

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DE LOS ÚLTIMOS 30 AÑOS, EN LAS COSTAS DE ESMERALDAS, MANTA Y PUERTO BOLÍVAR DURANTE LA ÉPOCA HÚMEDA

María Belén Del Salto¹

Henry Gálvez²

Juan Regalado²

RESUMEN

Con el fin de conocer el comportamiento de las condiciones climáticas durante la época húmeda en la costa ecuatoriana en los últimos 30 años, se realizó un análisis de la serie de datos mensual promedio del periodo 1981-2010, de los parámetros de precipitación, temperatura superficial del aire y temperatura superficial del mar de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar, que el INOCAR posee a lo largo de la costa ecuatoriana.

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar posibles cambios de temperaturas y precipitación en el comportamiento de la serie de datos de los parámetros escogidos, los resultados reflejan un ligero aumento en la media y la desviación estándar de las temperaturas superficial del aire y del mar con respecto a la Época Húmeda entre los periodos de 1975-2000 al de 1981-2010, siendo consistentes con la tendencia de un aumento de temperaturas.

Los resultados para la precipitación difieren en las estaciones y periodos antes mencionados. Se observó en las tres estaciones comportamientos diferentes con respecto a precipitación, en los análisis proyectan aumentos en el acumulado medio de la época húmeda solo en Puerto Bolívar; sin embargo, en Esmeraldas y Manta hay una disminución en esta misma variable, al considerar mínima variabilidad en las estaciones, fue posible establecer una tendencia clara hacia un aumento en el calentamiento en esta zona, debido principalmente a que todas las estaciones escogidas y estudiadas proyectan un incremento en la variabilidad de las temperaturas superficial de aire y mar en la época húmeda entre los meses de diciembre a mayo establecidos por la división de meteorología del INOCAR.

Al considerar la variabilidad mínima en las estaciones, fue posible establecer una clara tendencia hacia el aumento de temperatura a lo largo del tiempo y su relación considerablemente representativa entre los parámetros meteorológicos medibles escogidos para este estudio exhaustivo.

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Modelación Numérica mabe.delsalto@gmail.com;

² Instituto Oceanográfico de la Armada, División de Meteorología climatologia@inocar.mil.ec; henry.galvez@inocar.mil.ec

ABSTRACT

In order to understand the behavior about weather conditions during the humid season in Ecuadorian coast in the last 30 years, we carried out an analysis of the average monthly data series for the period 1981-2010 about parameters such as precipitation, air surface temperature and sea surface temperature, from Esmeraldas, Manta and Puerto Bolívar stations that INOCAR has along the Ecuadorian coast.

This study was done to evaluate possible changes in the behavior of the data series of the chosen parameters (temperatures and precipitation). Results reflect as light increase in the mean and standard deviation of the air surface temperature and sea surface temperature in the Humid Season, between 1975-2000 period compared with 1981-2010 period, being consistent with the trend of increasing temperatures.

The results about precipitation differ in both, periods of time and stations, those are listed before. Different behaviors were noticed in the three stations about precipitation. Only in Puerto Bolívar the analysis project an increase in the mean cumulative precipitation in the humid season, however, there is a reduction in Esmeraldas and Manta in the same variable. When considering minimal variability at stations, it was possible to set a clear trend towards an increase in the warming of this área, mainly due to the whole chosen and studied stations project an increase in the variability of the air surface temperature and the sea surface temperature in the humid season, this refers to the months between December to may established by INOCAR Meteorology Division.

When considering minimal variability in the stations, it was possible to establish a clear trend towards increasing temperature over time and its relation between representative significantly measurable meteorological parameters chosen for this exhaustive study.

INTRODUCCIÓN

Por lo general se relaciona el clima con el comportamiento de parámetros meteorológicos y sus efectos sobre las diferentes actividades, los mismos que han hecho en este estudio un enfoque en la época húmeda de algunas estaciones fijas. Los principales parámetros a considerarse en este análisis de comportamiento de las condiciones climáticas a lo largo del tiempo en la época húmeda son las precipitaciones, las temperaturas del aire y del mar.

Desde la instalación de la red de estaciones meteorológicas a lo largo de la costa ecuatoriana, el INOCAR tiene un almacenamiento de datos de diferentes parámetros meteorológicos a lo largo del tiempo, lo cual hace factible un estudio comparativo de la fluctuación de la serie de observaciones

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), durante las últimas décadas ha utilizado como normales los promedios de las series de valores diarios del periodo 1975-2000, en la actualidad se está implementando el cambio de la serie de datos con el periodo de 1981 – 2010 como lo indica la OMM.

Las fluctuaciones de las series de datos comparativos a lo largo del tiempo, muestra una variabilidad en el comportamiento de las observaciones, las mismas que al ser promediadas, producen distintos valores entre las normales de cada elemento climático de las series de los periodos 1975 al 2000 y del periodo 1981-2010

METODOLOGÍA

Tras varios debates internacionales a finales del siglo XIX el Comité Meteorológico Internacional decidió recopilar valores medios, que sirven para deducir que las medias a largo plazo. Las mismas que deben converger hacia el estado constante cuando se considera un periodo promediado suficientemente largo.

