

## IDENTIFICACIÓN DE MASAS DE AGUA HORIZONTALES Y VERTICALES COMO BASE PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO OCÉANO-ATMOSFÉRICO EN LA CUENCA DEL PACÍFICO COLOMBIANO\*

## IDENTIFICATION OF HORIZONTAL AND VERTICAL MASSES OF WATER AS A BASE FOR THE LOCATION OF OCEAN-ATMOSPHERIC STATIONS FOR THE MONITORING OVER THE COLOMBIAN PACIFIC OCEAN

IGOR MÁLIKOV<sup>1</sup>, NANCY VILLEGAS<sup>1</sup>, JUAN LEONARDO MORENO<sup>2</sup>

### RESUMEN

La finalidad del presente trabajo es apoyar al monitoreo de los procesos de interacción océano-atmósfera de la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC). La dinámica de las aguas se estudia a través del análisis del promedio de la temperatura y de la salinidad del mar del período 1971-2000. Se determinan las masas de agua basados en el análisis de cluster. Se analiza el comportamiento de la distribución espacio-temporal de las masas de agua superficiales y se determina su estructura vertical. Se busca una posible relación entre la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la distribución de las masas de agua. Se sugieren coordenadas de estaciones permanentes para el monitoreo meteorológico y oceanográfico en la CPC.

**Palabras clave:** Estaciones hidrometeorológicas; Cuenca del Pacífico Colombiano; Análisis de Cluster; Masas de agua; Estructura vertical; Zona de Convergencia Intertropical.

### ABSTRACT

The present work is developed with the purpose of support the monitoring of the ocean-atmosphere interaction processes over the Colombian Pacific Ocean (CPO). Water dynamics is studied through the analysis of the temperature and salinity average of the 1971-2000 period. The water masses are determined based on the cluster analysis. The behaviour of the temporal-space distribution of the surface water masses is analyzed and its vertical structure is determined. A possible relationship between the water masses distribution and the migration of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) is looking for. Coordinates of permanent stations for the meteorological and oceanographic monitoring in the CPC are suggested.

**Keywords:** Hydrometeorological stations; Colombian Pacific Ocean; Cluster analysis; Water masses; Vertical structure; Intertropical Convergence Zone.

### INTRODUCCIÓN

Con información oceanográfica de la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC) recopilada por el Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) de

la Dirección General Marítima (DIMAR) en diferentes cruceros oceanográficos esporádicos entre 1970 y 1998, se ha logrado obtener una climatología aproximada (Málikov y Camacho 1998) para la realización de trabajos sobre delimitación de zonas

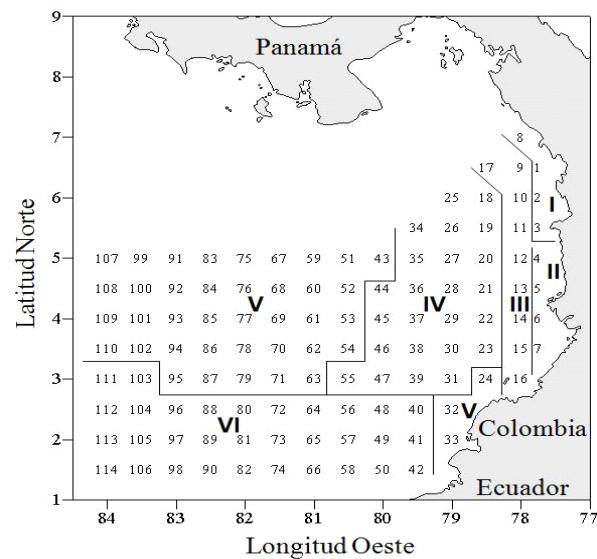
\* Este artículo se publicó en las *Memorias VIII Congreso Colombiano de Meteorología y Conferencia Internacional «Cambio Climático, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible»*, así: Identificación de masas de agua horizontales y verticales como base para la localización de estaciones de monitoreo océano-atmosférico en la cuenca del Pacífico colombiano. Igor Málikov, Nancy Liliana Villegas Bolaños, Juan Leonardo Moreno Rincón. Los coordinadores editoriales de las *Memorias* autorizaron su publicación en la Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, Investigación, Biodiversidad y Desarrollo.

1. Grupo de Investigación CENIT, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, DC, Colombia.  
e-mail: nlvillegasb@unal.edu.co ig\_nan@yahoo.com
2. Dirección General Marítima, Bogotá, DC, Colombia. e-mail: leonardomoreno@yahoo.com  
Fecha de recibido: Febrero 10, 2009 Fecha de aprobación: Agosto 9, 2009

homogéneas de la CPC en la capa superficial (Málíkov 2000; Villegas 2002). También se han realizado estudios de masas de agua en la región, basados en campañas oceanográficas específicas (Pineda 1995; Devis *et al.* 2002), pero no se han hecho análisis de la distribución de masas de agua al paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) mes a mes, ni se ha encontrado una estructura vertical de masas de agua en cada zona homogénea identificada, ni se han tomado estos análisis como base para el posicionamiento más adecuado de estaciones hidrometeorológicas de monitoreo de la CPC. La variabilidad de la dinámica de las aguas de la región se estudió con mayor detalle con el desarrollo del Modelo TermoDinámico 3D de la CPC (MTD3D-CPC) (Villegas y Neelov 2002; Villegas 2003; Karlin y Villegas 2004; Villegas y Málíkov 2006). La información mes a mes de casi 50 años obtenida por el modelo y validada con datos de los cruceros oceanográficos permitió el inicio de estudios de variabilidad climática de parámetros oceanográficos y meteorológicos sobre la CPC y el diseño de un atlas climatológico de las características termohalinas y dinámicas de la región (Villegas y Málíkov 2009). Con la climatología establecida mediante esta información, en el presente trabajo se determinaron las masas de agua superficiales de la CPC mes a mes y en promedio, se definieron los valores característicos de cada masa de agua [temperatura del mar ( $T$ ) en °C, salinidad ( $S$ ) en psu, densidad ( $p$ ) en  $\text{kg/m}^3$ ] y se identificó la estructura vertical de las masas de agua. El análisis sirvió de base para sugerir coordenadas de ubicación de estaciones permanentes de monitoreo de variables atmosféricas y oceanográficas en la CPC.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio situada al occidente de Colombia, se localiza entre los paralelos  $01^{\circ} 30'$  y  $07^{\circ} 10'$  latitud Norte y entre los  $77^{\circ} 40'$  y  $82^{\circ} 00'$  latitud Oeste (Figuras 1-13). Para la determinación de las masas de agua superficiales mediante el análisis de cluster, se utilizaron series de tiempo de  $T$ ,  $S$  y  $p$ , del



