

## Algunas consideraciones acerca de los fenómenos climáticos extremos observados en el Ecuador

El Ecuador se caracteriza por ser un verdadero mosaico de climas o microclimas con regímenes térmicos y pluviométricos muy variados. En sí misma, esta diversidad le confiere una fuerte originalidad traducida por paisajes que pueden cambiar de un extremo al otro a escasas distancias. Sin embargo, un rasgo aún más peculiar radica en la enorme irregularidad de las lluvias observadas año tras año en un mismo lugar, traduciéndose en eventos pluviométricos catastróficos o en sequías que impactan notablemente en la economía nacional y hacen que el clima sea una de las principales preocupaciones para los agricultores, planificadores, ingenieros de obras públicas, etc. . . Evidentemente, la predicción de estos fenómenos resultaría sumamente valiosa ya que permitiría tomar las precauciones para su mitigación, razón por la cual se ha intentado evidenciar una supuesta repetición cíclica. ¿Existen estos ciclos, sí o no? Por otro lado, a base de una argumentación a veces muy personal y en cierto modo poco científica, no faltan las personas que garantizan el desenvolvimiento de un actual proceso de desertificación en la franja costanera central y meridional ¿Cuál es la verdad?

Después de un breve examen de los principales factores responsables de las condiciones climáticas generales de la región, se analizarán algunas series pluviométricas con el fin de confirmar o invalidar las suposiciones arriba mencionadas.

### I.- PRINCIPALES FACTORES DEL CLIMA Y REGIMEN HABITUAL DE LAS LLUVIAS EN EL ECUADOR

Entre los diferentes factores astronómicos, geográficos y meteorológicos, los que desempeñan el papel más trascendental son sin duda la latitud, la orografía y la presencia del Océano Pacífico.

#### I.1. La latitud

El país está ubicado sobre el ecuador geográfico y, por ende,

los mecanismos que rigen los climas y las precipitaciones se sujetan a la influencia de los sistemas de circulación atmosférica propios de las regiones de latitud baja. Como una cosa bien establecida y bien conocida, la atmósfera alrededor del globo terrestre está sometida a dos tipos de circulación, la una meridiana y la otra zonal, siendo los fenómenos observados la resultante de estas dos tendencias perpendiculares. Entre la línea equinoccial y los trópicos, la circulación meridiana (fig. 1) se caracteriza por la presencia de dos células separadas por una zona de bajas presiones donde se sitúa el frente intertropical FIT, ubicándose ligeramente al Norte la célula septentrional (célula de HADLEY) y por consiguiente también el FIT. Recordemos que el sistema sigue el movimiento aparente del sol y se desplaza periódicamente hacia el hemisferio de verano, desde Abril hasta Julio hacia el hemisferio Norte y desde Octubre hasta Enero hacia el hemisferio Sur, lo que permite el ingreso de masas de aire con distintas características, templado y poco húmedo en el primer caso, caliente y húmedo en el segundo caso. Por otra parte, para el conjunto de las regiones ecuatoriales, G. WALKER ha evidenciado un sistema de circulación zonal transversal (fig. 1): sobre los continentes que se calientan más rápido que las masas oceánicas, el aire asciende para luego bajar sobre los océanos más fríos. La célula más importante abarca el Océano Pacífico y, de esta manera, los vientos alisios con dirección Oeste van cargándose de humedad y convergen hacia las bajas presiones atmosféricas de Australia-Indonesia, zona de inestabilidad con una capa muy espesa de nubes y considerables precipitaciones. A mayor altitud, el aire regresa hacia el Este y descendiendo en la zona fría y seca de las altas presiones del Pacífico Sureste centradas sobre la Isla de Pascua.

