

Cambio y variabilidad climática contemporáneos en la costa de Manabí, Ecuador

Contemporary climate change and variability on the coast of Manabi, Ecuador

M.Sc. Manuel Contreras López

Decano Facultad de Ingeniería e Investigador
Centro de Estudios Avanzados, Universidad
de Playa Ancha, Chile
manuel.contreras@upla.cl

Mg. GE Jimmy Cevallos Zambrano

Departamento de Medio Ambiente,
Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí,
Ecuador
jimmycev@hotmail.com

Mg GE Tito Erazo Cedeño

Departamento de Medio Ambiente,
Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí,
Ecuador
tito_erazo@hotmail.com

Ing. Matías Alday González

Escuela de Ingeniería Civil Oceánica,
Universidad de Valparaíso, Chile
matias.alday@gmail.com

Bioq. Cyntia E. Mizobe

Corporación Nacional Forestal - Región
de Valparaíso, Chile
biocynthia@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estimar las tasas de cambio actualizadas de temperatura ambiente, temperatura superficial del mar, nivel medio del mar, altura y dirección del oleaje incidente en el litoral de la provincia de Manabí, a partir del análisis de series de tiempo en registros de larga duración. Los resultados indican que el cambio climático contemporáneo afecta la costa de Manabí, lo que se expresa en la presencia de tendencias lineales en el comportamiento principal de todas las señales analizadas. La temperatura ambiente registrada en Portoviejo muestra una tasa de cambio de 0,012 °C/año, mientras que la temperatura superficial del mar registrada en Manta tiene una tasa de cambio de 0,011 °C/año. El nivel medio del mar en Manta se está incrementando con una tasa de cambio de 1,1 mm/año; la altura significativa del oleaje se incrementa 1,46 cm en cada año, y la dirección de incidencia del oleaje tiene una rotación hacia el sur entre 0,29° a 0,58°. Estas tasas de cambio son del orden de magnitud de las tendencias mundiales registradas

Palabras clave: nivel medio del mar, oleaje, temperatura litoral de Ecuador.

ABSTRACT

The purpose of this study was to estimate the exchange rates updated ambient temperature, sea surface temperature, sea level, height and direction of the incident wave on the coast of the province of Manabí from the analysis of time series record long term. The results can show that the climate change is affecting the contemporary coastal of Manabí, which is expressed in the presence of linear trends in the main behavior of all analyzed signals. The ambient temperature in Portoviejo shows an exchange rate of 0,012°C/year; while the sea surface temperature recorded in Manta with an exchange rate of 0,011°C/year. The average sea level is increasing in Manta with an exchange rate of 1,1 mm/year; the significant wave height increases 1,46 cm in each year and the direction of swell, with a rotation southward from 0,29° to 0,58°. These rates are the order of magnitude of the global trend recorded.

Key words: sea level, temperature, tide, wave coast of Ecuador.



Recibido: 15 de septiembre, 2014
Aceptado: 10 de noviembre, 2014

1. INTRODUCCIÓN

Las evidencias científicas indican que nuestro planeta se está calentando. Algunos estudios ya abordan cómo este calentamiento global, y el cambio y variabilidad climática contemporáneos, se encuentran afectando a Ecuador (Cáceres *et al.*, 1998 y Cornejo, 2007). Sin embargo, existen algunas incógnitas respecto a la forma en que este fenómeno afectará especialmente a sectores costeros de Ecuador: a) ¿cuál es la tasa de incremento real de la temperatura ambiente en localidades específicas?; b) ¿cuáles serán los efectos físicos de este aumento de temperatura local?; c) ¿cuáles serán los efectos bióticos?, y d) cuáles serán los efectos socio - económicos?. El presente trabajo sólo busca responder la pregunta A en la costa de la Provincia de Manabí, y parcialmente la B, quedando aun abiertas las otras interrogantes, cuyas respuestas son importantes, pero no objeto de este trabajo.

El objetivo de esta investigación fue estimar las tasas de cambio actualizadas de temperatura ambiente, temperatura superficial del mar, nivel medio del mar, altura y dirección del oleaje incidente en el litoral de la provincia de Manabí. Estas estimaciones se realizan a partir del análisis de series de tiempo de registro de larga duración provenientes de diferentes fuentes. Para realizar estas estimaciones se utilizó series de larga duración, disponibles y actualizadas hasta los años 2011 y 2013.

Son escasos los estudios previos sobre los efectos del cambio climático en la provincia de Manabí. Del Salto *et al.* (2013) analizaron la precipitación, la temperatura superficial del aire y la temperatura superficial del mar en la época húmeda (meses de diciembre a mayo), con una frecuencia mensual en un período de 30 años comprendido entre 1981 y 2010 para Manta, provincia de Manabí, y localidades de Esmeraldas, en el norte de la costa ecuatoriana. También se incorporó información sobre Puerto Bolívar, en el sur del país. En su trabajo establecieron un aumento moderado en las temperaturas superficiales del mar y el aire en Manta.