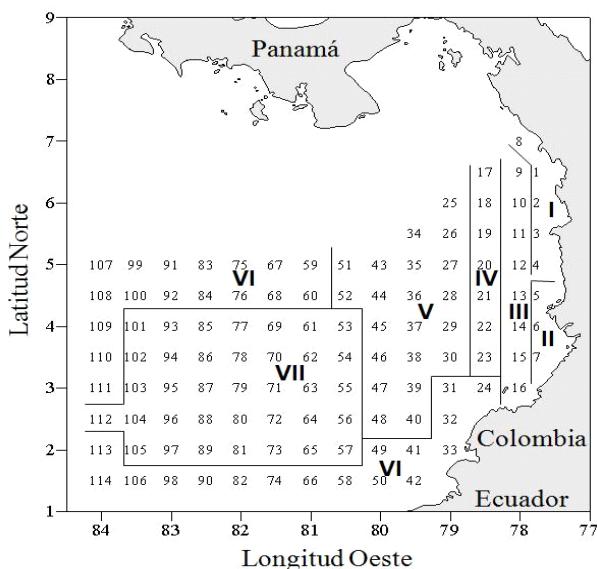
**Figura 1.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Enero 1971-2000

periodo de 1970-2000 obtenidas del modelo MTD3D-CPC de la termodinámica de la CPC. El método de cluster utilizado es el de Ward's y la métrica Euclídea.

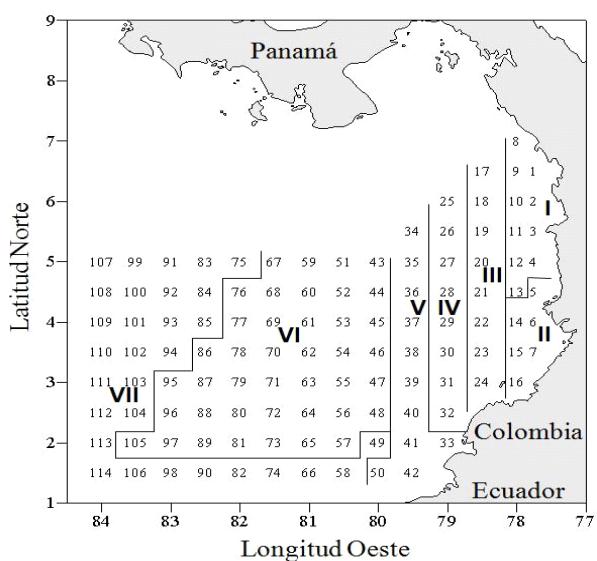
La distribución espacio-temporal de las masas de agua identificadas se describe a partir de las Figuras 1-13 en las cuales, los números arábigos corresponden a las estaciones cada 30 minutos de donde se extrajo la información del modelo y, los números romanos representan a las masas de agua. Las características termohalinas o centroides promedio de cada cluster se muestran en la Tabla 1. De cada masa de agua superficial promedio se identificó su estructura vertical característica, la cual se muestra en la Figura 14. Los puntos sugeridos para ubicación de las estaciones hidrometeorológicas permanentes de monitoreo de variables océano atmosféricas en la CPC se presentan en la Tabla 2.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Las masas de agua en la superficie de la Cuenca del Pacífico Colombiano (CPC) en el mes de enero tienen la siguiente distribución (Figura 1): las dos primeras se encuentran en la zona costera dividiéndola en sectores sur y norte a los  $5^{\circ}$  N. La tercera masa



**Figura 2.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Febrero 1971-2000



**Figura 3.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Marzo 1971-2000

de agua, que por sus características termohalinas también se puede determinar como parte de la zona costera, atraviesa los  $78^{\circ}$  W desde el norte hacia el sur. La cuarta es una zona de mezcla de las aguas costeras y aguas oceánicas, que se distribuye desde los  $78^{\circ}30'$  hasta  $80^{\circ}30'$  W y desde el norte hasta los  $3^{\circ}$  N. La quinta masa de agua se divide en dos partes, una se encuentra cerca de la costa sur de la CPC y la segunda ocupa los sectores norte-central y norte-occidental. La sexta masa de agua ocupa

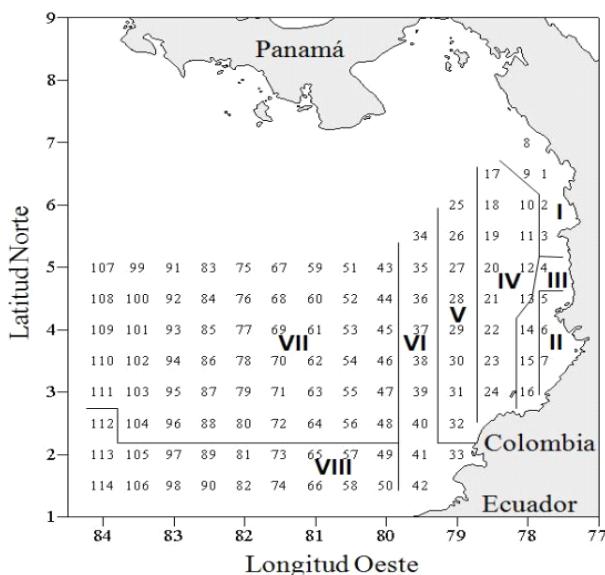
los sectores sur y sur occidental de la CPC.

