [8] Omori M. Weight and chemical composition of some important oceanic zooplankton in the North Pacific Ocean. *Mar. Biol.* 1969; 3: 4 – 10.
- [9] Nagao N, Toda T, Takahashi K, Hamasaki K. High ash content in net-plankton samples from shallow coastal water: possible source of error in dry weight measurement of zooplankton biomass. *J. Oceanogr.* 2001; 57 (1): 105 – 107.