

“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LA COSTA ECUATORIANA” *

Por:
Freddy Hernandez ¹

Abstract

Daily meteorological parameters as: air temperature, maximum and minimum air temperature and precipitation from the meteorological stations of the Oceanographic Institute of Ecuadorian Navy were analyzed in this job. Spatial and temporal variations were described applying analyses of principal components, observing the existence of the annual cycle and the influence of interannual variations El Niño and La Niña in all parameters, and following the methodology of ombrothermal diagrams it was noticed the existence of three climatology groups in the Ecuadorian coast. 1. San Lorenzo station, without ecologically dry months during all year; 2. Esmeraldas station, with ecologically dry months from July to November; and, 3. Manta, La Libertad, Guayaquil, Puná, Puerto Bolívar stations, with ecologically dry months from may to November. Extreme climate indices for maximum and minimum air temperature and precipitation were identified following the methodology of The Expert Team (ET) on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI), sponsored by the WMO Commission of Climatology (CCL) and the Climate Variability and Predictability (CLIVAR) Project, observing in general a behavior with significant positive trends in maximum and minimum air temperature demonstrating the decrease of cold days and nights.

Resumen

Datos diarios de parámetros meteorológicos como: temperatura del aire, temperatura máxima y mínima del aire y precipitación de la red de estaciones meteorológicas del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador han sido analizados en este trabajo. Variaciones espaciales y temporales fueron descritas aplicando análisis de componentes principales notando la existencia del ciclo anual así como la influencia de las variaciones interanuales El Niño-a en todas los parámetros y siguiendo la metodología de los diagramas ombrotérmicos se encontró la existencia de tres grupos de climatología en la costa ecuatoriana. 1. Estación San Lorenzo sin meses ecológicamente secos durante todo el año, 2.- Estación Esmeraldas los meses ecológicamente secos desde julio a noviembre y 3.- Manta, La Libertad, Guayaquil, Puna y Pto. Bolivar sus meses ecológicamente secos entre mayo y noviembre. Índices extremos de clima para temperatura máximas y mínimas del aires y precipitación se encontraron siguiendo la metodología del Equipo de Expertos de CCI/CLIVAR para “Climate Change Detection Monitoring and Índices” (ETCCDMI), observando en general un comportamiento a tendencias positivas significativas en las temperaturas máximas y mínimas del aire confirmando las disminución de los días y noches frías están disminuyendo.

Introducción

En el 2004, el Panel Intergubernamental en Cambio Climático (PICC), integrado por miles de científicos de todo el mundo, afirmó que la creciente contaminación industrial aumenta el "efecto invernadero", lo que origina un aumento en la temperatura o calentamiento global, la elevación del

* Presentado en Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar de la Escuela Superior Politécnica del Litoral en Julio 2006 como Tesis de Grado previa Graduación de Oceanógrafo

¹ Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) Av 25 de Julio Base Naval Sur, Casilla 5940. E-mail: inocar@inocar.mil.ec Guayaquil-Ecuador

nivel del mar y cambios en el clima, con olas de calor, sequías, inundaciones y violentas tormentas. Un tipo de variabilidad asociada a los cambios en el clima es el “El evento El NIÑO que no solo se presenta y repercute en el Ecuador y Sudamérica, también en todo el globo terrestre” (Zambrano, 1999), “los cambios son de variada intensidad y han provocado efectos débiles como en el 1986-87 y en otras extremadamente fuertes tal como ocurrió en 1982-83” (Espinoza, 1996) y 1997-1998 este último superó en intensidad, anomalías e impactos al evento ocurrido en 1982-1983.

La temperatura promedio en la tierra se ha incrementado cerca de 0.6° C en el siglo XX, este cambio tiene diferente distribución sobre la tierra haciendo que algunas áreas se hayan calentado más que otras, no se puede pronosticar con exactitud como serán los cambios climáticos ni que consecuencias traerá sobre la sociedad, pero debemos tomar al clima como un aliado y no como una amenaza.

En este trabajo se definen estaciones climatológicas basadas en los diagramas ombrotérmicos, y las variaciones espaciales y temporales de los parámetros analizados son descritas utilizando el método multivariado (Dallas, 1996), Análisis de Componentes Principales (PCA), y la variabilidad climática en este estudio será explicada mediante el análisis de las tendencias en los índices climáticos extremos definidos por el Equipo de Expertos en índices y detección de cambios climáticos (*The Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices ETCCDMI*) auspiciado por la Comisión Climatológica de la Organización (CCI) Meteorológica y el proyecto de variabilidad y predictibilidad climática (*Climate Variability and Predictability CLIVAR*), (Pettersen et al. 1996)

Materiales y Métodos

Las series de datos analizados, pertenecen a las estaciones de la red meteorológica del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR), la ubicación de las estaciones si como los periodos de estudio, se encuentran en la Figura 1, se trabaja con datos diarios de temperatura del aire (Ta), temperatura máxima del aire (Tmax), temperatura mínima del aire (Tmin) y precipitación (Prec).

