

VARIABILIDAD HIDROCLIMÁTICA EN EL GOLFO DE BATABANÓ, CUBA

Roberto Piñeiro¹, Susana Cobas¹ y Lázaro Fernández²

¹ Centro de Investigaciones Pesqueras 5ta. Ave. y 246, Santa Fe,
Playa, Ciudad de La Habana, Cuba, Teléfono: 209-7852,

E-mail: robertop@cip.telemar.cu

² Estudios marinos GeoCuba

RESUMEN

Se presenta un estudio sobre la variabilidad hidroclimática en la región del Golfo de Batabanó a partir del análisis de series mensuales de temperatura del agua y del aire en el período comprendido entre 1982 y 2008. Fue estimada la correlación entre ambas variables con $r = 0,87$ y una ecuación pronóstica que permitió reconstruir la serie de temperatura del agua a partir de 2003 hasta el 2008. La temperatura promedio del agua es de $27,60\text{ }^{\circ}\text{C}$, con desviaciones estándar de 1,49. En las anomalías se observan fluctuaciones que responden a períodos cálidos y fríos. Las máximas anomalías positivas se presentan en 1997-1998 y 2002-2003. En la serie transformada de la temperatura promedio anual del agua se obtiene una tendencia al incremento de la temperatura a finales de la década de 1990, el cual se mantiene a lo largo de los años hasta el 2008. La serie promedio transformada de la temperatura del aire, presentó períodos de calentamiento y enfriamiento con valores promedio de $24,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ y desviación estándar de 0,26. A finales de la década de los 90 se observó un ciclo cálido, el cual tiene influencia en la temperatura superficial del agua. Los patrones estacionales del aire y del agua presentaron una estrecha relación, alcanzando las máximas anomalías positivas entre junio y septiembre; y los menores valores entre enero y febrero.

Palabras claves: temperatura del agua, temperatura del aire, correlación.

HYDROCLIMATE VARIABILITY AT THE GOLFO DE BATABANÓ, CUBA

ABSTRACT

An study of hydroclimate variability in the region of the gulf of Batabanó analyzing the water and air monthly temperatures series from 1982 to 2008 was carried out. The correlation between both variables were $r = 0,87$ and was obtained an equation that allow to reconstruct the water temperature series from 2003 until 2008. The water temperature average was $27,60\text{ }^{\circ}\text{C}$, with standard deviations of 1,496. In the anomalies fluctuations are observed warm and cold periods. The maximum positive anomalies appear in 1997-1998 and 2002-2003. In the transformed series of the annual water temperature average, a tendency to the temperature increase at the end of the 1990's is obtained, until the 2008. The transformed series of the air temperature average had warming and cooling periods with average values of $24,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ and standard deviation of 0,26. At the end of the 1990 decade was observed a warmer cycle, which has influence in the sea surface temperature. The

seasonal patterns of the air and the water presented a significant correlation, with the maximum positive anomalies on June and September; and the smaller values appeared on January and February.

Key words: water temperature, air temperature, correlation.

INTRODUCCIÓN

Una de las variables más representativa por sus características, de las fluctuaciones del clima en los estudios sobre variabilidad ambiental marina, es la temperatura superficial del mar y del aire (TSM), siendo además reconocida como una de las más importantes predictoras utilizada en diferentes escalas de tiempo en estudios sobre el clima mundial a corto plazo. (Tokioka, 1983) Además de ser útil, por su fácil manejo y adquisición, es utilizada para brindar pronósticos de la interacción océano – atmósfera, climáticos, etc., así como para relacionarla con aspectos biológicos referentes a especies de interés comercial. (Gray *et al.*, 1994; Griffin *et al.*, 2001; De León *et al.*, 2005 y Puga *et al.*, 2006)

La plataforma suroccidental, donde se ubica el Golfo de Batabanó, es de todas las zonas marinas de la plataforma cubana la que presenta la mayor área sumergida entre 90 y 140 km de ancho y un área aproximada de 20 870 km². Esta región se encuentra ubicada entre los 81° 13' y 84° 53' de longitud Oeste y 21° 30' y 22° 50' de latitud Norte y presenta una profundidad promedio entre 6 y 7 m. Se encuentra limitada en su porción Norte por la costa sur de las provincias de Pinar del Río, La Habana y Matanzas y por su parte Sur por una serie de cayos, isletas, canales que conforman el archipiélago de los Canarreos e Isla de la Juventud. En su zona Este y Oeste se ubican cayerías que permiten el intercambio de elevados volúmenes de agua oceánica, que de manera general penetran por el Este y salen por el Oeste.