Moreano (1983) analizó una serie de temperatura mensual del aire en Manta, entre otras localidades de la costa ecuatoriana, entre los años 1948 y 1982. En este trabajo también se presenta una serie de precipitaciones para Manta en el mismo período de 35 años.

Cornejo (2007) procura analizar los efectos del cambio climático contemporáneo sobre las pesquerías de Ecuador, pero la falta de información no le permitió realizar conclusiones.

Cáceres *et al.*, (1998) verificaron la existencia de tendencias asociadas al cambio climático en series climatológicas registradas en Ecuador. Para ello analizó 14 series de temperatura y humedad, entre las que se cuenta Portoviejo, donde se constata un cambio positivo en la tendencia de temperatura y una disminución del 36 % de las precipitaciones. Rossel *et al.*, (1996) analizan las inundaciones en la zona costera ecuatoriana y su relación con el desarrollo del fenómeno de El Niño, para lo cual estudian las precipitaciones y la ocurrencia de inundaciones en varias localidades, entre las que se cuentan Portoviejo y Manta, entre los años 1964 y 1993. De esta forma, este trabajo aporta estimaciones inéditas de los efectos del cambio climático contemporáneo sobre el registro con mareógrafo del nivel del mar en el puerto de Manta y el oleaje frente a la provincia de Manabí. Además, se actualizan las estimaciones sobre las tasas de cambio de la temperatura superficial del mar y atmosférica.

2. METODOLOGÍA

El área de estudio es el litoral continental de la provincia de Manabí, costa central del Ecuador (figura 1), que comprende un arco entre 0,3°N y 1,7°S, el cual contiene la línea ecuatorial. Esta investigación se abordó con un enfoque cuantitativo, aplicando la metodología del análisis de series de tiempo. Para prevenir la existencia de datos faltantes se optó por utilizar el método de mínimos cuadrados para ajustar una tendencia lineal, la cual fue usada posteriormente para calcular las tasas de cambio de los diferentes parámetros analizados.



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, la zona continental de la provincia de Manabí (azul).

Para este trabajo se contó con: a) la serie de temperatura atmosférica mensual registrada en Portoviejo (1°03'S; 80°27'W) entre el 1 de enero 1959 y el 31 de diciembre de 2011; b) la serie de temperatura superficial del mar diaria registrada en el puerto de Manta (0°56'S; 80°43'W) entre el 1 de enero de 1975 hasta el 16 de noviembre de 2013 -estas dos primeras series sirven para verificar la existencia de un alza de la temperatura en la provincia de Manabí asociada con el cambio climático contemporáneo-, y c) la serie de nivel del mar horario registrada también en el puerto de Manta entre el 1 de enero de 1990 hasta el 31 de diciembre de 2012. A partir de esta serie se estimó el nivel medio del mar, calculando la media aritmética entre todos los registros horarios disponibles en un día. Para analizar

los cambios espaciales y temporales del oleaje en aguas profundas frente al litoral de Manabí, se usaron dos series de tiempo de estados de mar estimados cada 3 horas, a partir del modelo global Wave Watch III (Tolman, 2009; Komen *et al.*, 1994), que consiste en reconstrucciones históricas a partir de campos de viento y modelos atmosféricos validados con altimetría satelital, con una resolución de 1° en latitud y 1,25° en longitud para todo el planeta. Las series utilizadas poseen una longitud de 14 años, comprendiendo una ventana temporal entre el 30 de enero de 1997 y el 1 de enero de 2011.

Cada serie de tiempo corresponde a los estados de mar reconstruidos en los puntos 0°S; 82,5°W y 1°S; 82,5°W. Se usaron los algoritmos `getgrib.m` y `read_grib.m` implementados para Matlab, versión R2013a, para extraer los parámetros de resumen en los dos nodos seleccionados. Se confeccionaron histogramas para la distribución de frecuencias de altura significativa, dirección *peak* y diagramas de dispersión de altura significativa en comparación con la dirección.

Para realizar un control de calidad, las series de temperatura y nivel del mar fueron graficadas en su evolución temporal, eliminando datos erróneos (fuera de una magnitud aceptable o que no pueden ser explicados por fenómenos de variabilidad climática como El Niño). Las series de oleaje no presentaron errores de este tipo. El

Tabla 1. Resumen localización, intervalo de registro, frecuencia y calidad de las series de tiempo usadas en el presente trabajo.

N	Nombre de la serie	Localización	Frecuencia registro	Fecha inicio	Fecha fin	Longitud (años)	Total datos	% Datos sin error
1	Temperatura ambiente en Portoviejo	(1°03'S; 80°27'W)	Mensual	01/01/1959	31/12/2011	52	638	91,84
2	Temperatura superficial del mar en Manta	(0°56'S; 80°43'W)	Diario	01/01/1975	16/11/2013	39	12.192	85,87
3	Nivel del mar en Manta	(0°56'S; 80°43'W)	Horario	01/01/1990	31/12/2012	24	201.612	79,78
4	Altura significativa 0°S frente a La Cabuya	(0°S; 82,5°W)	Cada 3 horas	30/01/1997	01/01/2011	14	40.673	100,00
5	Dirección peak 0°S frente a La Cabuya	(0°S; 82,5°W)	Cada 3 horas	30/01/1997	01/01/2011	14	40.673	100,00
6	Altura significativa 1°S frente a Manta	(1°S; 82,5°W)	Cada 3 horas	30/01/1997	01/01/2011	14	40.673	100,00
7	Dirección peak 1°S frente a Manta	(1°S; 82,5°W)	Cada 3 horas	30/01/1997	01/01/2011	14	40.673	100,00

método de mínimos cuadrados es robusto ante datos faltantes, por lo que al eliminar estos datos erróneos no se afecta la posibilidad de estimar la tendencia lineal. En la tabla 1 se resumen las principales características de las series analizadas y su control de calidad.