La distribución de las masas de agua en la CPC en febrero es casi similar a la de enero (Figura 2). Las primeras tres masas se encuentran en la zona costera. La cuarta, se localiza en la frontera de la zona de mezcla de las aguas costeras y aguas oceánicas, pasando desde el norte hasta el sur por los  $78^{\circ}30'$  W. La quinta masa de agua se forma en la zona de mezcla, entre los  $79^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  W. La sexta se divide en dos partes, una se encuentra en los sectores sur y sur-occidente de la CPC, la segunda ocupa los sectores norte y nor-occidente de la CPC. La séptima masa de agua ocupa la parte central de la CPC con salida al occidente.

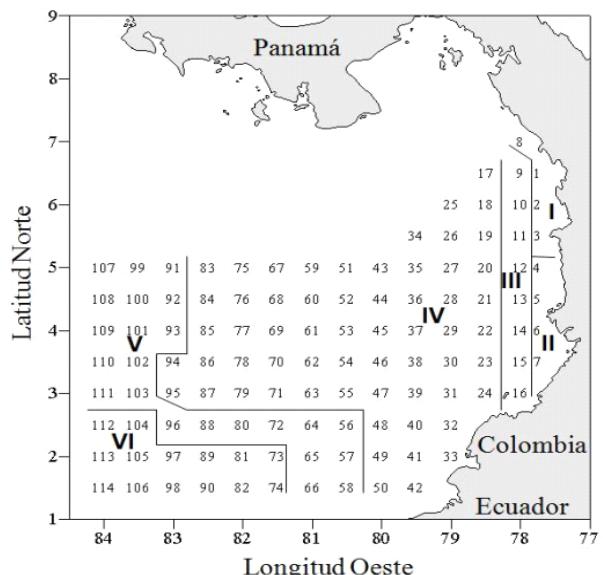
En marzo (Figura 3) la zona costera se divide en dos masas de agua, la primera se encuentra en el norte y la segunda en la parte sur de la costa, hasta los  $78^{\circ}$  W. La zona de la mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas se reparte entre las tres masas de agua siguientes en forma lineal desde el norte de la CPC hacia el sur, desde los  $78^{\circ}$  hasta los  $79^{\circ}30'$  W. La sexta masa de agua ocupa los sectores central y nor-central de la CPC hasta los  $2^{\circ}$  N. La séptima masa de agua se encuentra en los sectores occidental y sur de la CPC.

En abril (Figura 4) la zona costera se divide en tres masas, la primera queda en el norte de la costa, la segunda en el sur del sector costero y la tercera en el centro y sur de la costa, paralelamente a la segunda masa de agua. La zona de la mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas se reparten entre las tres masas de agua en forma lineal desde el norte de la CPC hacia el sur, entre los  $78^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  W. La séptima masa de agua ocupa la mayor parte desde los  $2^{\circ}30'$  N hacia el norte de la CPC. La octava masa de agua se encuentra en el sector sur de la CPC.

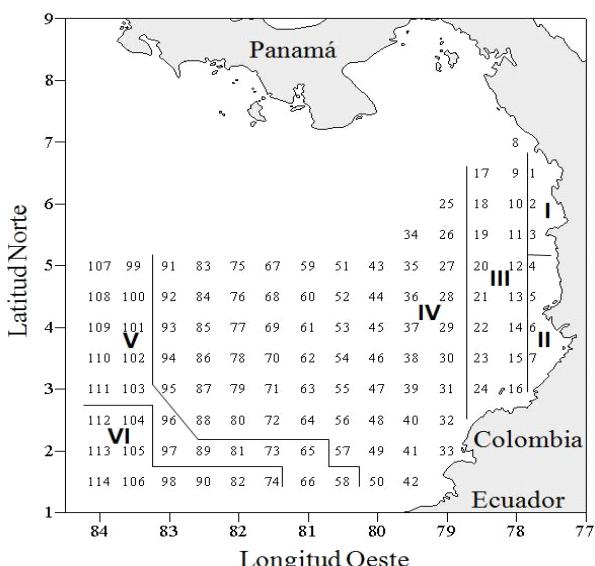
En mayo (Figura 5) la zona costera se divide en dos masas, la primera se localiza en el norte de la costa y la segunda en el sur separadas en la latitud  $5^{\circ}$  N.



**Figura 4.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Abril 1971-2000



**Figura 6.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Junio 1971-2000



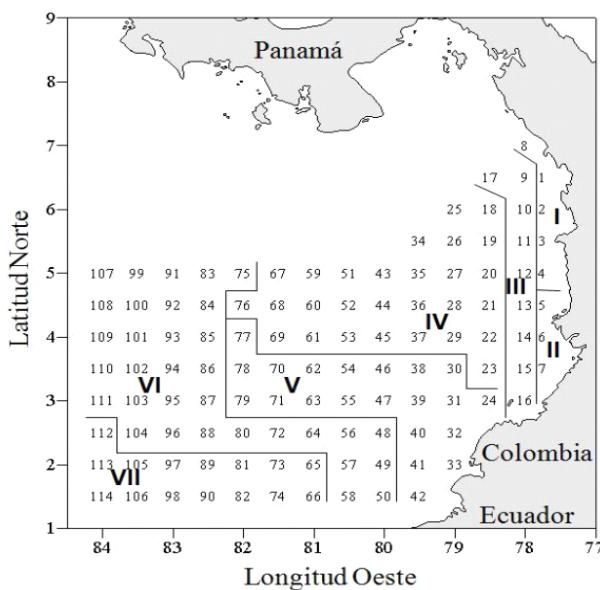
**Figura 5.** Masas de agua superficiales en la CPC:  
Mayo 1971-2000

La tercera se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas entre los  $77^{\circ} 45'$  y  $78^{\circ} 30'$  W. La cuarta masa de agua ocupa mayor parte de la CPC desde los  $78^{\circ} 30'$  hasta los  $80^{\circ}$  en el sur y hasta  $83^{\circ}$  W en el norte. La quinta y sexta masas de agua se ubican en forma diagonal desde el nor-occidente hacia sur-oriente de la CPC.