Como primer punto se define condiciones normales mensuales para cada parámetro que en las temperaturas se toma el promedio mensual y en Prec es el promedio de los acumulados mensuales. Gausenn [citado por Cañadas, 1983] establece que en Climatología, la distribución de temperatura y la precipitación durante el año en curso tiene mayor importancia que su media anual toma en consideración los periodos que son favorables o desfavorables para la vegetación como: periodo húmedo, seco, calido y frío. Se considera un mes ecológicamente seco, cuando la precipitación total mensual, expresada en milímetros, es igual o inferior, a dos veces del valor de la temperatura promedio mensual expresado en grados Celsius, es decir $P \leq 2T$, de acuerdo a esta definición dada por Gausenn, el diagrama Ombrotérmico es un grafico en el cual se marca:

En la abscisa: meses del año, en la ordenada, a la derecha la escala de precipitación en mm.,

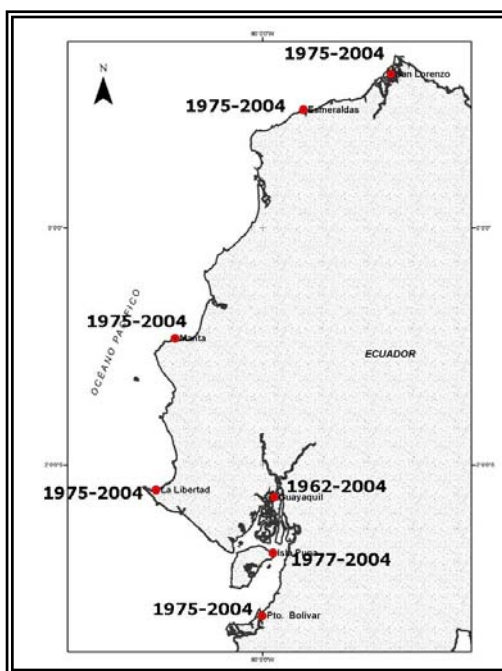


Figura 1 Ubicación de las estaciones y periodos de estudio

a la izquierda la temperatura en grados Celsius, a escala doble de la precipitación, durante los meses secos la curva de temperatura se encuentra sobre la curva de precipitación.

Las variaciones espaciales y temporales en las series son analizadas mediante Análisis de Componentes Principales, dos corridas fueron realizadas, la primera a fin encontrar los modos empíricos estacionales y la segunda removiendo el ciclo anual a las series se encuentra los modos empíricos de variabilidad interanual (Rodríguez, 2003).

21 índices de clima extremo fueron calculados, los mismos fueron tomados de (Pettersen et al. 1996) en la Tabla I se muestran los índices como sus definiciones, las tendencias de los índices fueron caracterizadas mediante una prueba de hipótesis con la hipótesis nula de que la pendiente es igual a cero, y la hipótesis alternativa que la pendiente es diferente de cero, se trabajó al 95% de nivel de confianza, se procedió al cálculo de los índices usando el software Rclimdex, que es un programa que se encuentra en el sitio Web del grupo de expertos en detección y cambios climáticos. <http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>

Tabla I Definición de índices extremos de temperaturas y precipitación, se mantiene la nomenclatura internacional según lo recomendado por (Pettersen et al. 1996)

INDICES EXTREMOS	
Índices de temperatura	
tx10p	Días fríos, porcentaje de días cuando TX < percentil 10 (días)
tx90p	(Días calientes) Porcentaje de días cuando TX > percentil 90 (días)
tn10p	Noches frías, Porcentaje de días cuando TN < percentil 10 (días)
tn90p	Noches calientes, Porcentaje de días cuando TN > percentil 90 (días)
wstdi	Indicador de la duración de periodos calientes, Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TX > 90th percentil (días)
csdi	Indicador de la duración de periodos fríos, Contaje anual de días con por lo menos 6 días consecutivos en que TN < 10th percentil (días)
TXx	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria (°c)
TNx	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria (°c)
TXn	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria (°c)
TNn	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria (°c)
DTR	Diferencia media mensual entre TX y TN (°c)
Índices de precipitación	
RX1day	Máximo mensual de precipitación en 1 día (mm)
Rx5day	Máximo mensual de precipitación en 5 días consecutivos (mm)
SDII	Precipitación anual total dividida para el número de días húmedos (mm /día) (definidos por PRCP ≥ 1.0mm) en un año (mm /día)
R10	Número de días en un año en que PRCP ≥ 10mm (días)
R20	Número de días en un año en que PRCP ≥ 20mm (días)
CDD	Número máximo de días consecutivos con RR < 1mm (días)
CWD	Número máximo de días consecutivos con RR ≥ 1mm (días)
R95p	Precipitación anual total en que RR > 95 percentil (días)
R99p	Precipitación anual total en que RR > 99 percentil (días)
PRCPTOT	Precipitación anual total en los días húmedos (RR ≥ 1mm) (mm)