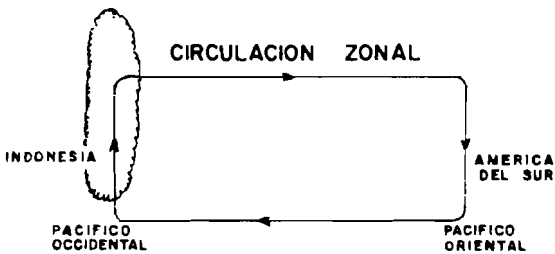
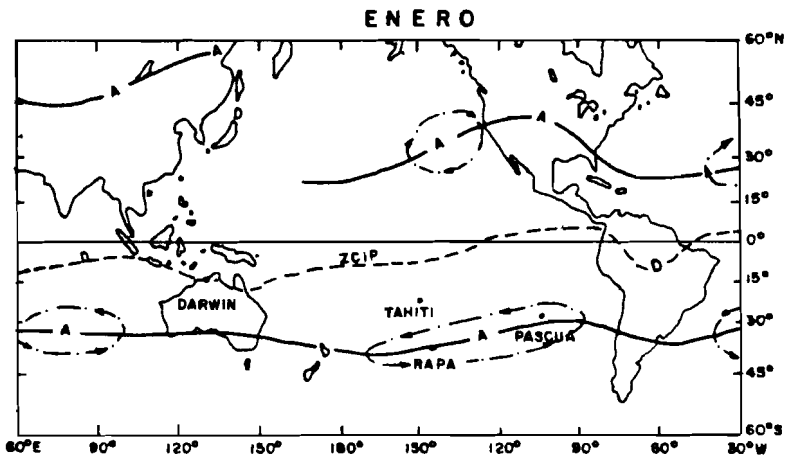
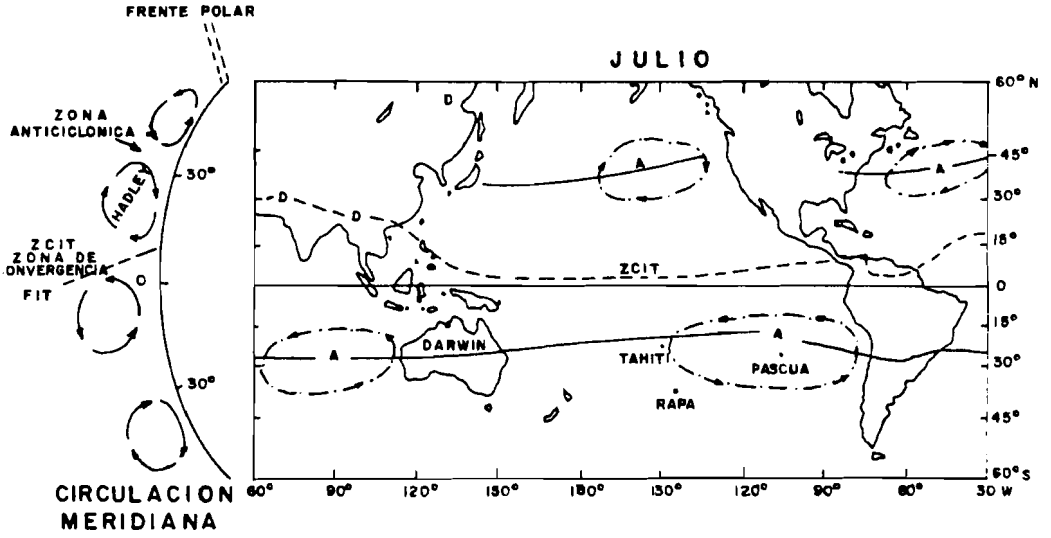
## **1.2. La cordillera de los Andes**

La formidable barrera NNE-SSO de la cordillera de los Andes desempeña un papel fundamental en la formación, el desplazamiento y el aislamiento de masas de aire local o regional. Su altitud que alcanza más de 6000 m s.n.m. genera masas de aire frío, modifica el régimen de las precipitaciones, define hoyas secas al hacer pantalla para el ingreso de aire húmedo y hace obstáculo al contacto de las masas de aire procedentes del Pacífico y de aquellas ubicadas en la región amazónica.

## **1.3. El Océano Pacífico**

El régimen normal de las masas de aire tropical oceánico se encuentra modificado por la influencia de las corrientes marinas. Es interesante notar que debido a su superficie, el Pacífico suministra aproximadamente un 50 por ciento de la evaporación del globo mientras sólo recibe un 40 por ciento de las precipitaciones ya que los ríos que lo alimentan no drenan más que el cuarto de las tierras emergidas. El restablecimiento del equilibrio de su balance se hace merced a los aportes en

Figura 1.  
SISTEMAS DE CIRCULACION ATMOSFERICA



aguas profundas principalmente de los océanos Índico y Antártico. Estas aguas naturalmente frías dada su proveniencia, suben a la superficie, no sólo en las latitudes medias, sino también en la zona intertropical gracias al "upwelling" a lo largo de las costas peruanas y surecuatorianas cuando fuertes alisios del Sureste empujan las aguas de superficie hacia el Noroeste y el Oeste. Las aguas más calientes y menos densas, empujadas por los vientos y desviadas por la fuerza de Coriolis, conforman la corriente Ecuatorial Sur con dirección occidental, lo que explica el nivel más alto de las aguas (aproximadamente 40 cm) así como la mayor profundidad de la termoclina (- 200 m en vez de - 50 m) observados en el Pacífico occidental.