3. RESULTADOS

La serie mensual de temperatura ambiente registrada en Portoviejo entre los años 1959 y 2011, junto a su tendencia lineal ajustada por el método de mínimos cuadrados, es mostrada en la figura 2. Se aprecia una tasa de cambio de 0,012 °C/año, es decir la temperatura ambiente la cual de mantener la tendencia actual, podría incrementarse en 1°C en los próximos 83 años. La tendencia lineal ajustada tiene como ecuación a: $y = 0,001x + 24,89$.

El ajuste de la tendencia lineal por el método de mínimos cuadrados para la temperatura

superficial del mar y la serie de tiempo respectiva, es mostrado en la figura 3. Se aprecia una tasa de cambio de 0,011 °C/año, es decir, la temperatura superficial del mar en Manta, de mantener la tendencia actual, podría incrementarse en 1°C en los próximos 91 años. La ecuación de la tendencia lineal ajustada es: $y = 3 \cdot 10^{-5}x + 25,37$. Se observa que la pendiente de la tendencia parece bastante somera, sin embargo se debe recordar que la serie analizada tiene una frecuencia de registro diario (356 datos por año).

Con respecto al nivel medio del mar, al ajustar una tendencia lineal a la serie de alta frecuencia (registro horario), se tiene la ecuación: $y = 1 \cdot 10^{-5}x + 222,14$, lo que arroja una tasa de cambio de 0,876 mm/año. Al estimar el nivel medio del mar mediante la media aritmética de 24 registros de un día, se tiene una tendencia lineal ajustada de la forma: $y = 0,0003x + 213,05$, cuya tasa de cambio es 1,095 mm/año. En la figura 4 se muestra el ajuste de la tendencia lineal al nivel del mar diario.

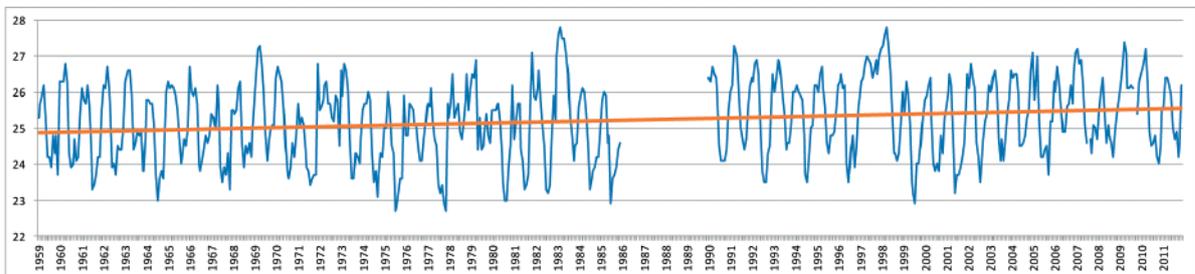


Figura 2. Temperatura (°C) ambiente mensual en Portoviejo entre el 1 de enero de 1959 hasta el 31 de diciembre de 2011. Se muestra la tendencia lineal ajustada.

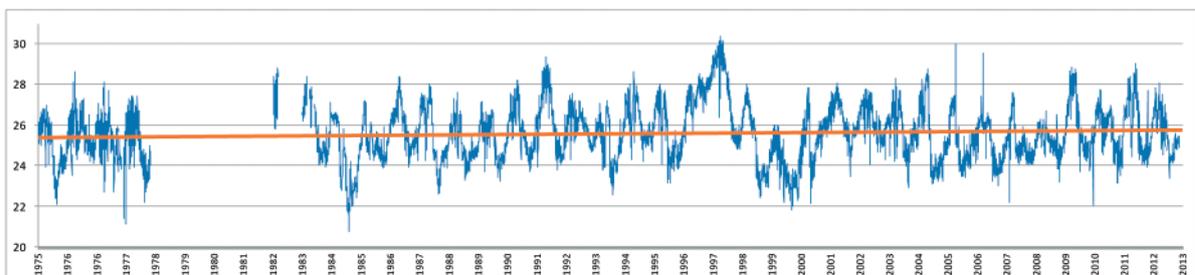


Figura 3. Temperatura superficial del mar en el puerto de Manta entre el 1 de enero de 1975 hasta el 16 de noviembre de 2013. Se muestra la tendencia lineal ajustada.