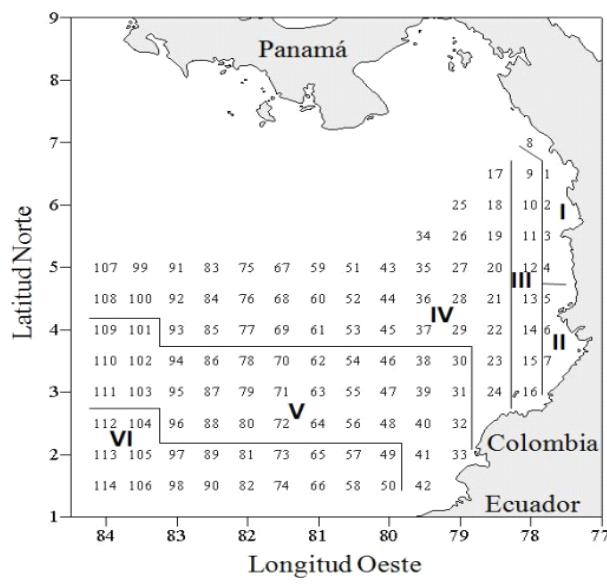
En junio (Figura 6) la distribución de las masas de

agua es muy parecida a la del mes de mayo, la única diferencia se observa en la tercera masa de agua, donde la zona de mezcla es más delgada que la del mes abril. La zona costera se divide en dos masas, la primera se ubica en el norte de la costa desde los  $5^{\circ}$  N, la segunda en el sur de la costa. La tercera se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas entre los  $77^{\circ} 45'$  y  $78^{\circ} 30'$  W. La cuarta masa de agua ocupa mayor parte de la CPC desde los  $78^{\circ}$  hasta los  $80^{\circ}$  en el sur y hasta  $83^{\circ}$  W en el norte. La quinta y sexta masas de agua se ubican en forma diagonal desde el nor-occidente hacia sur-oriente de la CPC.

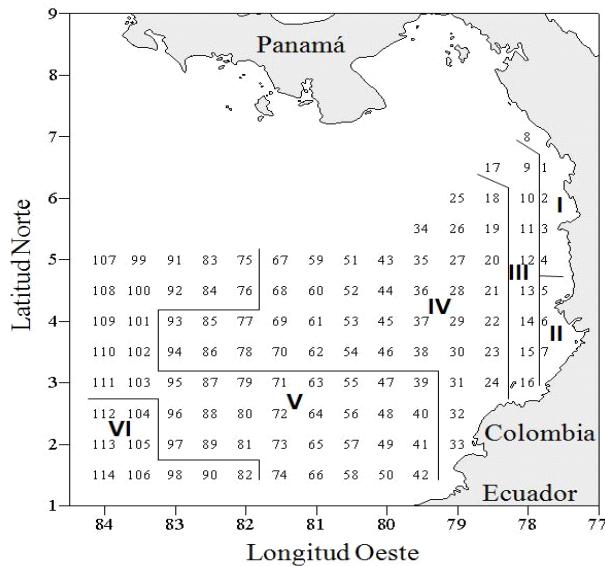
En julio (Figura 7) la zona costera se divide en dos masas, la primera se localiza en el norte de la costa desde los  $4^{\circ} 30'$  N, la segunda en el sur de la costa. La tercera se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas entre los  $77^{\circ} 45'$  y  $78^{\circ} 30'$  W. La cuarta masa de agua está entre los  $3^{\circ} 30'$  y el sector norte de la CPC y hasta los  $81^{\circ} 30'$  W. La quinta masa de agua se ubica paralelamente a la cuarta masa de agua pero en la parte sur hasta los  $3^{\circ}$  N y la costa sur de la CPC. La sexta masa de agua se ubican en forma diagonal desde el nor-occidente hacia sur-oriente de la CPC y la sép-



**Figura 7.** Masas de agua superficiales en la CPC: Julio 1971-2000



**Figura 9.** Masas de agua superficiales en la CPC: Septiembre 1971-2000



**Figura 8.** Masas de agua superficiales en la CPC: Agosto 1971-2000

última masa de agua se encuentra en el sector sur-occidental.

En agosto (Figura 8) la zona costera tiene dos masas de agua, la primera queda en el norte de la costa desde los 4° 30' N, la segunda en el sur de la costa. La tercera se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas en los 78° W. La cuarta masa de agua se encuentra desde el norte

hasta el sur de la CPC entre los 78° 30' hasta los 79° W, y después ocupa la parte central y norte de la CPC hasta los 82°-83° W. La quinta masa de agua divide la CPC en forma diagonal desde el noroeste hasta el sur-este. La sexta masa de se ubica en la punta sur-este de la CPC.

En septiembre (Figura 9) las primeras tres masas de agua se distribuyen igualmente a las de agosto. La primera se localiza en el norte de la costa desde los 4° 30' N, la segunda en el sur de la costa. La tercera se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas en los 78° W. La cuarta masa de agua se encuentra desde el norte hasta el sur de la CPC en los 78° W y desde la parte central hacia el norte de la CPC hasta los 84° W. La quinta masa de agua queda en la parte central de la CPC, aproximadamente entre los 2° y 4° N, atravesando la CPC del oeste al este. La sexta masa de agua se ubica en el sector sur de la CPC desde los 80° hasta los 84° W.