Producto de sus características ambientales favorables para la vida acuática, es el hábitat de especies marinas comerciales donde se destacan, entre otras, la langosta espinosa (*Panulirus argus*) y especies de escamas como la biajaiba (*Lutjanus synagris*) y la rabirrubia (*Lutjanus chrysurus*).

A partir de estas consideraciones, en el presente estudio se analizan las características de la temperatura del agua y aire en la plataforma suroccidental de Cuba (Golfo de Batabanó), con vistas a profundizar en la variabilidad hidroclimática de esta región de gran importancia pesquera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron series mensuales de temperatura del agua (TSM) desde 1982 hasta el año 2003 de la base de datos del ERD Live Access Server versión 6.5 (Environmental Research Division), perteneciente a NOAA Fisheries Service del Southwest Fisheries Science Center NOAA. Su ubicación es 82° 30' W y 22° 30' N y series mensuales de temperatura promedio mensual del aire (TPA) de las estaciones de Batabanó (1978-2008), Isabel Rubio (1971-2008) y Punta del Este (1972-2008) adquiridas del INSMET (Fig. 1).

Las series del aire fueron promediadas para obtener el promedio anual así como el patrón estacional para la región del Golfo de Batabanó.

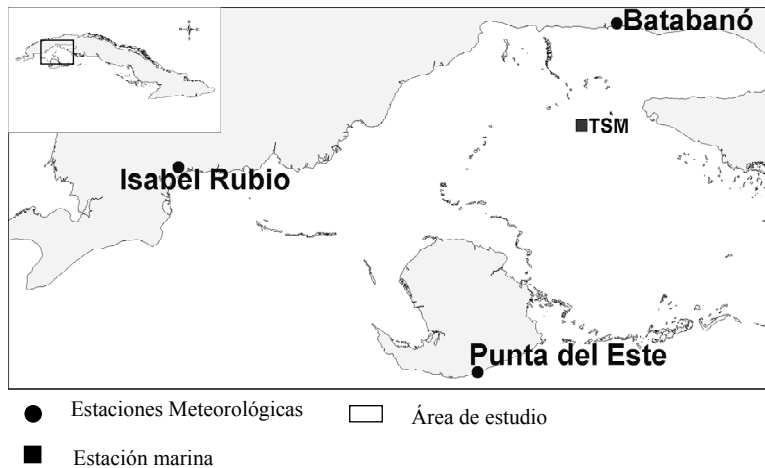


Fig. 1 Región de estudio.

Todas las series de temperaturas fueron analizadas considerando dos escalas de tiempo: mensual y anual, siendo transformados en el primer caso mediante promedios móviles, removiendo la estacionalidad y los valores resultantes estandarizados para obtener las anomalías. En el segundo caso se efectuó un suavizado a través de la exponencial simple:

$S_t = 0,1 \cdot X_t + (0,9) \cdot S_{t-1}$, donde S_t es el valor de la serie transformada en el tiempo t , S_{t-1} es el valor de la serie transformada en el tiempo $t-1$ y X_t es el valor de la serie no transformada en el tiempo t . (Lluch-Cota *et al.*, 1997) Los valores obtenidos fueron estandarizados para hacer el promedio igual a cero y obtener las anomalías.

Fueron llevados a cabo análisis de correlación y de regresión entre las temperaturas del agua y del aire mediante el Statgraphics Centurión XV, lo cual sirvió para estimar una ecuación pronóstico necesaria para reconstruir una serie mensual de temperaturas del agua en el Golfo, desde el período 2003-2008. Finalmente, fueron estimados los patrones estacionales de la temperatura del aire y del agua en la región.