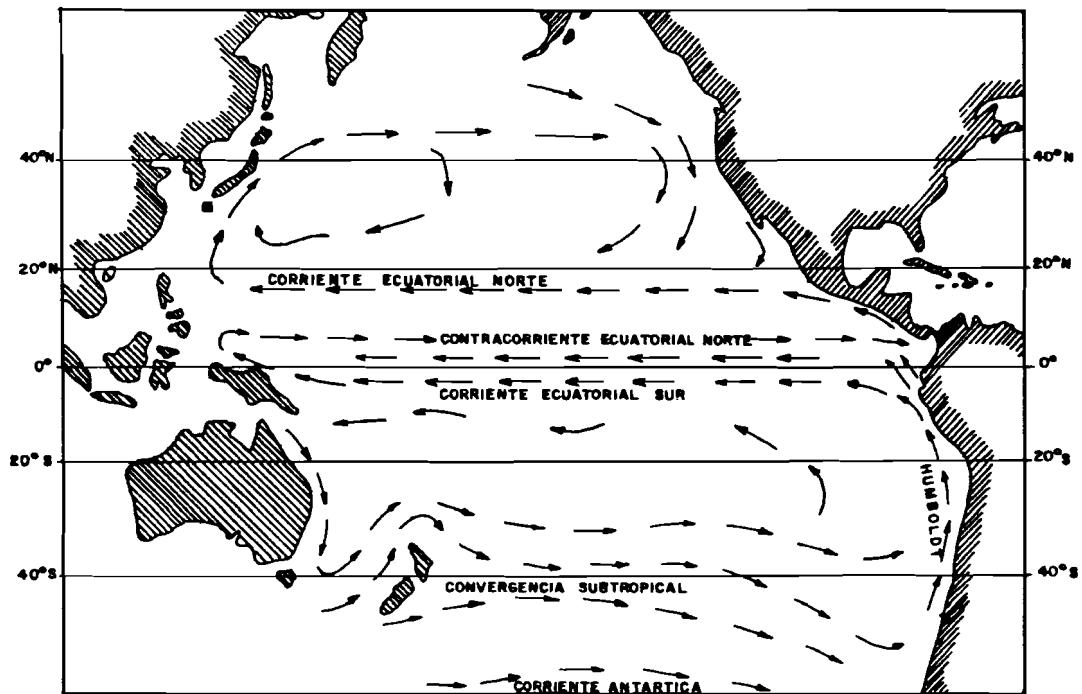
Para compensar el déficit dejado en el Pacífico oriental se forman las contracorrientes ecuatoriales Norte y Sur mientras en las latitudes más altas la circulación se organiza en torbellinos subtropicales, dextrógiro en el hemisferio Norte y sinistrógiro en el hemisferio Sur. A lo largo de las costas peruanas y surecuatorianas sube del Sur la corriente fría de Humboldt que gira hacia el Noroeste a nivel del Golfo de Guayaquil antes de calentarse progresivamente y mezclarse con la corriente ecuatorial Sur (fig. 2). La zona de transición llamada Frente Ecuatorial (FE) se sitúa generalmente entre la costa Norte del Perú y las Islas Galápagos pero se desplaza hacia el Norte en Julio-Agosto-Septiembre y hacia el Sur en Enero-Febrero-Marzo.

Los tres factores anteriormente descritos se conjugan para conformar un guión extremadamente complejo pero, cuando todas sus condiciones son normales, es decir cuando uno u otro no ha sufrido un cambio anómalo importante, sus respectivos papeles explican suficientemente bien las grandes clases de climas y regímenes pluviométricos habituales observados en el país:

- en el litoral, un régimen de tipo tropical con una estación lluviosa única entre Diciembre y Abril (desplazamiento del FIT) y totales pluviométricos bajos en la franja costera centro-meridional (papel de la corriente de Humboldt) aumentando hacia el interior (papel de la cordillera occidental);
- en las estribaciones orientales de la Cordillera Real y en la región amazónica un régimen persistente con lluvias abundantes bien distribuidas a lo largo de todo el año (ubicación del FIT, permanencia de las masas de aire húmedo amazónico);
- en el callejón interandino, un régimen de tipo ecuatorial con dos estaciones lluviosas que corresponden al ingreso respectivo de las masas de aire amazónico (Octubre-Noviembre) o pacífico (Enero-Mayo), siendo los totales pluviométricos muy variables en función de la altura, de la exposición de las vertientes y de los relieves transversales que definen hoyas abrigadas más secas (altitud y relieve de las dos Cordilleras);
- en la región insular, un régimen de tipo ecuatorial con dos estaciones lluviosas (desplazamientos del FIT y del FE).

A grandes rasgos, sin entrar en el detalle de los climas microregio-

Figura 2.  
PRINCIPALES CORRIENTES OCEANICAS



CUADRO No. 1

## PRINCIPALES CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CLIMAS DEL ECUADOR

REGIONES	Callejón interandino	Hoyas abrigadas del callejón interandino	Sierra, sobre los 3500 mmmm	Flancos exteriores de las 2 cordilleras	Costa noroc. y llanuras de pie de Cor. Occ.	Faja costera interna central y sur	Franjas costeras central y sur	Amazonia y Costa Norte	Islas Galápagos
Tipo Clima	Ecuatorial Mesotérmico Semi-húmedo a húmedo	Ecuatorial Mesotérmico Seco	Ecuatorial frío de alta montaña	Tropical Megatérmico muy húmedo	Tropical Megatérmico húmedo	Tropical Megatérmico seco o semi-húmedo	Tropical Megatérmico semi-árido	Uniforme Megatérmico muy húmedo	Ecuatorial Insular **
Variables Anuales	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Régimen de lluvias (número de estaciones)	2 húmedas 2 secas	2 húmedas 2 secas	2 húmedas 2 secas	1 húmeda 1 seca	1 húmeda 1 seca	1 húmeda 1 seca	1 húmeda, 1 seca	1 húmeda	2 húmedas 2 secas
Altura de lluvias (mm)	$600 < P \leq 2000$	$P \leq 600$	$800 \leq P \leq 2000$	$2000 < P$	$1000 < P \leq 2000$	$500 < P \leq 1000$	$P \leq 500$	$2000 < P$	$200 \leq P \leq 2000$
Temperatura media (°C)	$12 \leq T < 22$	$12 \leq T < 22$	$T < 12$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$	$22 \leq T$
Insolación (número de horas)	$1000 \leq I \leq 2000$	$1800 \leq I \leq 2500$	$1000 \leq I \leq 2200$	$400 \leq I \leq 800$	$600 \leq I \leq 1000$	$800 \leq I \leq 1300$	$1000 \leq I \leq 1500$	$800 \leq I \leq 1500$	$1800 \leq I$
Humedad relativa (o/o)	$65 < h < 85$	$50 < h < 80$	$80 < h$	$90 < h$	$70 < h < 90$	$60 < h < 85$	$50 < h < 70$	$90 < h$	$50 < h < 80$
Meses secos * (número)	$2 < N \leq 8$	$8 < N \leq 12$	$N \leq 4$	$2 < N \leq 6$	$6 < N \leq 8$	$8 < N \leq 11$	12	$N \leq 2$	$4 \leq N \leq 12$
Déficit hídrico * (mm)	$D < 150$	$150 \leq D < 600$	$D \leq 100$	$D \leq 500$	$250 \leq D \leq 700$	$700 < D \leq 900$	$900 < D$	$D \leq 100$	$500 \leq D \leq 1400$