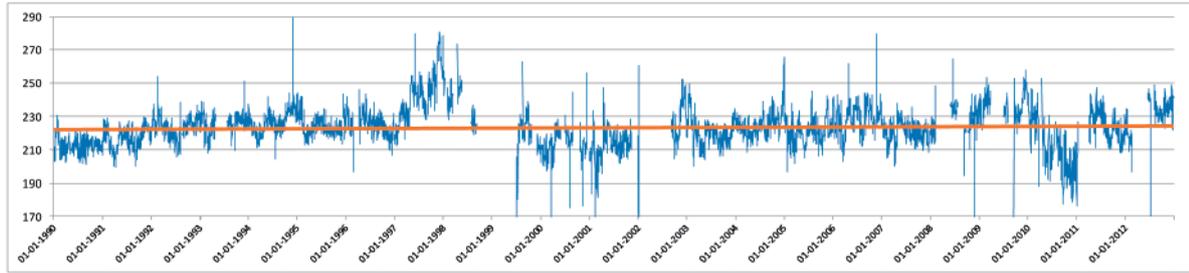


Figura 4. Nivel del Mar diario en el Puerto de Manta en el 1 de enero de 1990 hasta el 31 de diciembre de 2012.

Con respecto al incremento de la altura significativa del oleaje frente a la localidad de La Cabuya (0°S) y Manta (1°S), se puede observar que las tasas de cambio son de aproximadamente 14,6 mm/año. Las ecuaciones ajustadas para la tendencia de la altura significativa del oleaje son:

$$y = 5 \cdot 10^{-6}x + 1,6335 \text{ (0°S)}$$

$$y = 5 \cdot 10^{-6}x + 1,6607 \text{ (1°S)}$$

Se debe observar nuevamente que las pendientes cercanas a cero deben ser interpretadas con una serie de alta frecuencia: registros cada 3 horas. Así se tiene un total de 2 920 datos por año. En la figura 5 se muestran los 14 años de la altura de

oleaje reconstruido y sus tendencias ajustadas. También se observa el incremento de los valores extremos.

En la figura 6 se presenta el ajuste de la tendencia lineal a la dirección de incidencia del oleaje frente a la provincia de Manabí. Se aprecia un cambio en la pendiente de la tasa de cambio de la dirección del oleaje de fondo que llega al litoral de la provincia de Manabí. Este cambio en la dirección es más pronunciado frente a Manta que frente a La Cabuya. Las ecuaciones de la tendencia lineal ajustada son:

$$y = -0,0001x + 218,3 \text{ (°0S)}$$

$$y = -0,0002x + 218,98 \text{ (°1S)}$$

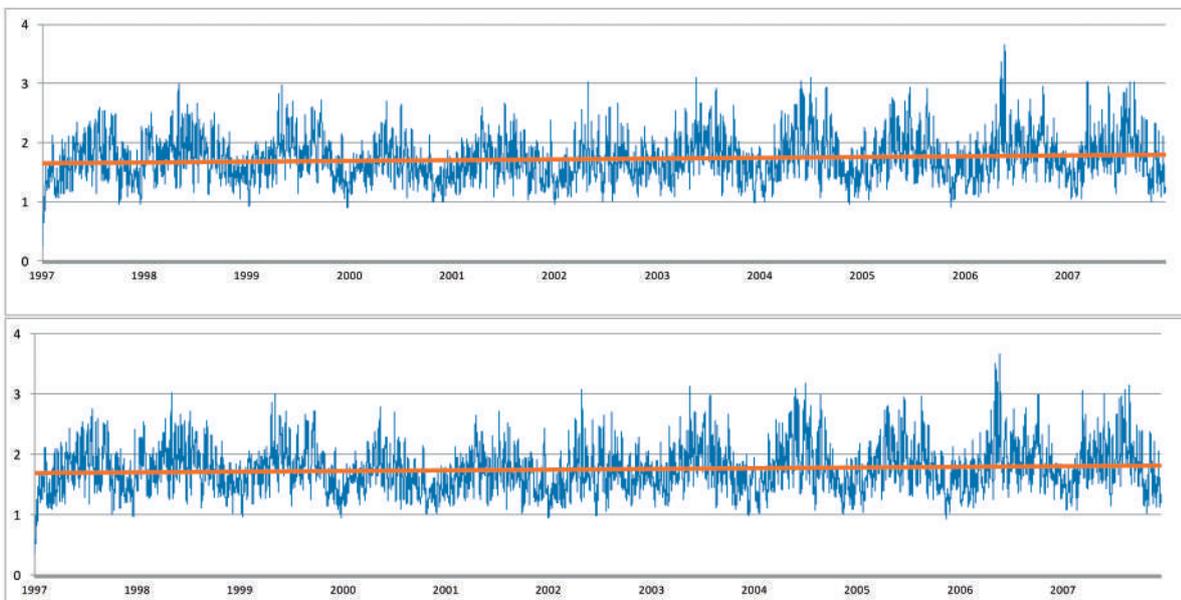


Figura 5. Altura significativa del oleaje en 0°S (arriba) y 1°S (abajo) entre el 30 de enero de 1997 y el 1 de enero de 2011.