En la conferencia de Varsovia el Comité Meteorológico Internacional en 1935 y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) en 1956, recomienda que las normales deben ser consideradas usando un periodo consecutivo de 30 años disponible más reciente, es decir del periodo 1981-2010, es aplicable en la actualidad (WCDMP-N°.61, 2007, p.2). Además en los debates nacionales del ERFEN Abril 2013, INOCAR socializó la decisión de usar el periodo 1981-2010 como la normal climatológica estándar para análisis comparativos en las series de datos meteorológicos.

En el análisis del comportamiento de los diferentes parámetros meteorológicos, se aplicará para el estudio de las normales según lo establecido en la OMM, estos indicadores estadísticos visualizan el comportamiento climático en las series de datos en un periodo de 30 años, según el reglamento interno de la Guía de Prácticas Climatológicas (OMM, WCDMP-N°.61, 2007).

Se analizó el promedio mensual de los periodos 1975 - 2000 y del periodo 1981 -2010, monitoreado a través de las estaciones que se escogieron para el estudio a lo largo de la franja costera, de norte a sur del país, las cuales son Esmeraldas, Manta y de Puerto Bolívar pertenecientes a parte de la Red Meteorológica Costera del INOCAR, la serie de datos utilizada describe las medias aritméticas calculadas de los diferentes parámetros climáticos como: precipitaciones acumuladas mensuales, temperatura superficial del aire y temperatura superficial del mar.

La información fue tomada de la base de datos del Centro Nacional de Datos Marinos Costero (CENDO) y el área de estudio la constituye la franja costera continental, de norte a sur, donde INOCAR; mantiene su red de Estaciones Costeras de las cuales solo se analizarán: Esmeraldas, Manta, y Puerto Bolívar. Figura 1.0

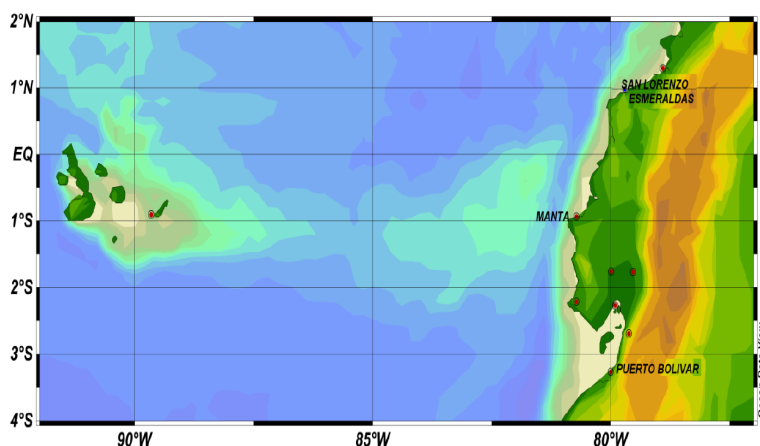


Figura 1.0.-Estaciones Meteorológicas escogidas para análisis de comportamiento climático

RESULTADOS.

1.- PRECIPITACIONES

En la costa norte (Estación de Esmeraldas) durante la época húmeda (diciembre-mayo), los meses de enero (137.3 mm), febrero (183.3 mm), marzo (138.9 mm) y abril (119.7 mm) son los meses con los promedios de mayores acumulados de precipitación, y febrero el mes con el más alto promedio mensual de precipitaciones.

Realizando la comparación entre los promedios mensuales (normales, según OMM) de los periodos 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que las normales de 1981-2010 son inferiores a las de 1975-2000 hasta con 42.4 mm, hacia abril y mayo estas son mayores hasta con 16.1 mm. Figuras 1.1 y 1.2.

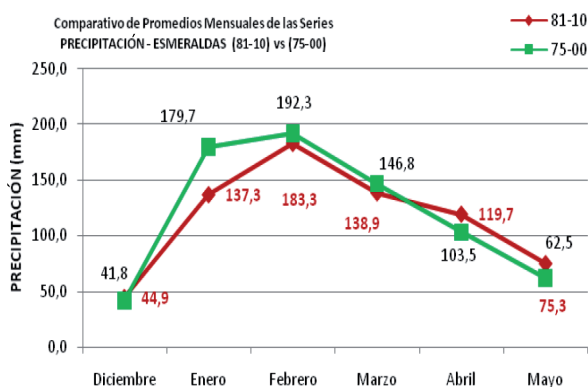


Figura 1.1.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

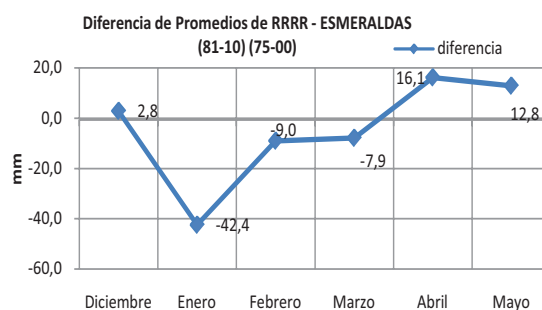


Figura 1.2.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

En las observaciones siguientes se puede visualizar las acumuladas de precipitación por año en época húmeda, mostrando aproximadamente que en el centro del periodo existe un registro de mayor precipitación por evento El Niño, que además el mes de mayor precipitación en la estación de Esmeraldas en los 30 años analizados es el mes de Febrero.