\* En base a ETP calculada con fórmula de THORNTHWAITE

\*\* Clima muy heterogéneo

nales, se puede proponer 9 tipos de climas; el valor de sus diferentes elementos y su ubicación se exponen en el cuadro 1.

## II. VARIACIONES ANOMALAS DE LOS FACTORES CLIMATICOS Y SUS CONSECUENCIAS

Entre los 3 factores anteriormente definidos como predominantes, es preciso separar la orografía cuyo papel es inmutable e invariable, mientras la circulación atmosférica y las condiciones oceánicas son parámetros dinámicos que pueden sufrir cambios anómalos substanciales, con las lógicas consecuencias sobre su accionar. Aún más, estos 2 últimos factores se encuentran íntimamente vinculados entre si y existe una interacción océano-atmósfera tan estrecha que a veces es difícil establecer una clara distinción entre causas y efectos.

Tanto las sequías como los períodos de precipitaciones excepcionales se deben a la superposición de alteraciones de las circulaciones de Hadley y Walker, cambios en el régimen y fuerza de los alisios, anomalías positivas o negativas de las temperaturas superficiales del océano y de la termoclina así como migraciones o ubicaciones anormales del FIT y del FE.

Los famosos fenómenos de El Niño con los consecuentes aumentos de las lluvias, tienen una explicación en la teoría sostenida por K. WYRTKI, de la "respuesta dinámica del océano al aumento prolongado de la fuerza de los vientos". Según este autor, un largo período con fuertes alisios del Sureste ocasiona una acumulación de aguas calientes y un ahondamiento de la termoclina en el Pacífico occidental. Al disminuir la fuerza de los vientos, el agua acumulada tiende a retroceder hacia el Pacífico oriental y las costas suramericanas: la llegada de estas aguas calientes provoca una elevación del nivel del océano mientras baja la termoclina, suplantando de esta manera los efectos del upwelling y marcando el inicio de un Niño. Por su parte, en su teoría de la "interacción termodinámica entre océano y atmósfera", J. BJERKNES vincula la aparición de un Niño con una fluctuación de la circulación de WALKER conocida como "Oscilación Sur", variación más o menos cíclica de las diferencias de presión entre Australia-Indonesia y el Pacífico Sureste (Tahití-Pascua) con un período aproximado de 3 años. Cuando esta diferencia sobrepasa 14 mb durante más de un año, la depresión siguiente se acompaña de un Niño. La rama ascendente de la circulación zonal se desplaza hacia el Este, entre la Nueva Guinea y el meridiano 180°. La debilitación de los alisios y el aumento de las temperaturas superficiales del océano auspician el reforzamiento de la contracorriente ecuatorial, lo que se traduce por un aporte de aguas calientes y una elevación del nivel oceánico, siendo las aguas redistribuidas hacia el Norte y particularmente hacia el Sur, lo que origina un Niño. Simultáneamente el FE se encuentra claramente más al Sur que lo acostumbrado y también se ha comprobado que los Niños se acompañan de una fuerte alteración de la circulación de Hadley

ya que la zona de convergencia intertropical (ZCIT) ocupa una posición mucho más meridional, quedándose largo tiempo antes de migrar hacia el Norte.

Por lo contrario, los años con una pluviometría deficitaria responden a un patrón opuesto, ubicándose y permaneciendo el FE y la ZCIT en una situación septentrional anómala. Se impide el ingreso al aire caliente húmedo mientras el aire relativamente frío originado en la zona de la corriente de Humboldt sólo precipita en lluvias muy débiles, camanchacas o garúas.

### III. ASPECTOS RELEVANTES Y ESPECIALES DE LAS CONDICIONES PLUVIOMETRICAS DEL ECUADOR

La ocurrencia de los procesos anómalos antes mencionados se evidencia en la gran irregularidad encontrada en las series de observaciones pluviométricas, registrándose a la vez picos elevados, que en la Costa corresponden a fenómenos del Niño, y años excepcionalmente secos. Esta irregularidad es más acentuada en la región litoral porque recibe directamente el impacto de las masas de aire oceánico, mientras que en el callejón interandino el papel desempeñado por la Cordillera occidental contribuye para suavizar notablemente, distribuir en forma heterogénea o hasta impedir el ingreso de aquellas masas de aire. Es así como, incluso durante Niños fuertes, el aumento de lluvias en la región interandina puede alcanzar valores muy diversos, desde nulo hasta 400 por ciento, en dos estaciones de observación vecinas, lo que parece indicar que la elevación ocasional de la pluviometría solo traduce un incremento de la actividad convectiva que responde a condiciones muy locales y bastante aleatorias.