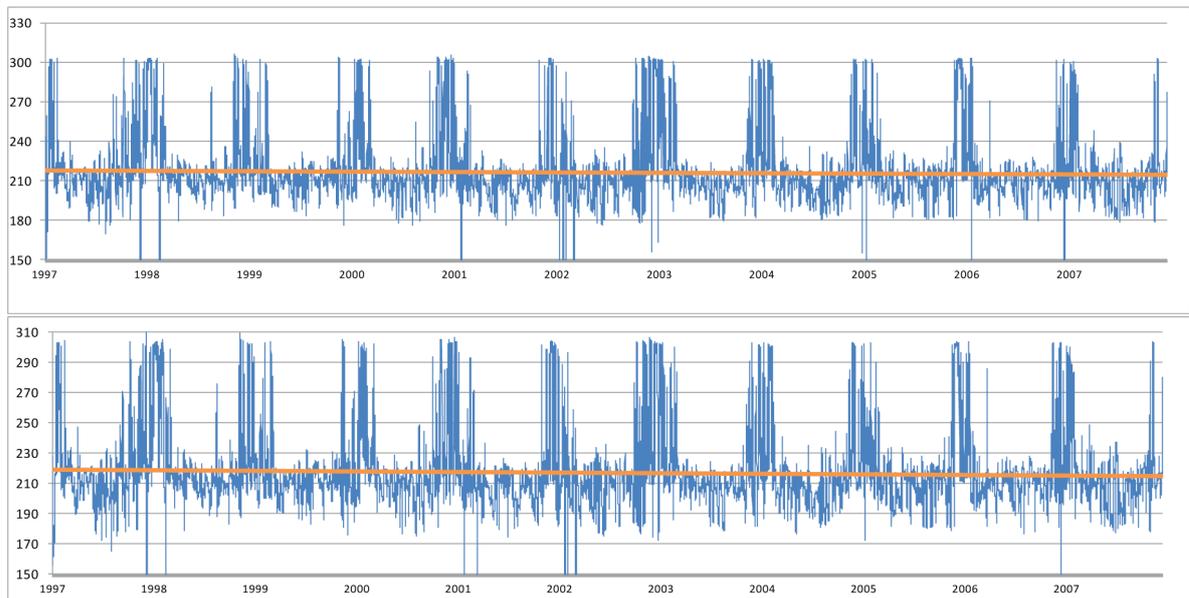
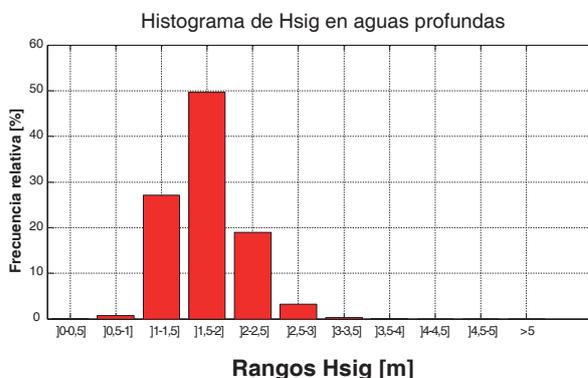


Figura 6. Dirección *peak* del oleaje en 0°S (arriba) y 1°S (abajo) entre el 30 de enero de 1997 y el 1 de enero de 2011.

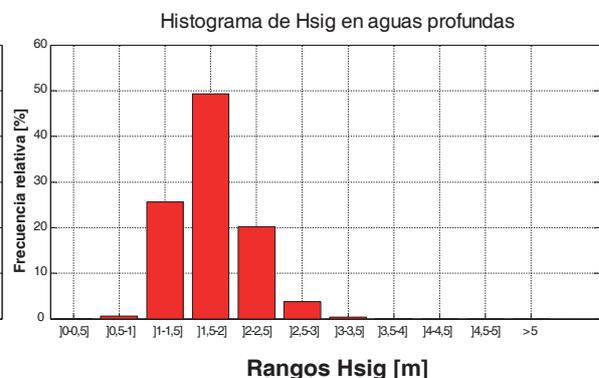
En la figura 7 se muestran las distribuciones de frecuencia de la altura significativa del oleaje y su dirección de incidencia, además de un diagrama de dispersión de las alturas en comparación con la dirección de incidencia. Se puede apreciar que el oleaje dominante proviene desde los 170° a 310°, donde se pueden encontrar alturas significativas desde los 0,5 a 3,5 m. Entre los 190° a 230°, se

encuentran las mayores alturas significativas (2,5 a 3,5 m). Entre los 10° a 60° llega un oleaje de altura significativa entre 1 a 2 m. La frecuencia con que irrumpe el oleaje de fondo, proveniente del primer cuadrante (direcciones N, NE, ENE), es significativamente menor que el oleaje incidente desde el segundo y tercer cuadrante (direcciones: S, SSW, WSW, W, NWN, SW y NW).