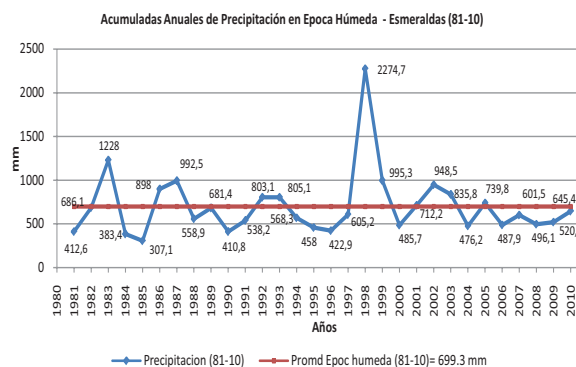


Figura 1.3.- Acumuladas Anuales de Precipitaciones mensuales

En la costa de la zona central (Estación de Manta) los meses de enero (70.2 mm), febrero (109.5 mm), marzo (72.4 mm) y abril (50 mm) son los meses con los promedios de mayores acumulados de precipitación, donde febrero es el mes con el más alto promedio de precipitación.

Realizando la comparación con los promedios normales de los periodos 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que los meses de enero, febrero, marzo y abril continúan siendo los meses con mayores promedios de acumulados de precipitación, siendo superior febrero. Los promedios normales 1981-2010 son inferiores a los del periodo 1975-2000 con diferencias de hasta -7.2 mm, excepto en el mes de febrero donde se presenta una diferencia de 10.9 mm. **Figuras 1.4 y 1.5.**

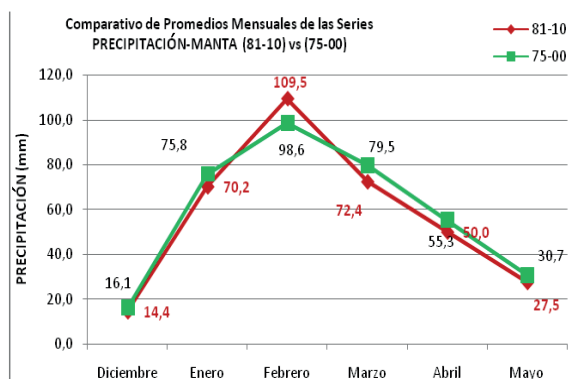


Figura 1.4.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

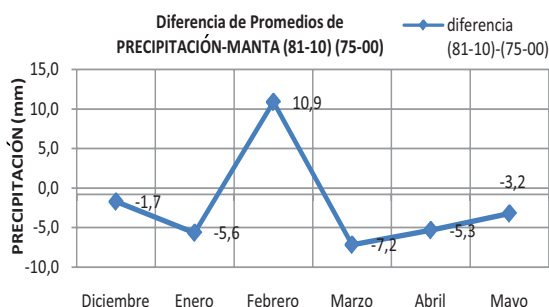


Figura 1.5.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

En la costa sur consideramos para el análisis a la Estación de Puerto Bolívar, los meses de enero (103.6 mm), febrero (174.9 mm), marzo (159.8 mm) y abril (98.7 mm) son los meses con los mayores mensuales acumulados de

precipitación, donde febrero es el mes con el más alto promedio de precipitación.

Realizando la comparación entre los promedios normales de 1981-2010 y 1975-2000, se comprueba que enero, febrero, marzo y abril continúan siendo los meses donde se presentan los mayores promedios de acumulados de precipitación, y febrero es el mes con los mayores acumulados. Los promedios mensuales del periodo 1981-2010 son ligeramente superiores a los promedios del 1975-2000, en los meses de enero, febrero y marzo. **Figuras 1.6 y 1.7.**