Para evidenciar el grado de anormalidad de eventos pluviométricos especiales o para poner de relieve una tendencia climática, es imprescindible referirse a un marco de tiempo lo más amplio posible, es decir proceder al análisis de series de observaciones suficientemente largas y continuas. Por esta razón se han escogido la estación de Quito para caracterizar la Sierra, y las estaciones de Guayaquil, Milagro, Machala y Portoviejo para la Costa. Se ha trabajado a base de años calendarios porque varias pruebas demostraron que, para nuestro propósito, poco aportaba la elección de períodos de referencia diferentes del intervalo 1o. de Enero - 31 de Diciembre. Por otra parte, ha sido necesario proceder al relleno de diferentes lagunas de información, utilizándose preferentemente las medias en el caso de los meses secos o el establecimiento de correlaciones con otras estaciones cuando faltaban años enteros. El tratamiento estadístico que se dió a estas series cronológicas consistió esencialmente en:

- buscar una ley de distribución adecuada para poder evaluar la frecuencia de los eventos pluviométricos excepcionales, tales como los períodos con Niños de 1925, 1939, 1941, 1953, 1957, 1958, 1965, 1975, 1976, 1983 y los años con fuertes sequías, en particular 1926 y 1960 en la Sierra y 1952 y 1968 en la Costa;



- estudiar la distribución en el tiempo de los picos y de los años deficitarios;
- buscar una tendencia general, tratando de eliminar la influencia de variaciones accidentales y el efecto de fluctuaciones de corto período, por intermedio:
  - . del cálculo de medias móviles, reemplazando cada valor por la media aritmética entre el y sus vecinos ( $n-2 + n-1 + n + n + 1 + n+2$ ): 5;
  - . del cálculo de medias móviles ponderadas que toman en cuenta los años anteriores, utilizando para este propósito una forma exponencial decreciente según el método propuesto por J.C. OLIVRY;
  - . del trazado de las rectas de regresión a base de los datos observados, medias móviles y medias móviles ponderadas.

A partir de este tratamiento y de los gráficos presentados en las figuras No. 3, 4, 5, 6 y 7, se ha llegado a los resultados y conclusiones expuestos a continuación:

- 1 - la evaluación de los valores pluviométricos para los años excepcionalmente húmedos o secos se presenta en el cuadro No. 2.
- 2 - excepto casos especiales, las series observadas en la Costa y en Quito son independientes.
- 3 - la distribución de los años muy lluviosos es una distribución prácticamente al azar. Esta observación es igualmente válida para los años secos.
- 4 - aunque el número de eventos y la duración de las series sean insuficientes para llegar a una conclusión definitiva, se puede observar en la Costa que los Niños son precedidos por un año de escasa pluviosidad y cuando ésta se ubica en una fase decreciente del ciclo de las medias móviles. Eso no quiere, de ningún modo, decir que un año seco será obligatoriamente seguido por un Niño.
- 5 - en Quito, las medias móviles evidencian una "seudo-ciclicidad" con picos centrados sobre los años 1899, 1916, 1933, 1952, 1970, es decir con intervalos muy similares que varían entre 17 y 19 años.
- 6 - la serie de Quito muestra una ligera tendencia hacia la baja de la pluviosidad anual, del orden de 1,3 mm al año:  
 $P_{mm} = 1287 - 1,3t$ , siendo t el número de años desde el inicio de las observaciones.
- 7 - hasta 1982, las cuatro series observadas en la Costa también evidencian una sustancial tendencia hacia la baja, del orden de 7 mm al año en Machala, Portoviejo y Guayaquil, hasta alcanzar cerca de 16 mm al año en Milagro.  
 Machala :  $P_{mm} = 724 - 7t$   
 Portoviejo :  $P_{mm} = 710 - 7,7t$

CUADRO No. 2

PLUVIOMETRIAS ANUALES EXCEPCIONALES, EN mm, T		PERIODO DE RETORNO			
REGION	SIERRA	COSTA			
ESTACION	Quito	Guayaquil	Milagro	Portoviejo	Machala
Mediana	1193	997	1407	485	490
Años húmedos					
T = 100 años	1815	3285	3374	1350	1730
T = 50 años	1728	2857	3082	1200	1500
T = 10 años	1500	1922	2350	855	985
Años observados con $T \geq 100$	1917	1983	1983	1983	1932-1983
Años secos					
T = 100 años	785	400	407	180	125
T = 50 años	824	435	485	200	148
T = 10 años	947	560	757	275	235
Años observados con $T \geq 100$	1926	1968	1982	1968	1952

Guayaquil : Pmm = 1350 - 7,6t

Milagro : Pmm = 1948 - 15,8t

Debido a la pluviosidad relativamente mayor en Guayaquil y Milagro, este fenómeno pasa casi por inadvertido, mientras en Machala, Portoviejo y la franja litoral Sur y central los totales pluviométricos menores registrados, año tras año, se reciben con mayor agudeza, lo que acredita la versión popular de un actual proceso de desertificación.