Altura significativa (0°S; 82,5°W)



Altura significativa (1°S; 82,5°W)



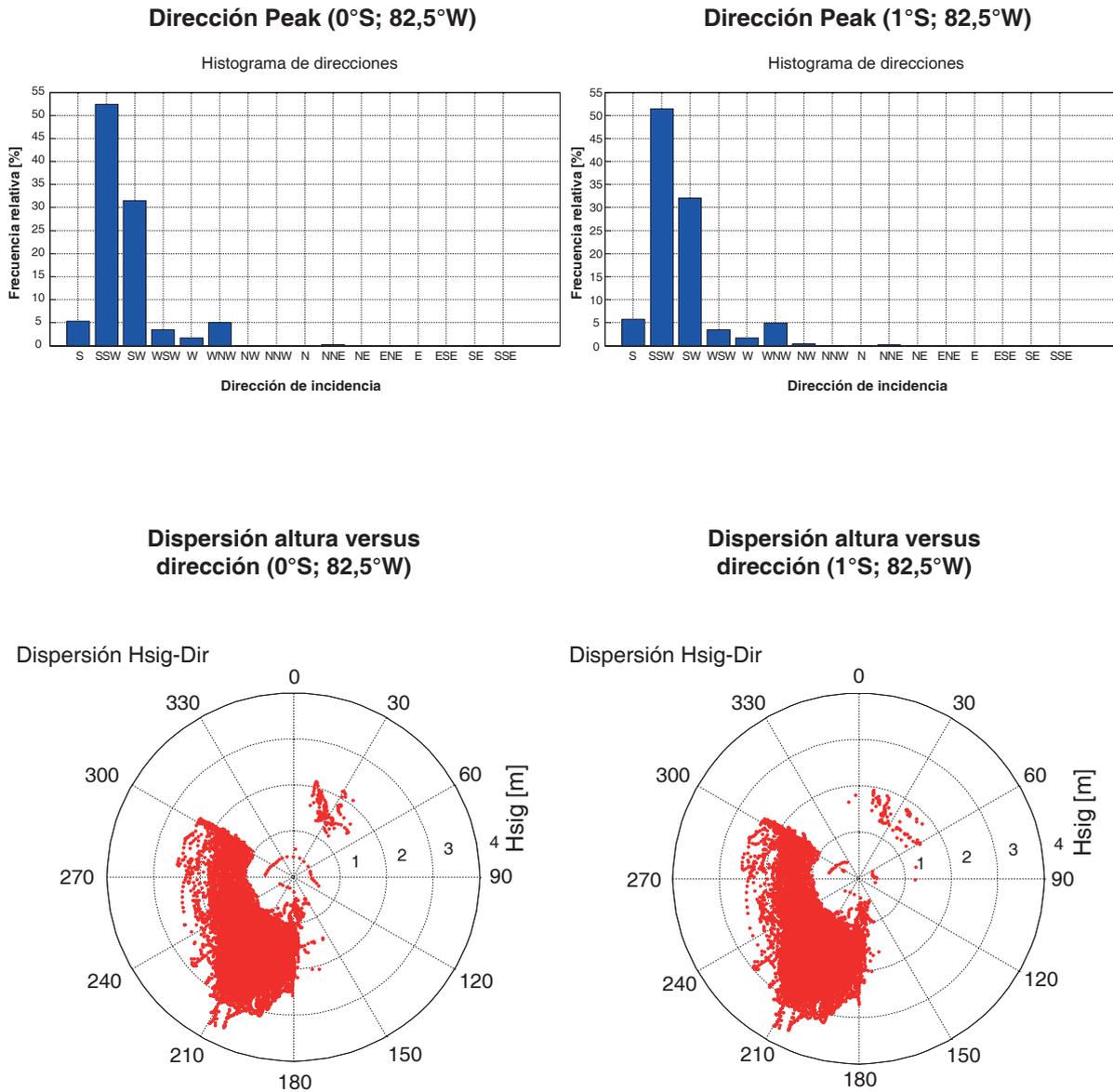


Figura 7. Distribución de frecuencia de la altura significativa del oleaje (arriba) y la dirección de incidencia (centro) frente a La Cabuya (0°S) y frente a Manta (1°S). Se muestra además la dispersión de la altura significativa del oleaje versus la dirección de incidencia (abajo).

En la tabla 2 se resumen los resultados obtenidos del análisis de series de tiempo, consignándose las ecuaciones de tendencia lineal ajustadas por el método de mínimos cuadrados, las tasas

de cambio estimadas por año, por década y por siglo, junto con las tasas de cambio reales registradas durante el período que abarca cada serie analizada.

Tabla 2. Resumen resultados análisis de series de tiempo.