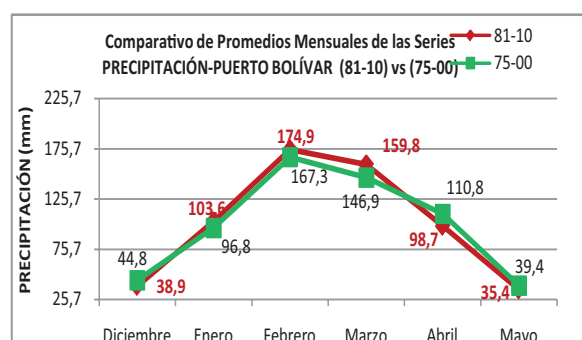


Figura 1.6.- Promedios de acumulados mensuales de precipitación

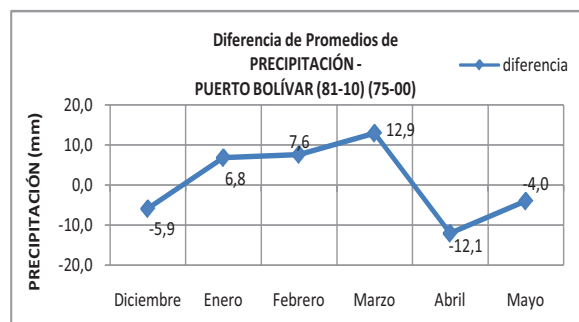


Figura 1.7.- Diferencia de los promedios de precipitaciones mensuales

Observando en la **Figura 1.8**, el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de precipitación en época húmeda su promedio de las acumuladas y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (699.30 °C; 391.97) , en Manta (352.06 °C; 387.45) y en Puerto Bolívar (611.25 °C; 698.60), lo que significa que la precipitación acumulada promedio en la costa norte es más alta que el resto de estaciones, pero es significativamente mayor a la estación de la costa central, lo que si se debe indicar es que en los años

1982 a 1983 y 1997 a 1998 considerado NIÑO, la precipitación en Puerto Bolívar es el mayor que el resto de estaciones, y existe una tendencia a estabilizarse la precipitación a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación, aunque sus valores aberrantes solo es en los años NIÑO antes mencionados.

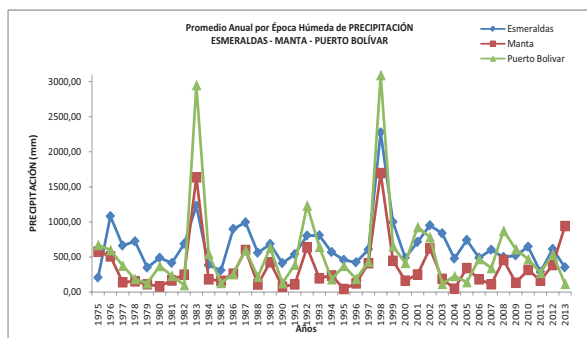


Figura 1.8.- Fluctuaciones promedios de Precipitación por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

2.- TEMPERATURA DEL AIRE

La costa norte fue analizada por la Estación de Esmeraldas, aquí se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de marzo (26.3°C), abril (26.5°C) y mayo (26.5°C).

Realizando la comparación entre los promedios normales mensuales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, estos presentan igual comportamiento, siendo los del periodo 1981-2010 ligeramente superiores, presentando el mes de enero una mayor diferencia (0.3°). Figura 1.9 y 1.10

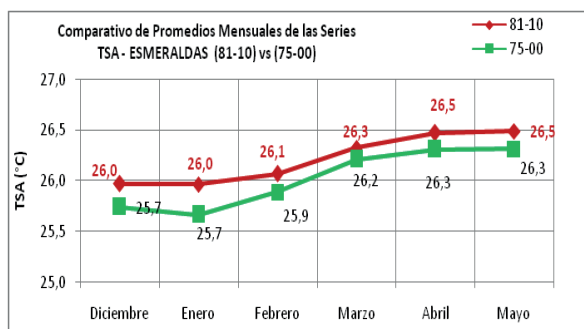


Figura 1.9.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

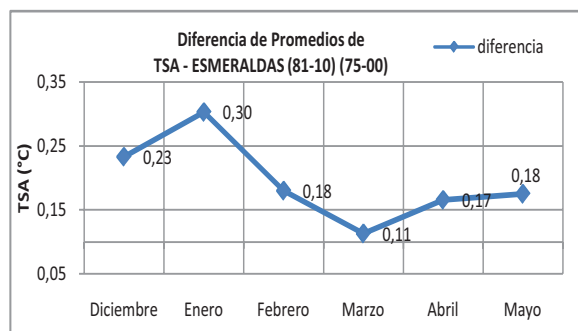


Figura 1.10.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

Sobre la costa central (Estación de Manta) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de febrero (26.4°C), marzo (26.5°C) y abril (26.4°C).

De acuerdo a la comparación realizada entre los promedios normales mensuales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, se observa un igual comportamiento, siendo ligeramente superiores los del periodo 1981-2010, presentando las mayores anomalías los meses de marzo y abril (0.24°C). Figuras 1.11. y 1.12.

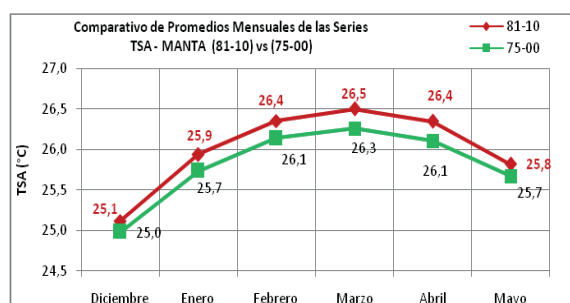


Figura 1.11.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

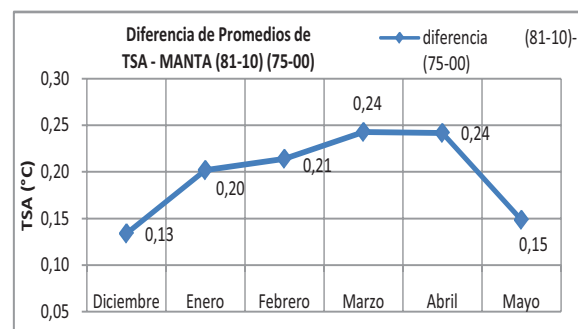


Figura 1.12.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

En la costa sur (Estación de Puerto Bolívar) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del aire (1981-2010) corresponden a los meses de enero (26.1°C) febrero (26.5°C), marzo (26.8°C) y abril (26.6°C).