- 8 - para tratar de cuantificar el verdadero efecto de los Niños en el proceso arriba mencionado, se han modificado las series observadas al reemplazar los valores de los años afectados por un Niño por el valor de la media aritmética general y se han calculado las rectas de regresión correspondientes.

Machala : Pmm = 533 - 3,3t

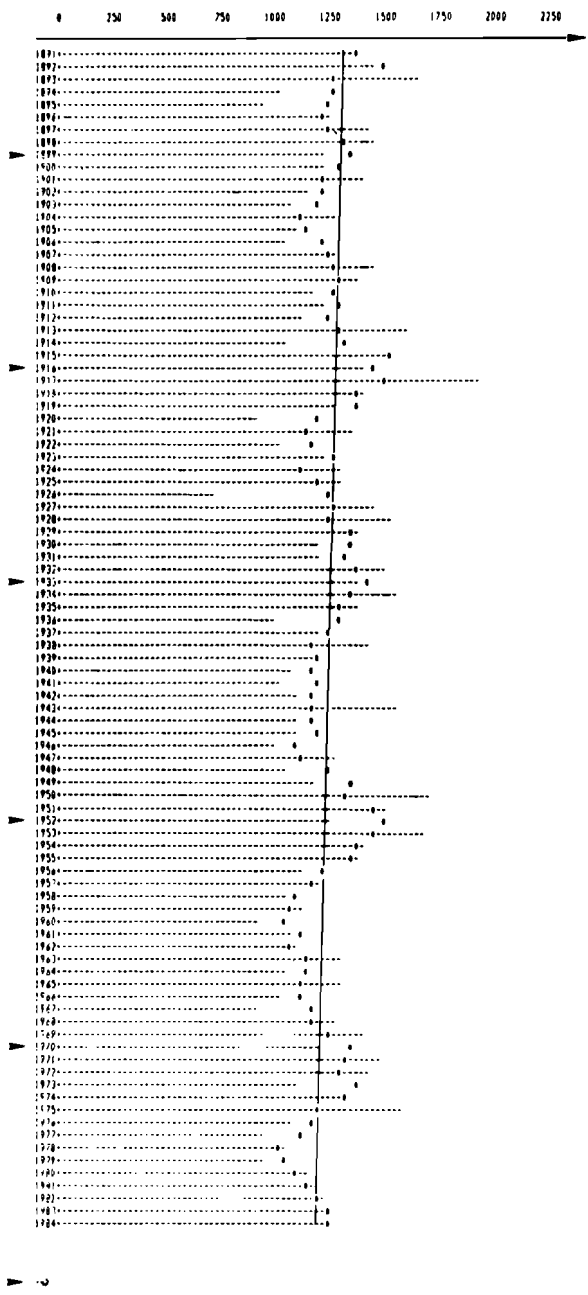
Portoviejo : Pmm = 609 - 5,5t

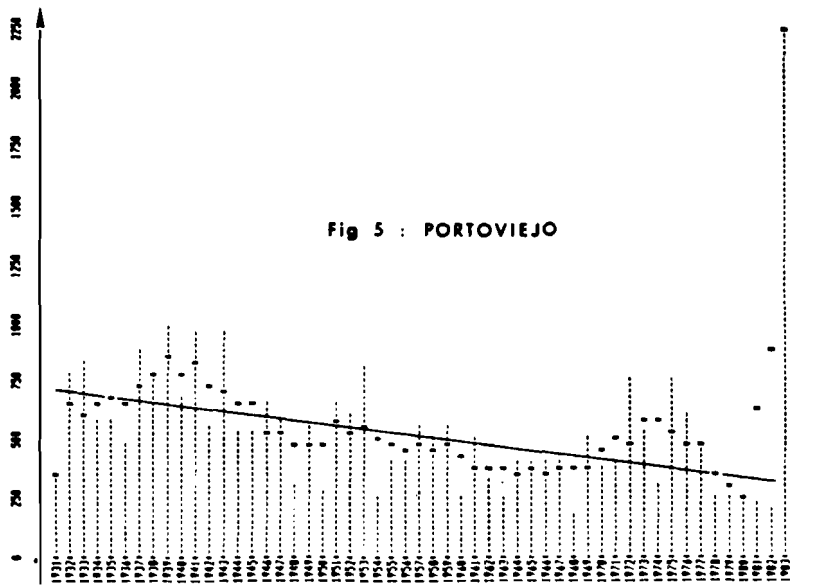
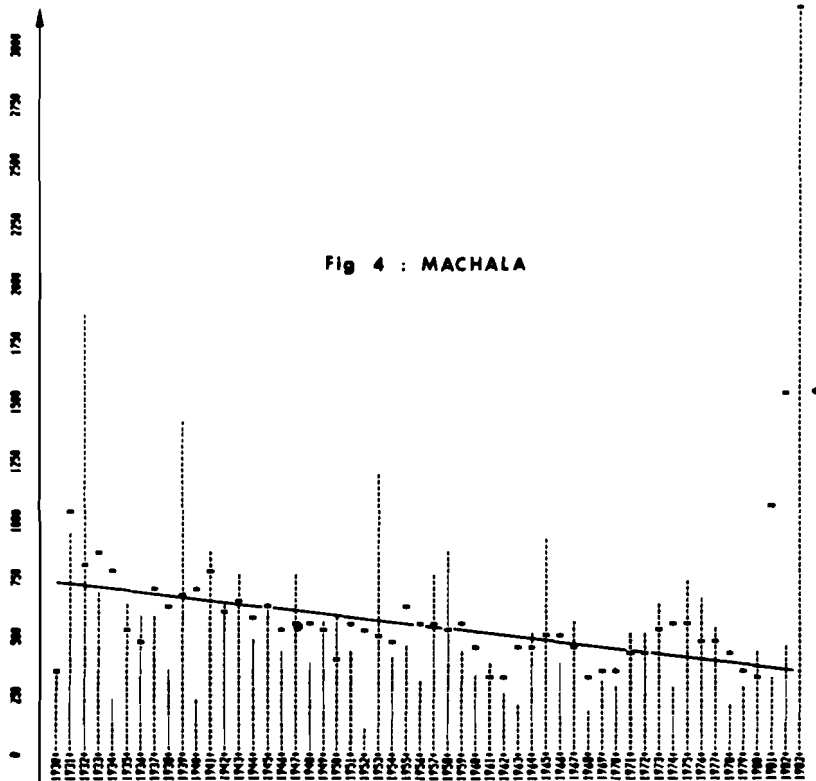
Guayaquil : Pmm = 1194 - 6,7t