N	Nombre de la serie	Ecuación	Frecuencia registro	Tasa de cambio anual	Tasa de cambio década	Tasa de cambio secular	Tasa de cambio absoluta	Años
1	Temperatura ambiente (°C)	$y = 0,001x + 24,89$	Mensual	0,012 °C/año	0,12 °C/década	1,2 °C/siglo	0,64	52
2	Temperatura superficial mar (°C)	$y = 3 \cdot 10^{-5}x + 25,37$	Diario	0,011 °C/año	0,11 °C/década	1,1 °C/siglo	0,43	39
3	Nivel del mar	$y = 0,0003x + 213,05$	Diario	1,1 mm/año	1,095 cm/década	10,95 cm/siglo	0,60	24
4	Altura significativa en 0°S	$y = 5 \cdot 10^{-6}x + 1,6335$	Cada 3 horas	14,6 mm/año	14,6 cm/década	1,5 m/siglo	0,20	14
5	Dirección <i>peak</i> en 0°S (grados sexagesimales)	$y = -0,0001x + 218,3$	Cada 3 horas	0,29 °S/año	2,92 °S/década	29,20 °S/siglo	-4,07	14
6	Altura significativa en 1°S	$y = 5 \cdot 10^{-6}x + 1,6607$	Cada 3 horas	14,6 mm/año	1,46 cm/década	1,5 m/siglo	0,20	14
7	Dirección <i>peak</i> en 1°S (grados sexagesimales)	$y = -0,0002x + 218,98$	Cada 3 horas	0,58 °S/año	5,84 °S/década	58,4 °S/siglo	-8,13	14

DISCUSIÓN

Los resultados muestran un alza en la temperatura ambiente y superficial del mar, y el nivel medio del mar. La elevación de las temperaturas ambiente y superficial del mar es consistente con las tasas de incremento mundiales y se encuentra en el rango esperable de acuerdo a la tendencia de los últimos 130 años. El alza del nivel medio de mar en el litoral de la provincia de Manabí tiene una tasa inferior a los valores encontrados en Chile central y otras localidades del mundo con registros de larga duración como Baltimore, Amsterdam, Liverpool y Estocolmo entre otros (Contreras *et al.*, 2012). Una explicación isostática puede ser usada para interpretar estas tasas menores (Contreras 2013): El nivel del mar se alza al ritmo de los promedios planetarios, pero un alzamiento imperceptible y constante del litoral de la provincia de Manabí producto del choque entre las placas Sudamericana y de Nazca, eleva el instrumento, de manera que la tasa relativa disminuye (Figura 8).

También se aprecian los efectos de variabilidad climática producto del fenómeno de El Niño - Oscilación Sur (ENOS). En la figura 2 se observa la drástica elevación de la temperatura superficial del mar diaria en los años 1998 y 1999, correspondiente a la fase cálida de lo que se describió como el ENOS más severo registrado en el siglo XX. Se puede apreciar también la drástica disminución de la temperatura en La Niña de los años 1999-2000. Desafortunadamente, el registro es interrumpido en los años 1981-1983, momento en que se desarrolló un fenómeno El Niño cuya severidad es comparable al de 1998/1999 y por lo tanto se habría esperado registrar temperaturas más elevadas.

El fenómeno El Niño - Oscilación Sur constituye una ventana en el tiempo de los efectos del cambio climático al elevar la temperatura superficial del mar y el nivel medio del mar. Éste se conjuga con otros fenómenos oceánicos del pacífico sur oriental como el paso de los centros de baja presión, el Anticiclón Permanente del Pacífico

Sur y el ciclo de Metón de muy baja frecuencia que permiten amplificar o mitigar el desarrollo del evento climático.

El incremento de las marejadas y los eventos extremos del oleaje, son reconocidos como uno de los efectos del cambio climático en orden al aumento de la altura significativa del oleaje (Mori *et al.*, 2010). Además del aumento en la altura significativa, una de las principales consecuencias que tendría el efecto del cambio climático contemporáneo en Manabí, sería la alteración en la dirección incidente del oleaje con respecto a la dirección típica registrada (Allauca y Cardin, 1987), tal como se ha verificado en la costa central de Chile (Molina, 2011; Molina *et al.*, 2011; Molina y Contreras, 2012). La combinación de la presencia de marejadas y el fenómeno El Niño, es otro ejemplo de las vulnerabilidades en la zona costera producto del cambio climático. Esto se presentó con las dramáticas inundaciones y anegamientos ocurridos durante El Niño 1998/1999 en el litoral norte de la provincia de Manabí (Rossel *et al.*, 1996). En este sentido, uno de los efectos contemporáneos que se puede apreciar en la costa norte de Manabí es la descoordinación de las marejadas con las fases lunares, manifestándose ahora en diferentes épocas del año y con mayor intensidad.

Es importante observar que los cambios en la temperatura, nivel medio del mar y oleaje pueden incidir sobre las actividades productivas de la provincia de Manabí, entre ellas la industria

camaronera, y se deben buscar medidas de adaptación y mitigación del cambio climático contemporáneo, que puedan ser incorporadas a los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) de los gobiernos locales.

CONCLUSIONES

Se encontró evidencia de que el cambio climático contemporáneo está afectando el litoral de la provincia de Manabí. En particular, la tasa de cambio de la temperatura ambiente es de 0,012 °C/año, mientras que la temperatura superficial del mar tiene un incremento de 0,011 °C/año, modificándose a largo plazo el gradiente de temperatura entre la superficie del mar y la atmósfera en la zona costera.