En octubre (Figura 10) la primera masa de agua queda en el norte de la costa desde los 4° 30' N hacia el norte, la segunda en el centro de la CPC hasta los 4° N de la costa. La tercera se ubica en la

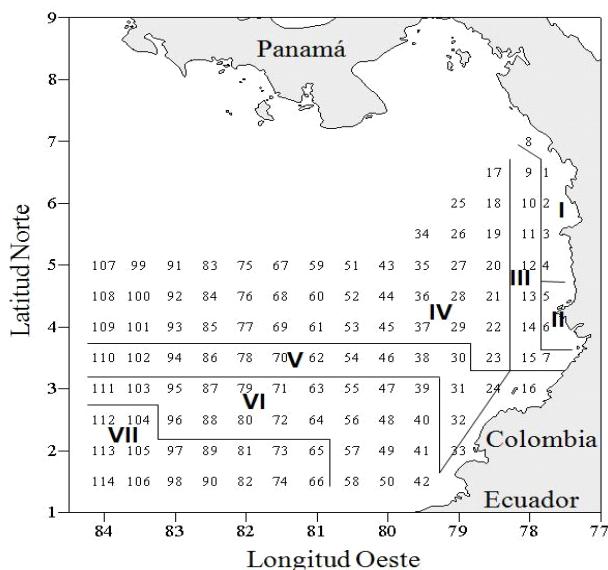


Figura 10. Masas de agua superficiales en la CPC:  
Octubre 1971-2000

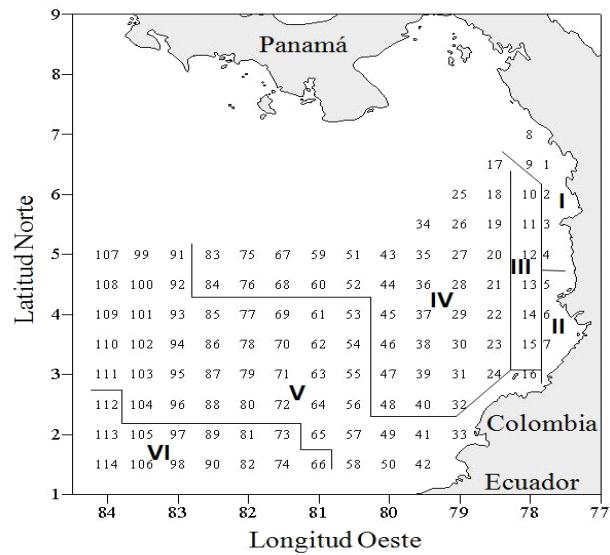


Figura 12. Masas de agua superficiales en la CPC:  
Diciembre 1971-2000

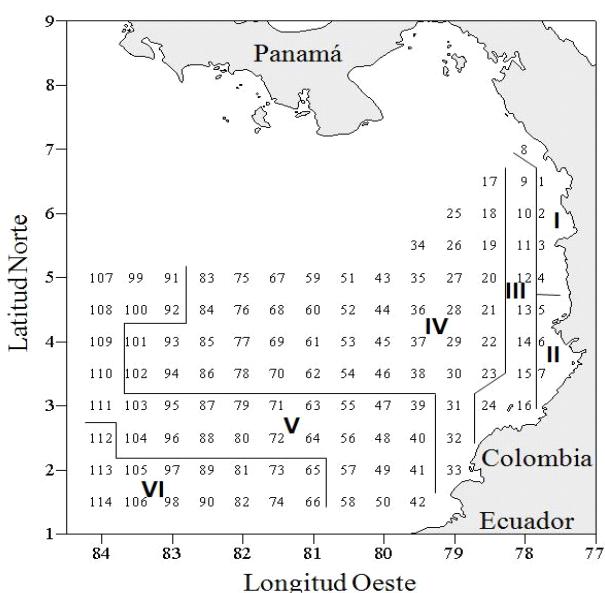
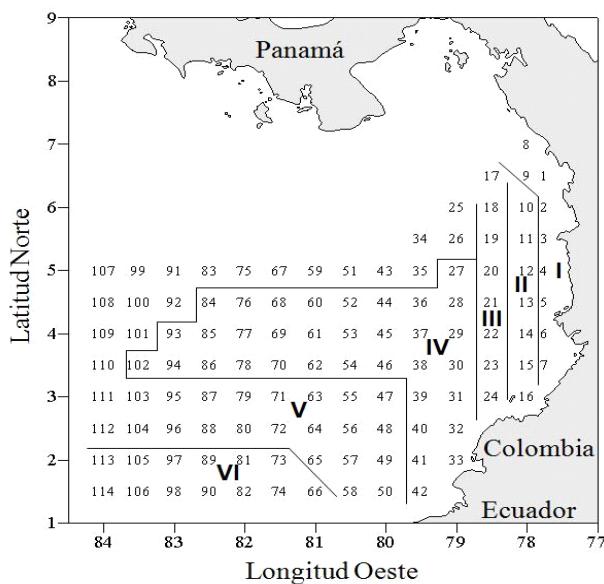


Figura 11. Masas de agua superficiales en la CPC:  
Noviembre 1971-2000

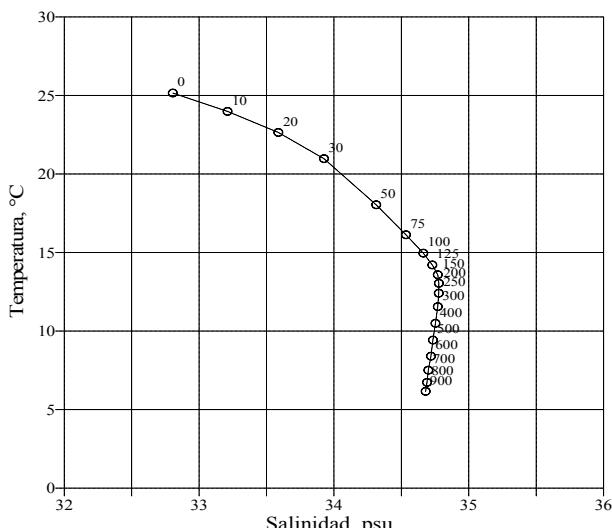
zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas en los  $78^{\circ}$  W hasta los  $3^{\circ} 30'$  N. La cuarta masa de agua se encuentra desde los  $4^{\circ}$  hasta el norte de la CPC. La quinta se localiza en la parte central de la CPC, aproximadamente en los  $3^{\circ} 30'$  N. La sexta masa de agua atraviesa desde el oeste en los  $3^{\circ}$  N aumentando su área en el sur-este de la CPC entre los  $79^{\circ} 30'$  y  $81^{\circ}$  W. La séptima masa de agua se ubica en el sur-oeste de la CPC.