RESULTADOS

Temperatura superficial del mar (TSM)

En el análisis de regresión entre la TPA y la TSM, se estimó el nivel de relación entre estas variables, obteniéndose la ecuación pronóstico:

$Y = 12,079\ 2 + 0,625\ 527 \cdot X$. Estos resultados son mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados estadísticos

	Mínimos Cuadrados	Estándar	Estadístico	
Parámetro	Estimado	Error	T	Valor-P
Intercepto	12,079 2	0,545 471	22,144 6	0,0000
Pendiente	0,625 527	0,021 867 3	28,605 6	0,0000

El coeficiente de correlación estimado fue de 0,87, lo cual indica la elevada correspondencia entre las dos series analizadas con una r^2 que explica el 75,9 % de las fluctuaciones de la temperatura del agua.

En la figura 2 se presenta la serie anual de temperatura superficial del mar, reconstruida a partir de la ecuación pronóstico calculada y las anomalías estimadas para esta serie.

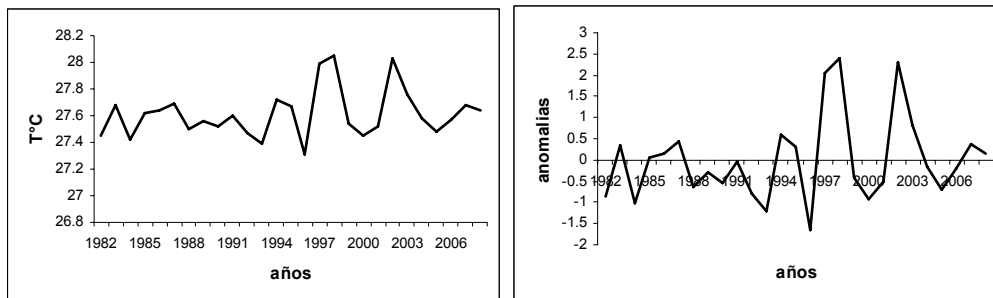


Fig. 2 Temperatura superficial promedio anual y anomalías del agua.

La TSM promedio es de 27,60 °C, con desviaciones estándar de 1,496. En las anomalías se observan fluctuaciones que responden a períodos cálidos y fríos. Las máximas anomalías positivas se presentan entre 1997 y 1998 que corresponden con valores de 2,4 y representan temperaturas de 28,05 °C (1998) y el período 2002-2003 con anomalías de 2,3 que corresponden con temperaturas de 28,03 °C.

En la figura 3 se presenta la serie de temperatura promedio anual del agua transformada donde se obtiene una tendencia al incremento de la temperatura a finales de la década de 1990, la cual se mantiene a lo largo de los años hasta el 2008.

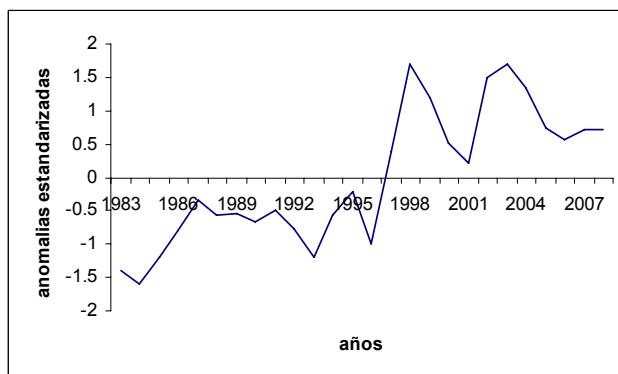


Fig. 3 Serie transformada de temperaturas promedio anuales del agua.

Existen dos períodos cálidos extremos en los años 1998 y 2003, los que corresponden con temperaturas promedio anuales de 27,70 °C.

Temperatura promedio del aire (TPA)

Los valores promedios mensuales de la TPA en el Golfo de Batabanó, estandarizados mediante anomalías (Fig. 4) donde se observa la marcada estacionalidad (componente periódica o no estacionaria) de los datos por efectos cíclicos intrínsecos de la variable.