Por otra parte, la elevación del nivel medio del mar con una tasa de cambio de 1,1 mm/año, revela que un efecto isostático puede estar afectando a la provincia de Manabí.

Por último, el incremento en la altura significativa del oleaje incidente con una tasa de cambio de 1,46 cm/año y la rotación hacia el sur entre 0,29° a 0,58°, junto con la elevación del nivel medio del mar, afectará la infraestructura costera y puede tener implicancias en actividades productivas de la provincia de Manabí, tal como ocurrió en el pasado con el fenómeno de El Niño, lo que debe ser considerado en los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.

Tabla 3. Incrementos esperables durante el siglo XXI en la provincia de Manabí para los parámetros analizados.

	2020	2050	2100
Temperatura ambiente	+ 0,07°C	+0,43°C	+1,03°C
Temperatura superficial del mar	+ 0,07°C	+0,40°C	+0,95°C
Nivel medio del mar	+ 7mm	+ 4 cm	+ 9,5 cm
Altura Significativa del oleaje	+ 9 cm	+ 53 cm	+ 1,26 m

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allauca, S. y Cardin, V. (1987).** Análisis de las olas en la costa central del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador*, 4(1): 1 - 7.
- Cáceres, L., Mejía, R. & Ontaneda, G. (1998).** Evidencias del cambio climático en Ecuador. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*. N°27(3): 547 - 556.
- Contreras, M., Erazo, T., Bello, E., Cevallos, J. y Solís, C. (2012).** Ecosistema Pacoche – San Lorenzo: Potencialidades como indicador de cambio climático para Manabí. *Revista "La Técnica" de la Universidad Técnica de Manabí*, N° 8: 46 – 55.
- Contreras, M. (2013).** Variabilidad del Nivel del Mar en el Pacífico Sur Oriental: Costas de Chile. *Revista Científica, Universidad Científica del Sur, Lima - Perú*, N° 10(1): 37 - 47.
- Contreras, M.; Winckler, P. y Molina, M. (2012).** Implicancias de la variación del nivel medio del mar por cambio climático en obras de ingeniería costera de Chile. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, N° 124(2): 53 – 66.
- Cornejo, P. (2007).** Ecuador case study: climate change impact on fisheries. *Human Development report office UNDP, occasional paper N°48*, 42pp.
- Del Salto, M.B.; Gálvez, H. y Regalado, J. (2013).** Análisis del comportamiento climático de los últimos 30 años, en las costas de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar Durante la época Húmeda. *Acta Oceanográfica del Pacífico, Vol. 18(1)*: 9 - 19.
- Komen, J.; Cavaleri, L.; Donelan, M.; Hasselmann, K.; Hasselmann, S. y Janssen, P.A.E.M. (1994).** *Dynamics and Modelling of Ocean Waves*. Cambridge University Press, 532 pp.
- Molina, M. (2011).** Estudio No estacionario de clima medio de oleaje en la costa central de Chile. Memoria del proyecto para optar al título de Ingeniero Civil Oceánico, Universidad de Valparaíso, Chile. 2011, 125pp.
- Molina, M. y Contreras, M. (2012).** Variabilidad climática y oleaje en el Pacífico Sur Oriental: costa de Chile. *Revista Científica, Universidad Científica del Sur, Lima - Perú*, N° 9(3): 240 - 250.
- Molina, M.; Contreras, M.; Winckler, P., Salinas, S. y Reyes, M. (2011).** Consideraciones sobre las variaciones de mediano y largo plazo del oleaje en el diseño de obras marítimas en Chile central. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* N° 123(3): 77 – 88.
- Moreano, H.R. (1983).** Interacción océano - atmósfera sobre la zona costera del Ecuador. *Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador* 2(1), 1983.
- Mori, N.; Yasuda, T.; Mase, H.; Tom, T. y Oku, Y. (2010).** Projection of Extreme Wave Climate Change under Global Warming. *Hydrological Research Letter*, 4: 15 - 19.
- Rossel, F., Cadier, E. & Gómez, G. (1996).** Las inundaciones en la zona costera ecuatoriana: causas; obras de protección existentes y previstas. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*. N°25(3): 399 - 420
- Tolman, H.L. (2009).** User manual and system documentation of WAVEWATCH III. TM version 3.14. Technical Note. Environmental Modeling Center Marine Modeling and Analysis Branch. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. 194pp. Disponible en línea (fecha última visita en agosto de 2014): <http://nopp.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn276/MMAB_276.pdf>.

Agradecimientos.

Financiamiento parcial: Fondo Desarrollo Disciplinario Facultad de Ingeniería Universidad de Playa Ancha y proyecto INAE+SENESCYT N° I-05-12-2 "Relación de Procesos Físicos del Calentamiento Global y Cambio Climático entre la Antártida y Ecuador". El Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador (INOCAR), proporcionó parte de las series de tiempo analizadas en el presente trabajo. Los revisores anónimos de este trabajo contribuyeron significativamente en su mejoría.