De acuerdo a la comparación realizada entre los promedios normales de los periodos 1981-2010 y 1975-2000, se observa un comportamiento similar, siendo ligeramente superiores los promedios del periodo 1981-2010, presentando una mayor anomalía el mes de abril (0.12°C). **Figuras 1.13. y 1.14.**

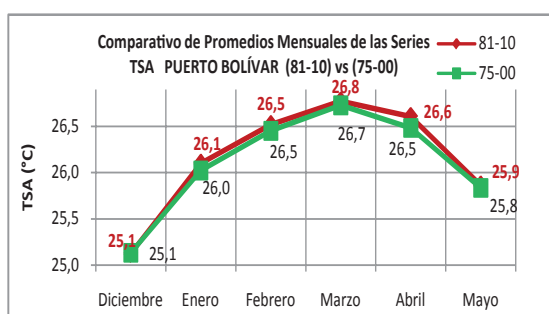


Figura 1.13.- Promedios de la temperatura superficial del aire.

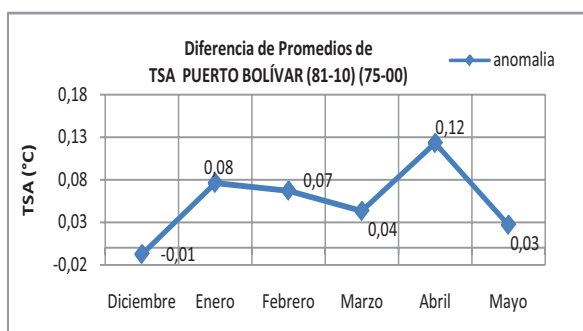


Figura 1.14.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del aire

Observando en la **Figura 1.15** el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de temperatura superficial del aire en época húmeda su promedio y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (26.18 °C; 0.45) , en Manta (26.01 °C; 0.62) y en Puerto Bolívar (26.17 °C; 0.59), lo que significa que la temperatura superficial del aire promedio en la costa Norte y Sur es más alta que en la costa central, pero no es significativamente mayor, lo que indica que

desde el año 1997 a 1998 considerado NIÑO, el TSA es el menor en Esmeraldas que el resto de estaciones, y existe una tendencia a incrementar la temperatura superficial del aire a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación.

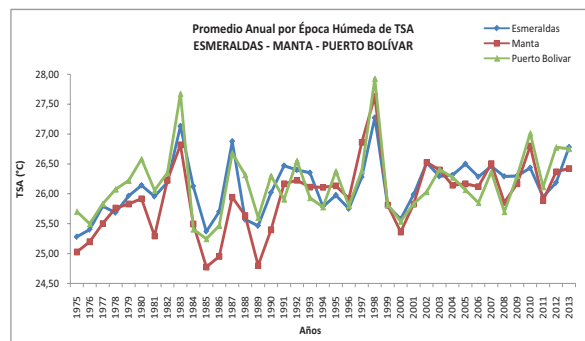


Figura 1.15.- Fluctuaciones promedios de la temperatura superficial del aire por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

3.- TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL MAR

Sobre la costa norte (Estación de Esmeraldas) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (1982-2010) corresponden a los meses de abril (26.4°C), y mayo (26.5°C).

Verificando la comparación de los promedios normales entre los periodos 1982- 2010 y 1982-2000, se comprueba que ambos periodos presentan similar comportamiento durante la época húmeda, con los mayores promedios en los meses de abril y mayo, siendo mayores los promedios del periodo 1982-2010 hasta con 0.35°C (Enero). **Figuras 1.16. y 1.17.**

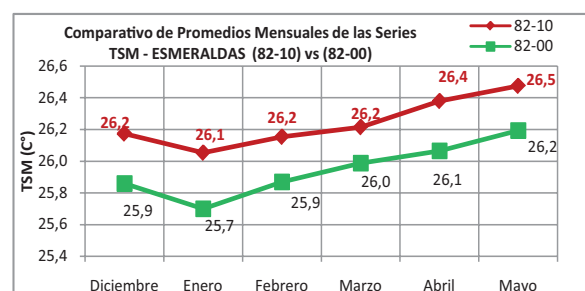


Figura 1.16.- Promedios de la temperatura superficial del mar de Diciembre a Mayo.