En noviembre (Figura 11) las primeras dos masas de agua dividen la costa en dos partes, la parte norte queda hacia el norte de la costa desde los  $4^{\circ} 30'$  N, y la parte sur. La tercera masa de agua se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas en los  $78^{\circ}$  W. La cuarta masa de agua ocupa mayor parte de la CPC, al igual que la tercera masa de agua, atraviesa desde el norte hasta el sur en los  $79^{\circ}$  W, y después ocupa la parte centro-norte de la CPC hasta los  $83^{\circ}$  W. La quinta masa de agua se ubica en forma diagonal desde el nor-oeste hacia sur-este de la CPC. La sexta masa de agua se localiza en la parte sur-oeste de la CPC.

En diciembre (Figura 12) las primeras dos masas de agua dividen la costa en dos partes, la parte norte de la costa desde los  $4^{\circ} 30'$  N, y la parte sur. La tercera masa de agua se ubica en la zona de mezcla de las aguas costeras con las aguas oceánicas en los  $78^{\circ}$  W. La cuarta masa de agua ocupa desde los  $2^{\circ} 30'$  hacia el norte y en el oeste hasta los  $80^{\circ}$  W, después de los  $80^{\circ}$  W, la cuarta masa de agua ocupa la parte norte de la CPC hasta los  $4^{\circ} 30'$ , y hacia el oeste hasta los  $82^{\circ} 30'$ . La quinta masa de agua queda en diagonal desde el nor-oeste hacia sur-este de la CPC. La sexta masa de agua queda en la parte sur-oeste de la CPC.



**Figura 13.** Promedio 1971-2000 de las masas de agua superficiales en la CPC.



**Figura 14.** Estructura vertical de la masa de agua I: Agua Superficial Fría Costera

Fuente: Modificado de Villegas y Málikov, 2009

En forma general se puede resaltar que la CPC en abril presenta 8 masas de agua; en febrero, marzo, julio y octubre se encuentran 7 masas de agua y, que en los demás meses la CPC presenta 6 masas de agua. Esta distribución se encuentra influida por la ZCIT, siendo así que desde noviembre hasta enero, la ZCIT permite que las aguas del sector Sur de la CPC estabilicen sus parámetros físicos logrando

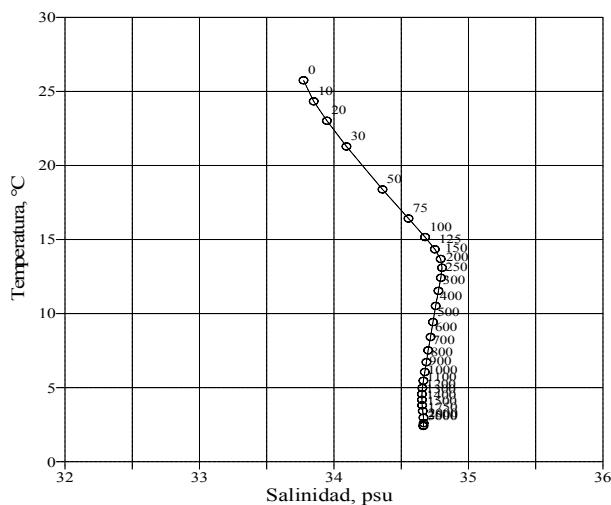
una homogeneidad temporal. A partir de febrero, la transición de la ZCIT hacia el Norte, conlleva a que las aguas de la CPC presenten variaciones en sus características termohalinas, lo cual se ve reflejado en el aumento de masas de agua inclusive llegando a 8 en abril. Luego de este mes, la migración de la ZCIT interfiere en las características termohalinas de las aguas de las CPC de tal manera que las masas de agua nuevamente oscilan llegando a disminuir en cantidad de 7 a 6.

Al procesar toda la información se obtiene como promedio 6 masas de agua en la CPC (Figura 13), las cuales, de acuerdo con sus características termohalinas pueden ser denominadas así: la masa de agua I como Agua superficial fría costera, la masa de agua II como Agua superficial cálida costera, la Masa de agua III se denomina Agua superficial de mezcla, la masa de agua IV es Agua superficial colombiana, la masa de agua V es Agua superficial tropical y la masa de agua VI puede llevar por nombre Agua superficial ecuatorial. Esta clasificación coincide con Villegas y Málikov (2009).

De cada una de las masas de agua superficiales establecidas se construyeron diagramas T-S a nivel vertical con los valores promedio 1971-2000, obteniendo las curvas T-S de las Figuras 14 a 19 que claramente identifican 5 masas de agua verticales como en Villegas y Málikov (2009).

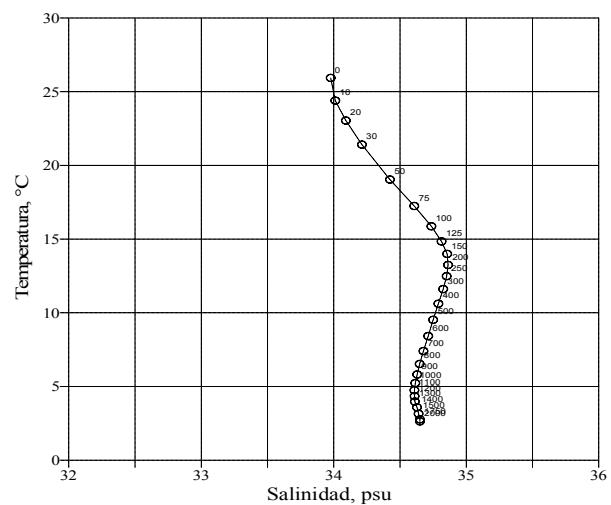
La masa de agua de la capa superficial, puede ser denominada Agua Superficial Colombiana Ecuatorial Tropical y se localiza entre los 0 y 10 metros de profundidad. Su T promedio es  $25.77^{\circ}\text{C}$  y S de 33.75 psu. Estas características son el resultado de la interacción del sistema océano atmósfera.