Resultados

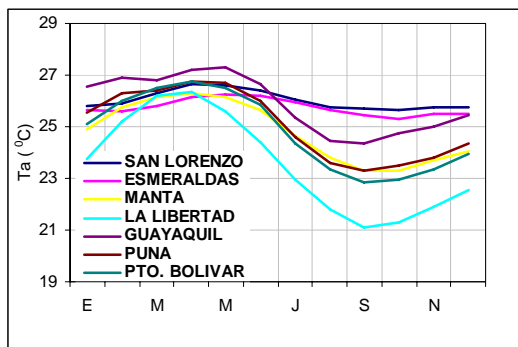


Figura 2 Valores mensuales normales de Ta

En todas las estaciones se evidencia la presencia del ciclo anual para las temperaturas, se pueden visualizar para Ta en la Figura 2, a manera de ejemplo, definiendo las estaciones climáticas, mayores valores de temperatura en estación humedad (Diciembre-Mayo) y menores valores en estación seca (Junio-Noviembre), existiendo diferencia en los rangos, para las estaciones al norte (San Lorenzo y Esmeraldas) del Ecuador el rango anual bordea 1°C y en las demás estaciones el rango se amplía y va desde 3.1°C a 5.2°C en Manta y La

Libertad respectivamente, este comportamiento se refleja en Tmax y Tmin, los valores de Prec se muestran en los diagramas ombrotérmicos, Los diagramas ombrotérmicos, definen meses ecológicamente secos, la Figura 3 de muestran los diagramas para cada estación, los meses donde la Prec < Ta graficados a dobles escala, se consideran se consideran meses ecológicamente secos

El modo uno en los modos de variabilidad estacional refleja como variabilidad común en todas las estaciones y con la presencia de una variabilidad interanual 3-5 años llamada El Niño-a, Figura 4, modo 1 explica el 66.9 de la varianza y el modo 2 el 10.4 % de la varianza

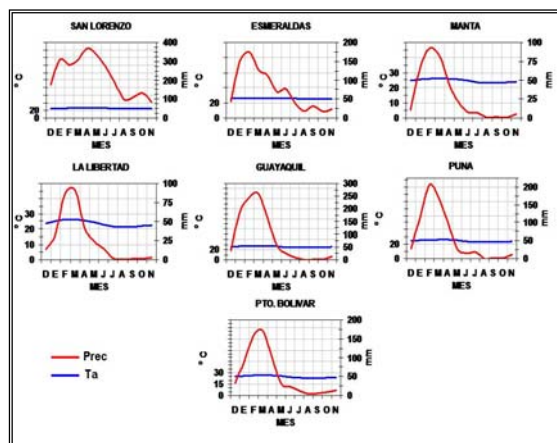


Figura 3 Diagramas Ombrotérmicos

El modo uno en los modos de variabilidad estacional refleja como variabilidad común en todas las estaciones y con la presencia de una variabilidad interanual 3-5 años llamada El Niño-a, Figura 4, modo 1 explica el 66.9 de la varianza y el modo 2 el 10.4 % de la varianza

De los 21 índices encontrados solo se muestran 6 que son los mostraron tendencias significativas al 90% de confianza, en la Figura 5 a) txx muestra tendencia positiva en Esmeraldas y Guayaquil, y tendencias negativas en Puna y Pto. Bolívar b) tnx existen tendencias positivas en todas las estaciones las tendencias están entre 0.02 y 0.03° C/año. c) tnn todas las tendencias son positivas 0.06 C/año en San Lorenzo y en el resto de las estaciones su valores entre 0.02 y 0.03° C/año exceptuándose Guayaquil donde no se reportaron tendencias significativas. d) dtr muestra tendencias negativas en San Lorenzo, La Libertad, Puna y Pto. Bolívar.