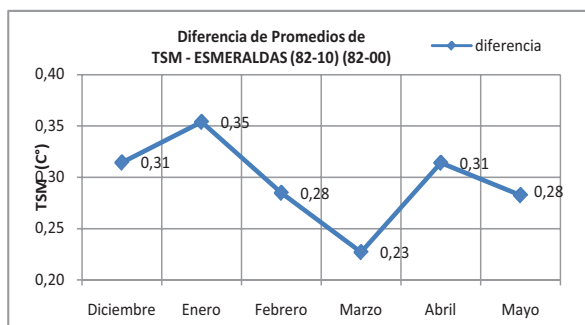


Figura 1.17.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

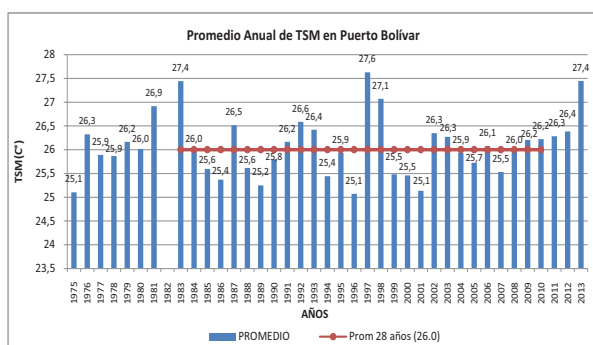


Figura 1.18.- Promedio Anual de temperatura superficial del mar en Puerto Bolívar de datos observados.

En la Estación de Manta considerada la costa central del país, se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (1984-2010) corresponden a los meses de enero (27.4°C), febrero (27.2°C) y marzo (27.1°C).

Si la comparamos con los promedios normales de los periodos 1984-2010 y 1984-2000, se comprueba que los promedios del periodo 1984-2010, son ligeramente superiores de diciembre a marzo, igual en abril y menores en mayo. **Figura 1.19. y 1.20**

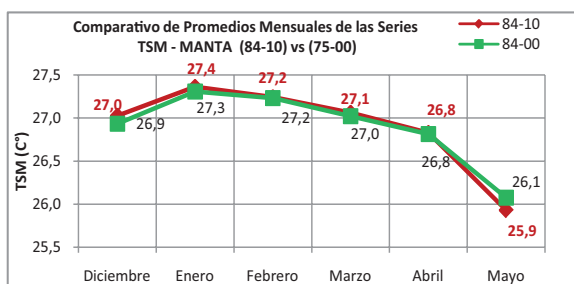


Figura 1.19.- Promedios de la temperatura superficial del mar.

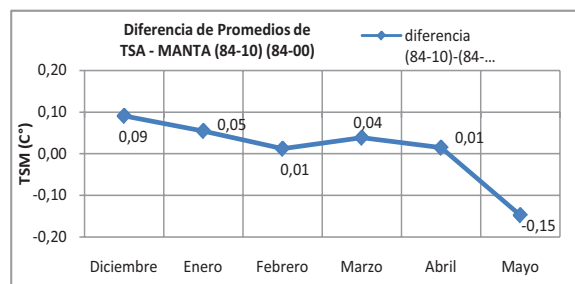


Figura 1.20.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

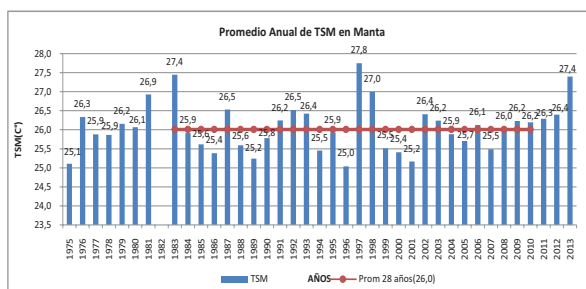


Figura 1.21.- Promedio Anual de temperatura superficial del mar en Manta de datos observados.

Sobre la costa sur (Estación de Puerto Bolívar) se aprecian que los mayores promedios de temperatura superficial del mar (81-10) corresponden a los meses de enero (27.3°C), febrero (27.4°C) y marzo (27.2°C).

Comparando con los promedios normales de 1975-2000 y 1981-2010, se comprueba que durante toda la época húmeda continuaron siendo los meses de enero, febrero y marzo donde se registran los mayores promedios, pero el mes de febrero es donde se registra el mayor acumulado de temperatura y además que ambos promedios (75-00 y 81-10) son casi similares. **Figura 1.22. y 1.23**

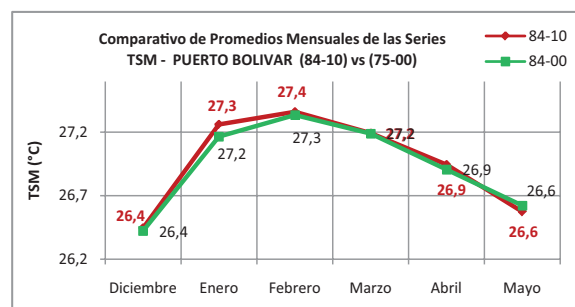


Figura 1.22.- Promedios de la temperatura superficial del mar.