La segunda masa de agua se denomina Agua Central Superior Ecuatorial del Pacífico y se localiza entre los 10 y 150 metros de profundidad. Esta masa de agua representa la termoclina y haloclina de las aguas de la CPC. Las características de esta masa son: T= $23.37^{\circ}\text{C}$  y S=33.92 psu. Esta masa de agua



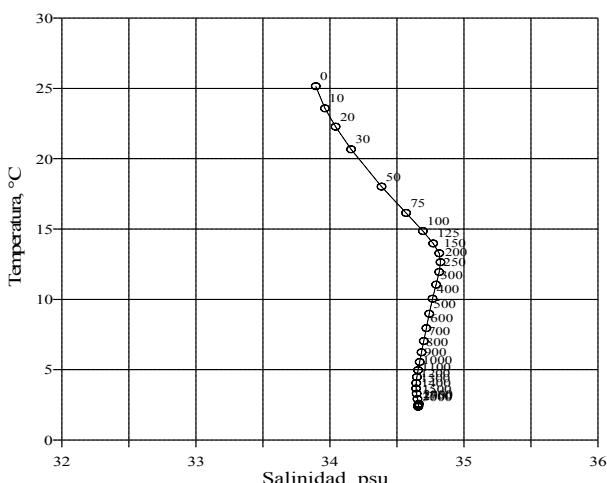
**Figura 15.** Estructura vertical de la masa de agua II:  
Agua Superficial Cálida Costera

Fuente: Modificado de Villegas y Málíkov, 2009



**Figura 17.** Estructura vertical de la masa de agua IV:  
Agua Superficial Colombiana

Fuente: Modificado de Villegas y Málíkov, 2009



**Figura 16.** Estructura vertical de la masa de agua III:  
Agua Superficial de Mezcla

Fuente: Modificado de Villegas y Málíkov, 2009



**Figura 18.** Estructura vertical de la masa de agua V:  
Agua Superficial Tropical

Fuente: Modificado de Villegas y Málíkov, 2009

está influida por dos corrientes subsuperficiales, una que viene del sector noreste de la CPC y otra de la parte sur de la región de estudio. La tercera masa de agua se denomina Agua Intermedia Antártica y se encuentra en la capa entre los 150 y 500 metros, con una T de 13.70 °C y una S de 34.89 psu. La cuarta masa de agua, denominada Agua Antártica de Fondo o Circumpolar se forma en las profundidades de 500 a 1000 metros, con una T de 5.78 °C y una S de 34.60 psu. La quinta masa de agua, la

cual se observa en todas las zonas homogéneas excepto en la primera, se denomina Agua Profunda del Pacífico. Se localiza en profundidades desde los 1000 metros en promedio hasta el fondo marino, con T de 2.51 °C y S es de 34.65 psu.

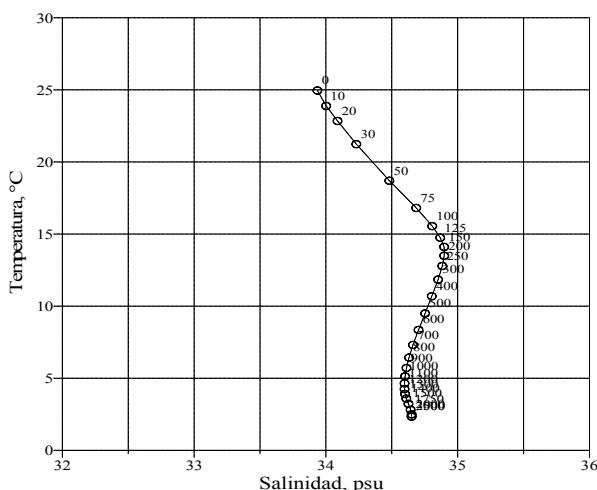
En general la CPC se puede dividir en tres grandes zonas superficiales: la zona costera, una zona de mezcla y una zona oceánica (Moreno *et al.*, 2008). La zona costera se conforma por oscilaciones de T y S

**Tabla 1**  
**Características promediadas de 1971-2000 de las masas de agua correspondientes a las zonas de la CPC**

Zona	Masas de agua	Temperatura °C	Salinidad psu	Densidad kg/m³
Costera	I	25.47	33.10	21.49
	II	25.77	33.78	21.89
De mezcla	III	25.71	33.86	21.97
	IV	25.64	34.04	22.12
Oceánica	V	26.01	33.78	21.82
	VI	25.03	33.95	22.24

**Tabla 2**  
**Posición sugerida para estaciones hidrometeorológicas permanentes en la CPC**

Zona	Longitud oeste	Latitud norte	Profundidad (m)	Nº estación
Costera	77° 30'	6° 30'	300	1
	77° 30'	3° 30'	150	7
	78°	5°	3000	12
De mezcla	78° 30'	6° 30'	3000	17
	79°	4°	2500	29
	80°	4° 30'	2500	44
Oceánica	81° 30'	1° 30'	2500	74
	84°	3°	2500	111



**Figura 19.** Estructura vertical de la masa de agua VI: Agua Superficial Ecuatorial

Fuente: Modificado de Villegas y Málíkov, 2009

influidas por aportes de ríos y movimientos advectivos y verticales complejos del sector costero. Los contrastes horizontales y verticales de T y S en la zona costera se presentan más que en el océa-

no abierto, debido a grandes gradientes de flujos de calor, las aguas dulces de los ríos, flujos y reflujo y los movimientos de marea. Las características termohalinas de la zona costera está compuesta de la combinación de las masas de agua I y II (Tabla 1). La zona de mezcla, se conforma por las masas de agua III y IV y se denomina así por ubicarse en un sector donde se realiza la mezcla de aguas costeras con las aguas oceánicas. La variación de la T y la S (Tabla 1) disminuye en esta zona, presentando la estabilidad de las oscilaciones de estos parámetros dentro del año climático, en comparación con lo que ocurre en la zona costera. La zona oceánica, con aguas en promedio más frías y más salinas (Tabla 1) está conformada por las masas de agua V y VI, aún más estables en las oscilaciones de sus parámetros que las dos anteriores.