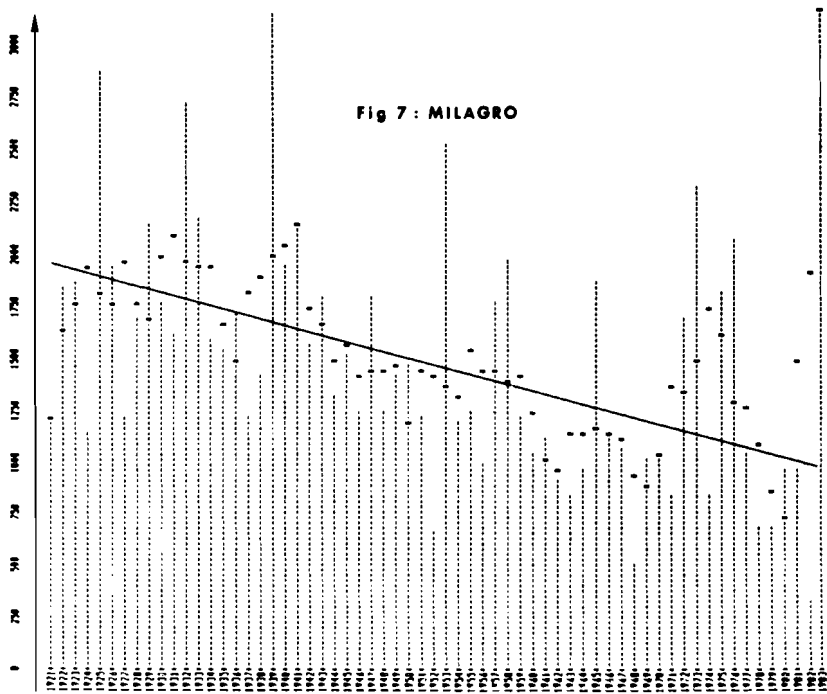
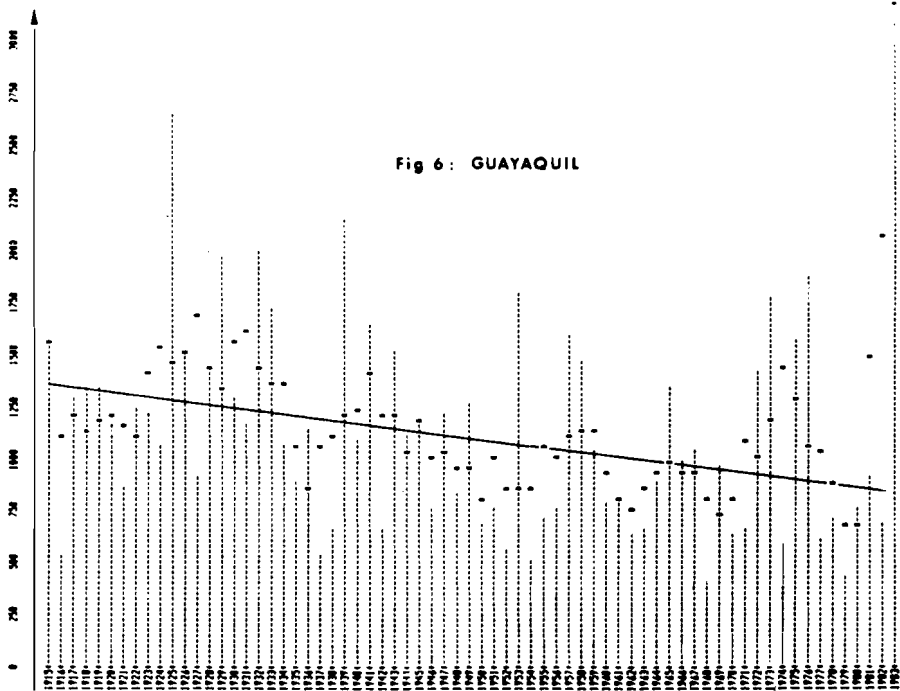
Milagro : Pmm = 1673 - 12,3t