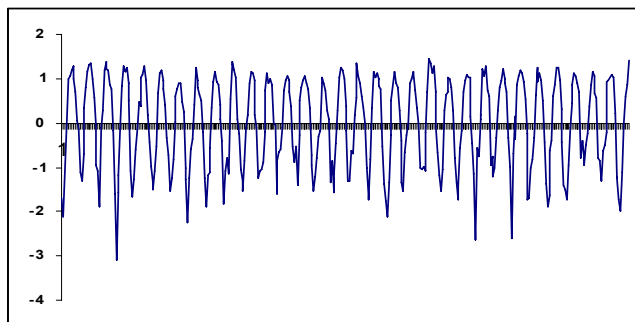


Fig. 4 Anomalías de TPA mensual. Golfo de Batabanó.

Los valores promedio anuales de las tres estaciones seleccionadas son presentados en la figura 5, donde se destacan valores promedio mayores en Punta del Este.

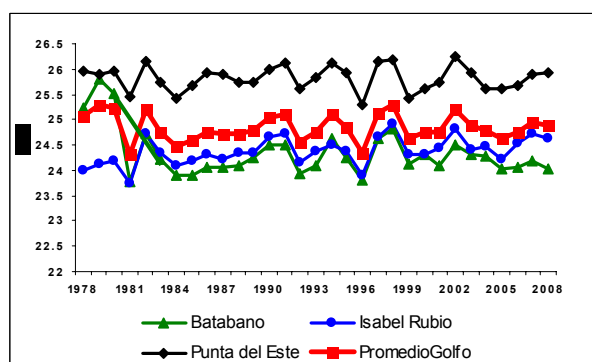


Fig. 5 Promedios anuales de TPA por estación y Golfo.

En la tabla 2 son presentadas algunas de las características de esta variable en las diferentes estaciones meteorológicas costeras.

Tabla 2. Valores térmicos del aire por estaciones y Golfo

Estación	Promedio	Desv.		
		Stand.	Máximo	Mínimo
Batabanó	24,35	0,477	25,81	23,78
Isabel rubio	24,38	0,276	24,92	23,74
Punta del Este	25,82	0,246	26,26	25,31
Golfo	24,85	0,266	25,30	24,33

La serie promedio transformada en sus componentes no periódicos (estacionarios) de la temperatura del aire en el golfo consta de diferentes períodos de calentamiento y enfriamiento a lo largo de los años. Es de señalar el ciclo cálido que se presenta a finales de la década de los 90, lo cual tiene influencia en la TSM superficial del agua (Fig. 6).

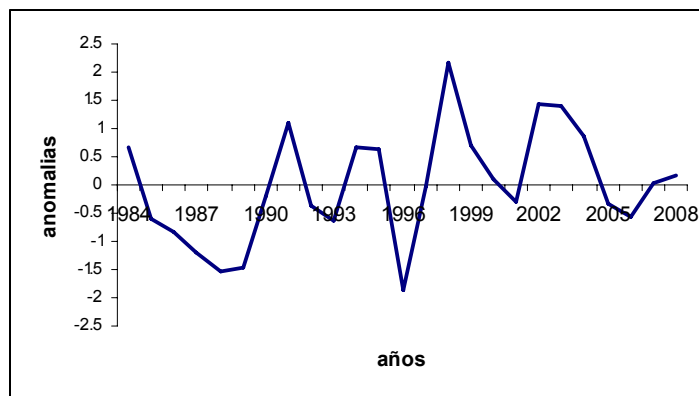


Fig. 6 Serie promedio transformada.

En la figura 7 se muestran los patrones estacionales de TSM y TPA en la región de estudio. Como demuestra el análisis estadístico se destaca la estrecha relación que tienen estas variables, donde en el período entre junio y septiembre se alcanzan las máximas anomalías positivas, correspondiendo con el período de verano. En ambos casos los menores valores se presentan entre enero y febrero, lo cual coincide con el período de máxima entrada de frentes fríos al país.