Teniendo en cuenta la distribución vertical de las masas de agua, las características particulares de T,

S,  $p$  de las zonas superficiales descritas y su posición geográfica en la CPC, los puntos que se sugieren para el posicionamiento de estaciones permanentes de monitoreo de variables meteorológicas y oceanográficas son los presentados en la Tabla 2.

Existen diferentes tipos de estaciones para determinar variables meteorológicas y oceanográficas, los cuales se seleccionan según la información que se quiera obtener, el uso que se vaya a hacer a la misma y las condiciones de la región a monitorear. Como se describió anteriormente, los procesos continentales influyen notoriamente en la T y S, es por eso que para la Zona Costera se sugieren instrumentos de monitoreo anclados como las boyas de oleaje direccional o anclaje en plataforma continental, que permitan conocer las variaciones de temperatura y oleaje característico en zona litoral, combinando instrumentos meteorológicos y oceanográficos superficiales. En el caso de profundidades mayores a 2500 metros, se sugiere establecer una estación subsuperficial, que permita realizar perfiles de las variables oceanográficas básicas. Para las zonas de Mezcla y Oceánica se sugieren instrumentos de monitoreo tanto superficial como subsuperficial, que permiten conocer las variables oceánicas a diferentes profundidades, y las meteorológicas. Estos son equipos complejos que permiten medir temperatura del aire, presión atmosférica, radiación, velocidad y dirección del viento y oleaje como componente meteorológico y; temperatura, salinidad, oxígeno, nutrientes y corrientes para el componente oceanográfico.

## CONCLUSIONES

- En abril se presentan 8 masas de agua superficiales, en febrero, marzo, julio y octubre 7, y en los demás meses sólo 6, llegando a un promedio de 6 masas de agua. Esta distribución se encuentra influida por la migración de la ZCIT.
- La CPC puede dividirse en tres zonas superficiales: una costera, una zona intermedia y una zona oceánica.

- Las curvas T-S de las 6 masas de agua superficiales promedio identificadas en la CPC, presentan una estructura vertical de 5 masas de agua.
- Por características termohalinas, distribución superficial y vertical de masas de agua y zonas determinadas se sugieren 8 puntos permanentes de monitoreo de condiciones océano-atmosféricas para la CPC.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Departamento de Geociencias de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo a la investigación en temas realizados con la oceanología y al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología «Francisco José de Caldas» COLCIENCIAS por el aporte financiero que permitió la consecución de material necesario para la obtención de resultados presentados en este artículo.

## LITERATURA CITADA

- Devis, A., I. García, Málikov, I., N. Villegas.** 2002. *Compilación oceanográfica de la Cuenca Pacífica Colombiana. Bol Cient CCCP.* 110 p.
- Karlin, L., N. Villegas.** 2004. *Modelación de la circulación y de la estructura termohalina de las aguas de la Cuenca del Pacífico Colombiano.* Selección de trabajos de jóvenes científicos St. Petersburg: Hidrometeorología. p. 116-25.
- Málikov, I.** 2000. *Determinación de Zonas Homogéneas del Pacífico Colombiano.* Informe Final. *Bol Cient CCCP.* 110 p.
- Málikov, I., G. Camacho.** 1998. Método de aproximación para determinar cambios entreanuales aplicados a parámetros de temperatura y salinidad del Pacífico Colombiano. *Bol Cient CCCP.* 7: 30-41.
- Moreno, J., N., Villegas, Málikov, I.** 2008. Análisis de la relación entre masas de aire y masas de agua superficiales sobre la Cuenca del Pacífico Colombiano para el establecimiento de estaciones hidrometeorológicas de monitoreo. *Bol Cient CIOH* 26: 188-204.
- Pineda, A.** 1995. Condiciones hidrológicas en la Cuenca del Pacífico Colombiano. *Bol Cient CCCP.* 5: 72-97.
- Villegas, N.** 2002. *Determinación de zonas homogéneas*

- de aguas superficiales del Océano Pacífico Colombiano.* Materiales sección final Cons. Cient. 30-31 enero 2002. St. Petersburg: RSHU. p. 126-8.
- Villegas, N.** 2003. *Leyes de formación de estructura termodinámica de la Cuenca del Pacífico Colombiano.* Tesis Doctoral para obtención del título de PhD en ciencias físicas y matemáticas. Universidad Hidrometeorológica del Estado Ruso. St. Petersburg: RSHU. 189 p.
- Villegas, N., I. Málikov.** 2006. Modelación de la estructura dinámica de las Aguas de la Cuenca del Pacífico Co- lombiano. *Bol Cient CCCP.* 13: 97-114.
- Villegas, N., I. Málikov.** 2009. *Atlas de las características termohalinas y dinámicas de las aguas de la Cuenca del Pacífico Colombiano con base en simulación matemática.* Bogotá, DC: Universidad Nacional de Colombia. 218 p.
- Villegas, N., E I. Neelov.** 2002. *Modelación de variaciones estacionales de circulación del Océano Pacífico Colombiano.* Materiales sección final Cons. Cient. 30-31 enero 2002. St. Petersburg: RSHU. p. 123-4.