Fig 3 : QUITO

..... : Datos anuales      \* : Medias móviles      — : Tendencia







## IV CONCLUSIONES

El análisis estadístico al que fueron sometidas las series pluviométricas observadas, a pesar de no permitir una verdadera predicción de los eventos pluviométricos excepcionales o de los totales pluviométricos futuros, puede sin embargo dar algunas indicaciones muy valiosas. Es así como en Quito se puede razonablemente pensar que la tendencia a una pluviometría normal seguirá aproximadamente hasta 1988 y que luego podrán suceder algunos años con una tendencia hacia la baja. En la región costanera también es imposible asegurar con exactitud la ocurrencia de un Niño pero ciertos índices tales como la simultaneidad de un año muy seco durante un período con pluviometrías decrecientes, sumándose a otros indicadores (variación positiva del nivel de océano, aumento significativo de las temperaturas superficiales de las aguas, reforzamiento prolongado de la fuerza de los alisios y anomalía de la Oscilación Sur), constituyen factores apreciables para prever un Niño. Por lo menos, basándose en el dicho "más vale prevenir que lamentar", permitirían tomar algunas precauciones previas.

Por otra parte, se ha puesto en evidencia una tendencia hacia un decrecimiento general de la pluviometría que induce dos aspectos distintos. El primero es que los valores indicados para los años secos en largos períodos de retorno deben ser un poco sobrestimados ya que fueron calculados con el conjunto de la serie. El segundo es que al eliminar el efecto de los Niños las pendientes de las rectas de regresión son menores pero sí existe la tendencia hacia la baja y aún más, la situación general sería peor que la actual y los totales anuales más deficitarios; a pesar de sus aspectos calamitosos, los Niños no son tan malos y aportan con un apreciable beneficio.

Ahora bien, a pesar de inquietudes legítimas, sería muy aventurado atreverse a pronosticar que, en la zona litoral, las lluvias llegarán a ser nulas en un futuro próximo. Toda consideración de esta índole requiere absolutamente un marco referencial de tiempo más amplio que permita situar las reducidas series pluviométricas observadas en su contexto histórico. Esto contribuiría para deducir si se trata de una tendencia muy remota o si existe una pseudo-ciclicidad en las fluctuaciones de la pluviometría y, en este último caso, estimar su periodicidad. Los relatos de La Condamine cuentan de "pantanos" en la región de Manta, afirmación que en la actualidad nos deja asombrados ¿De verdad? Los historiadores tienen la palabra.

## BIBLIOGRAFIA

ARLERY (R), GRISOLET (H), GUILMET (B): Climatologie, méthodes et pratiques. Gauthiers - Villars.

- Climate Analysis Center NMC-NWS, 1983: The 1982-1983 Pacific Warm Episode Intense El Niño conditions persist in Eastern Equatorial Pacific. In Special Climate Diagnostic Bulletin, NOAA-Washington.
- DESBOIS (M), 1983: Les responsables de ce désordre climatique: El Chinchon et el Niño. In La Recherche No. 150.
- FRANCOU (B), PIZARRO (L) 1985: "El Niño" y la sequía en los Altos Andes Centrales. Bull. IFEA, XIV, No. 1-2.
- INOCAR: Acta oceanográfica del Pacífico, Guayaquil - Ecuador.
- INOCAR, 1983: Boletín de Prensa No. 17, Guayaquil - Ecuador.
- MOREANO (H), ZAMBRANO (E), CORDERO (C), CERVANTES (E), SUESCUM (de R), VASCONCELLOS (O) y PAREDES (N); El Niño 1982-1983, su formación, su desarrollo y sus manifestaciones en aguas ecuatorianas. Instituto Oceanográfico de la Armada - Guayaquil - Ecuador.
- NOUVELOT (J.F.), 1982: Normas pluviométricas propuestas para el Ecuador. Ed. PRONAREG/ORSTOM. Quito - Ecuador.
- NOUVELOT (J.F.), POURRUT (P): "El Niño - Phénomène océanique et atmosphérique - Importance en 82-83" - Cahiers ORSTOM, Hydrol., XXI, No. 1, 1984 - 1985.
- OLIVRY (J.C.): Le point en 1982 sur l' évolution de la sécheresse en Sénégal et au Cap Vert. Cah. ORSTOM, Hydrol, XX, No. 1, 1983.
- PHILANDER (S.G.H.): 'El Niño' southern oscillation phenomena. NOAA/Geophys. fluid dynam. labo. - Princeton University.
- POURRUT (P): Los climas del Ecuador - Fundamentos explicativos. Publicaciones IPGH-ORSTOM, No. 4.
- WYRTKI (K): "El Niño", en La Recherche No. 106.