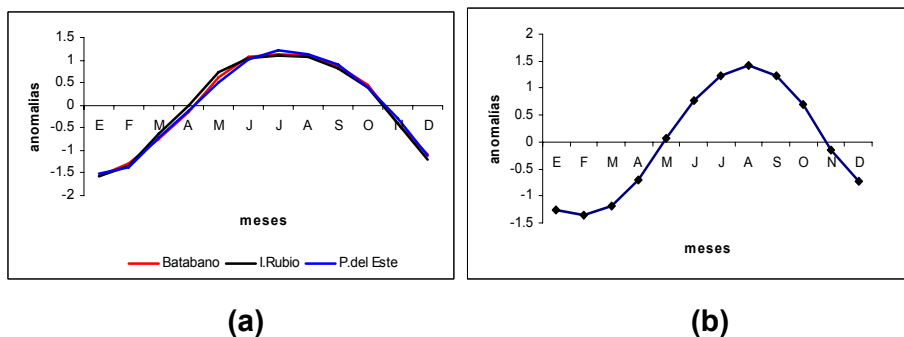


Fig. 7 Patrón estacional. TPA (a) y TSM (b).

DISCUSIÓN

Las series de Reynolds utilizadas para la TSM tienen una periodicidad diaria, por lo que no contienen las diferencias térmicas del ciclo diario, que en las aguas someras de nuestra plataforma, suelen ser bastante amplias. En Cuba no se monitorea la temperatura de las aguas con ningún barco de pesca o cabotaje o boya por lo que no se puede relacionar con la tomada por vía satelital. Esta es la razón por la cual los valores absolutos de las series de TSM satelitales para aguas de nuestra plataforma, no deben ser tomados para caracterizaciones térmicas de las aguas, ya que no reflejan las peculiaridades físico-geográficas de estas regiones, que son en extremo someras. No obstante, al ser el error cuasiconstante, es posible usar los valores no absolutos derivados de estas series, utilizando las anomalías de la TSM y las anomalías de las componentes aperiódicas filtradas de la TSM, para estudios sobre variabilidad climática, como lo es este caso.

El panorama obtenido con la TSM coincide con lo planteado por Hernández (2002), entre los años 1970-1998, para el cuadrante Cuba (17°-25° N y 73°- 87° W). Entre los años de anomalías positivas (cálidas) señala el período 1997-1998, lo cual coincide con lo obtenido en este estudio. Mitrani (2001), Cerdeira (2003) y Fernández Vila *et al.*, (2006), le han conferido una gran importancia a esta variable y sus resultados coinciden con el presente estudio, a pesar de la variabilidad de las técnicas para realizar los registros, lo cual a influido en la homogeneidad y precisión de la información.

Desde mediados del pasado siglo la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0,6 °C (Paz *et al.*, 2008). La década de los años 90, así como la actual, han sido las más calidas, se destacan los años 1997-1998 como los de mayor registro. El incremento observado es debido, fundamentalmente, a una tendencia al ascenso de las temperaturas mínimas mensuales de alrededor de 1,4 °C en sus valores medios. Las tendencias en las temperaturas máximas no son significativas, esto es un factor que ha influido en la disminución de la oscilación térmica media diaria de casi 2,0 °C.

Es de señalar que la ocurrencia de períodos cálidos y fríos se puede corresponder con eventos de variabilidad climática de régimen y de fenómenos quasi periódicos de calentamiento/enfriamiento. (Lluch-Cota *et al.*, 1997)

Estas fluctuaciones ambientales no deben ser vistas como un fenómeno solitario sino como la fase extrema de la oscilación natural de los sistemas climáticos. (White y Cayan, 1996) Entre las explicaciones de estos mecanismos, se plantea la variabilidad interanual e interdecadal como un proceso asociado a los sistemas tropicales a través de EL NIÑO como mecanismo, o a la interacción entre los zonas tropicales y extratropicales y se señala la fuerte correspondencia con índices climáticos y geofísicos a escala planetaria estudiados por diferentes autores. (Klyashtorin, 2001 y Sharp, 2004)

CONCLUSIONES

1. En el análisis de regresión entre la TPA y la TSM, se obtuvo la ecuación pronóstico: $Y = 12.0792 + 0.625527 * X$.
2. La TSM promedio es de 27,60 °C, con desviaciones estándar de 1,496. Se observan fluctuaciones que responden a períodos cálidos y fríos. Las máximas anomalías positivas se presentan entre 1997-1998 y representan temperaturas de 28,05 °C (1998) y el período 2002-2003 que corresponde con temperaturas de 28,03 °C.
3. La serie promedio transformada en sus componentes no periódicos de la temperatura del aire en el golfo presenta diferentes períodos de calentamiento y enfriamiento a lo largo de los años. Es de señalar el ciclo cálido que se presenta a finales de la década de los 90 lo cual tiene influencia en la TSM superficial del agua.
4. El patrón estacional presenta una estrecha relación entre estas variables, donde en el período entre junio y septiembre se alcanzan las máximas anomalías positivas, correspondiendo con el período de verano. En ambos casos los menores valores se presentan entre enero y febrero, lo cual coincide con el período de máxima entrada de frentes fríos al país.