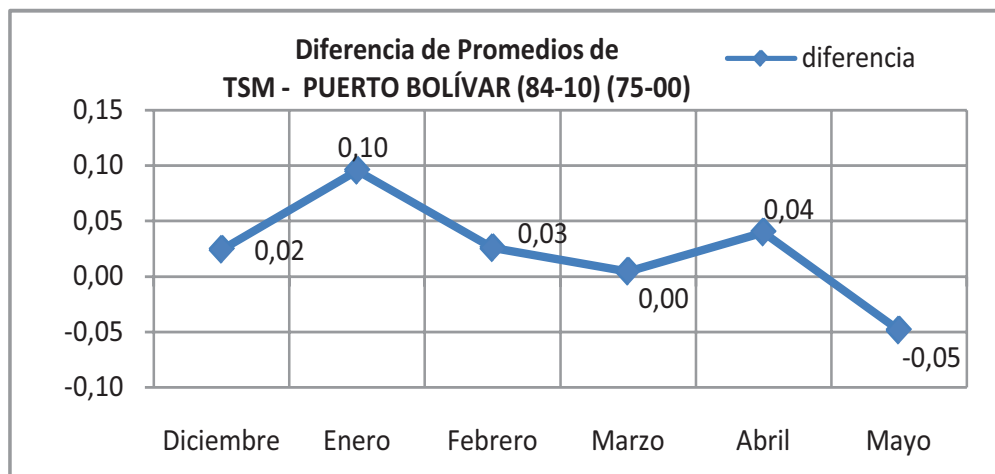


Figura 1.23.- Diferencia de los promedios de la temperatura superficial del mar.

Observando en la Figura 1.24 el comportamiento de las tres estaciones con respecto a variable de temperatura superficial del mar en época húmeda su promedio y desviación estándar de 1981 al 2010 por estación es en Esmeraldas (26.20 °C; 0.64) en Manta (26.95 °C; 0.65) y en Puerto Bolívar (26.17 °C; 0.59), lo que significa que la temperatura superficial del mar promedio en la costa central es más alta que en la costa sur y norte, pero no es significativamente mayor, y existe una tendencia a incrementar la temperatura superficial del mar a lo largo del tiempo en las series de datos de cada estación.

En el análisis de correlación se observó la asociación de las variables en cada estación, en la matriz de correlación a continuación se muestra el grado de intensidad de relación lineal entre las variables; es necesario acotar que si la correlación está cerca de uno la relación es directa, es decir mientras una variable crece, la otra también crece pero si la correlación llegara a caer menos de uno la relación es inversa. Una correlación se considera representativa cuando su valor es superior a 0.5 y la significancia es menor a 0.05, se infiere que el coeficiente es diferente de cero. Bajo estas condiciones se puede indicar que en Esmeraldas la variable de precipitación comparada con las demás no es significativa.

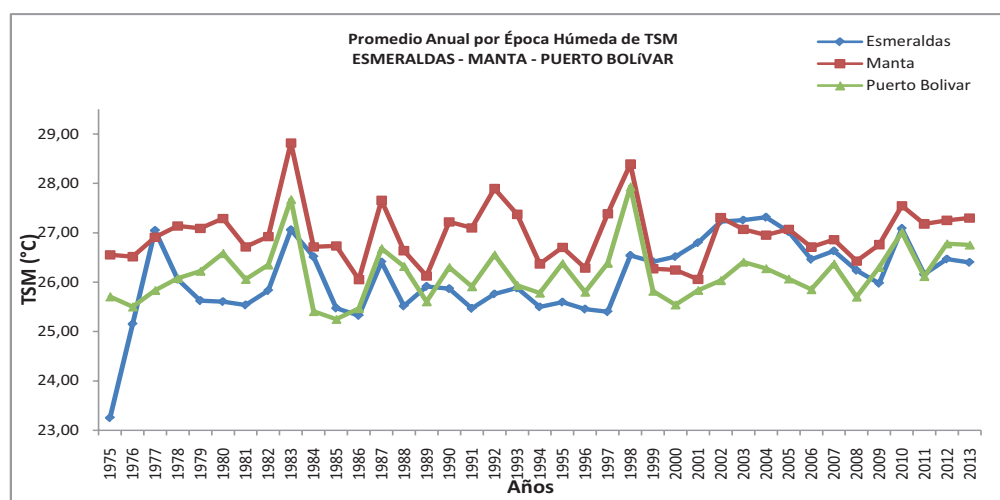


Figura 1.24.- Fluctuaciones promedios la temperatura superficial del mar por época húmeda de las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar.

Matriz de Correlaciones de Esmeraldas						Matriz de correlaciones de Manta						Matriz de Correlaciones de Puerto Bolivar						
Correlaciones						Correlaciones						Correlaciones						
			TSA	PRE	TSM				TSA	PRE	TSM				TSA	PRE	TSM	
Rho de Spearman	TSA	Coefficiente de correlación	1.000	.356	.571	Rho de Spearman	TSA	Coefficiente de correlación	1.000	.665	.828	Rho de Spearman	TSA	Coefficiente de correlación	1,000	,670	,818	
		Sig. (bilateral)		.000	.000				.000	.000				.000	.000			
		N	360	360	357			N	360	360	324			N	432	432	432	
	PRE	Coefficiente de correlación	.356	1.000	.110		PRE	Coefficiente de correlación	.665	1.000	.579		PRE	Coefficiente de correlación	,670	1,000	,590	
		Sig. (bilateral)	.000		.038				.000		.000				.000	,000	,000	,000
		N	360	360	357			N	360	360	324			N	432	432	432	
	TSM	Coefficiente de correlación	.571	.110	1.000		TSM	Coefficiente de correlación	.828	.579	1.000		TSM	Coefficiente de correlación	,818	,590	1,000	
		Sig. (bilateral)	.000	.038					.000	.000					.000	,000		
		N	357	357	357			N	324	324	324			N	432	432	432	