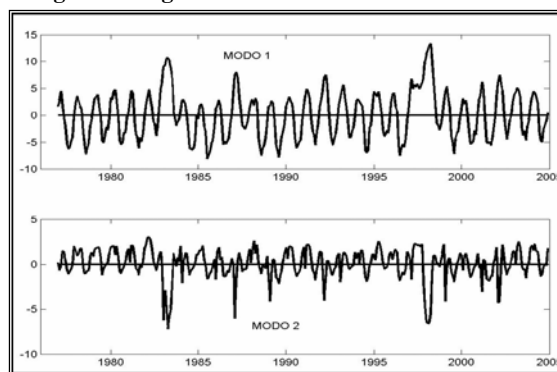


Figura 4 Modos empíricos estacionales

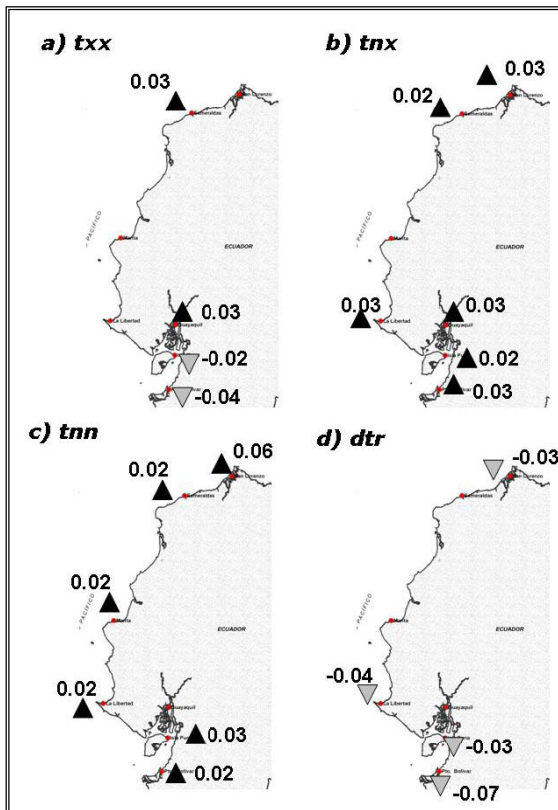


Figura 5 Índices extremos con tendencias significativas al 90% de confianza

Conclusiones

En las cuatro variables analizadas existe la presencia de un ciclo anual en todas las estaciones, aunque en las estaciones San Lorenzo y Esmeraldas el mismo no está tan bien definido como en las estaciones al centro y sur de la costa ecuatoriana, esto se debe a que la variación estacional de la corriente de Panamá o el Niño llega inclusive a las estaciones al sur de la costa ecuatoriana haciendo que los rangos se amplíen y se reflejen en los ciclos anuales de temperaturas, por otro lado la variación estacional de la corriente de Humboldt no influye en la costa norte del Ecuador y haciendo que haya menores rangos de temperatura a lo largo de todo el año.

La influencia de la variabilidad interanual, El Niño-a, representada por los “Modos empíricos estacionales” en todas las estaciones permite decir que ésta es parte de la variabilidad climática, no así lo efectos que pueda causar los diversos sectores del país.

Analizando los diagramas ombrotérmicos permite concluir tres zonas diferentes, 1.- Estación San Lorenzo sin meses ecológicamente secos durante todo el año, 2.- Estación Esmeraldas los meses ecológicamente secos

desde julio a noviembre y 3.- las estaciones Manta, La Libertad, Guayaquil, Puna y Pto. Bolívar no tiene meses ecológicamente secos desde diciembre a abril.

Las temperaturas máximas mensuales aumentan al centro y norte del Ecuador pero disminuyen en las estaciones ubicadas a la entrada del Golfo de Guayaquil. Las temperaturas mínimas, los máximos valores como los mínimos tienen predominancia al aumento (tnx y tnn). En general se observa un comportamiento a tendencias positivas significativas en las temperaturas máximas y mínimas, como conclusión aparte los días y noches frías están disminuyendo tx10p y tn10p respectivamente. Las noches calientes tienen tendencia positiva en Guayaquil, La Libertad y Manta en Pto. Bolívar presenta tendencia negativa, producto del aumento en las temperaturas mínimas, las mínimas temperaturas ocurren en la noche.

Bibliografía

[1] ZAMBRANO, E. El Niño, Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Guayaquil, 1996, Vol. 8 No 1, 109-114 p.

[2] ESPINOZA, J. El Niño y sus implicaciones sobre el medio ambiente, Acta Oceanográfica del Pacífico INOCAR, Guayaquil, 1996, Vol. 8 No 1, 115-134 p.

[3] DALLAS, E. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos, Internacional Thomson Editores, México, 2000, 109 – 111 p.

[4] **PETERSON, T. C., C. FOLLAND, G. GRUZA, W. HOGG, A. MOKSSIT, AND N. PLUMMER**, 2001: Report on the activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Reporters 1998–2001. World Meteorological Organization Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneva, Switzerland, 143 p.

[5] **CAÑADAS, L.** Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, MAG-PRONAREG, Quito, 1983, 15 p.

[6] **RODRIGUEZ, E.** Variabilidad de la circulación de mesoescala en la Cuenca oceánica del Pacífico Colombiano, Tesis Doctoral, Universidad de Concepción, Chile, 2003.