REFERENCIAS

- Cerdeira Estrada, S. (2003): Metodología para el análisis de la temperatura superficial del mar alrededor de Cuba, mediante imagines del Sensor Cósmico AVHR – NOAA. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de La Habana. Facultad de Física. La Habana, 82 pp.
- De León González, M. E. *et al.* (2005): Decadal variability in growth of the Caribbean spin lobster *Panulirus Aarhus* (Decapoda: Paniluridae) in Cuban waters. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)*, 53(3-4): 475-486, September-December.
- ERD Live Access Server versión 6.5 (Environmental Research Division).NOAA Fisheries Service del Southwest Fisheries Science Center NOAA. <http://las.pfeg.noaa.gov/>
- Fernández Vila, L. J. y otros (2006): Caracterización oceanográfica de la plataforma insular cubana y la influencia de variaciones antrópicas. Informe Científico de Resultado Parcial del Proyecto de Investigación y Desarrollo: “Bases oceanográficas para el estudio de las afectaciones del cambio global en la biodiversidad marina y costera de Cuba”, del PNCT “Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano”. (PNCT 013. Código: 01309180). Archivos de GEOCUBA Estudios Marinos y de la AMA, La Habana, 154 pp.
- Gray, W. M. *et al.* (1994): Predicting ENSO 9-14 month in advance. *Proceeding of the 18th Annual Climate Diagnostic Workshop*. Boulder, Colorado, Nov. 1-5, 1993, pp. 390-393.
- Griffin, D. J. L Wilkin, Ch.Chubb, A. F. Pearce y N. Caputi (2001): Ocean currents and the larval phase of Australian western rock lobster, *Panulirus cygnus*. *Mar. Freshwater Res.*, (52): 1187-1199.
- Klyashtorin, L. (2001): Climate Change and long-term fluctuations of comercial catches. The possibility of forecasting. *FAO Fish. Techn. Paper* 410, 86 pp.
- Lluch-Cota, D.; S. Hernández-Vazquez y S. E. Lluch-Cota (1997): Empirical investigation on the relationship between climate and small pelagic global regimes and EL NIÑO-Southern Oscillation (ENSO). *FAO Fisheries Circular* No. 934.
- Mitrani Arenal, I. (2001): Caracterización general de la capa activa oceánica en los mares cercanos a Cuba y su posible enlace con el desarrollo de los ciclones tropicales. *Rev. Invest. Mar.*, 22(2): 81-91.
- Paz Castro, L. R. y otros (2008): Curso Cambio Climático. Parte 1. Universidad para Todos. Suplemento Especial, Editorial Academia, 16 pp.
- Puga, R. y otros (2006): Evaluación de la pesquería de langosta en Cuba. Taller Regional sobre la evaluación y la ordenación de la langosta común del Caribe (*Panulirus argus*) del 19 al 29 de septiembre, Mérida, México, 20 pp.
- Sharp, G. D. (2004): Cambio climático y pesquerías regionales en el futuro: análisis en colaboración. *FAO. Documento Técnico de Pesca* 452, 84 pp.
- Tokioka, T. (1983): Influence of the ocean on the atmospheric global circulations and short-range climatic fluctuations. In: G. D. Sharp and J. Csirke (Eds). *Proceeding of the Consultation to examine change in abundance and species of neritic fish resources*. S. José de Costa Rica. *FAO Fish Rep.* (291), Vol.3: 557-585.
- White, W. B. and D. R. Cayan (1996): Quasi-periodicity and global symmetries in inter-decade SST variability. *Scripts Institution of Oceanography*.