DISCUSIÓN

Se compararon y revisaron los dos escenarios de comportamientos climáticos utilizando las recomendaciones del reglamento interno de la Guía de Prácticas Climatológicas (WCDMP-Nº.61, 2007, p.2), en la reunión del ERFEN (abril, 2013) se socializó la aplicación de la metodología que indica la línea base con la que se debe comparar, el cual consiste en usar un periodo consecutivo de 30 años más reciente, es decir del periodo 1981-2010, donde se observa en cada variable de las diferentes estaciones escogidas para el estudio, comportamientos que presentan un incremento moderado de los resultados entre las líneas bases referenciales de las series de datos obtenidas en los registros históricos de dichas estaciones, visualizando un aumento moderado de calentamiento a lo largo del tiempo.

Se visualizaron escenarios de cambios en los comportamientos de las fluctuaciones de las series de datos de los diferentes elementos climáticos, utilizando las técnicas de observación de variabilidad en un periodo de tiempo recomendado de 30 años consecutivos en la división de Meteorología(2012-2013), con el objetivo de analizar los cambios climáticos mostrados en diferentes parámetros a lo largo de tiempo en la época húmeda, con ello se comprueba la actualización de las normales para el estudio comparativo en la red de estaciones meteorológicas del INOCAR, por lo que

observándose en las estaciones de Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar que la media de referencia para comparaciones utilizada (1975-2000) comparada con el promedio recomendado actual (1981-2010), el indicador estadístico del promedio muestra un ligero aumento en precipitación como en la temperatura superficial del mar, mientras que se visualizó una ligera disminución en temperatura superficial del aire y la correlación de los parámetros meteorológicos en cada estación, indican que la relación entre las variables cuantitativas están dentro del valor permisible mostrando dependencia, con excepción en la variable de precipitación en Esmeraldas.

El régimen pluviométrico en la costa ecuatoriana, considerando el nuevo periodo de las normales dentro de los promedios normales (1981-2010) en la costa ecuatoriana se ha determinado que los meses donde se registraron los mayores acumulados de precipitación son los meses de enero, febrero y marzo, siendo febrero el mes con el más alto promedio de acumulado de precipitación, al acercarse a la finalización de la época húmeda meses de abril a mayo los acumulados fueron paulatinamente disminuyendo, en general durante la época húmeda en las costas norte y sur fueron donde se registraron las mayores precipitaciones.

El régimen termométrico correspondiente a la temperatura superficial del aire presenta un comportamiento donde los meses con los mayores promedios son febrero, marzo y abril,

registrándose las más altas temperaturas el mes de marzo. En general durante la época húmeda donde se registraron las más altas temperaturas fueron en la costa norte y sur.

REFERENCIAS

BLANDIN, INAMHI. 1989. Análisis y Estudios Climatológicos en el Ecuador, Ecuador

HENRY GALVEZ Y JUAN REGALADO, Acta Oceanográfica del Pacífico, 2009. Comportamiento de las precipitaciones en la costa Ecuatoriana en el 2008, Ecuador, vol. 15 n° 1

HERNANDEZ F. Y E. ZAMBRANO, Acta Oceanográfica. 2007. Inicio, duración y término de la estación lluviosa en cinco localidades de la costa ecuatoriana, Ecuador, vol. 14 n° 1

OMM, 2007. Función de las Normales Climatológicas en un clima cambiante, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, marzo 2007.

JOSÉ CREUS NOVAU, Y ÁNGEL FERNÁNDEZ CANCIO, EMILIO MANRIQUE MENÉNDEZ., HUESCA, 1996, Evolución de la temperatura y precipitación anuales desde el año 1400 hasta el año 1989 en el sector central de la depresión del Ebro.

SIEGEL, Sidney. 1970. Diseño Experimental No Paramétrico. Editorial Trillas S.A. 235 pp.

THOM, H C. 1966. Some Methods of Climatological Analysis. Technical Note N° 81, WMO. Ginebra. 54 pp.

SANCHEZ C., Jesús. 1966. Interpretación y Uso de los Datos Climatológicos. Trabajo de Ascenso. UCV. Maracay. 32 pp.

LARA, A. 2011. Interpolación Spline, Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, México

AGRADECIMIENTO

A los Directivos de INOCAR y del departamento de Ciencias del Mar

Al personal técnico y observadores de la institución mencionada, que son la fuente de este trabajo

Al personal de profesionales Estadísticos Johnny Pambabay, Mariela González, Freddy Vargas, Gabriel Shigla.