

Variaciones Climáticas. Avenidas e inundaciones^(*)

Por **CARLOS PERDOMO MEJIA**

Ingeniero Civil.

Desde hace mucho tiempo, se mantiene la polémica relativa a los cambios climáticos y la incidencia en los mismos, de la naturaleza y de las acciones del hombre. El presente artículo es de interés, por que contribuye al progreso de nuestra comprensión del clima y sus variaciones, en términos de escala de tiempo a largo, medio y corto plazo. A largo plazo las causan pequeñas fluctuaciones en la inclinación del eje de la tierra y en la geometría de su órbita alrededor del sol; se hace especial énfasis en las variaciones climáticas de medio, corto plazo que se encuentran en factores antropogénicos y naturales, como son el dióxido de carbono atmosférico, otros gases residuales, y la modificación del relieve terrestre; las fluctuaciones imprevisibles del clima y el fenómeno El Niño, respectivamente. Se discurre del dióxido de carbono en la atmósfera, también de las características físicas del mismo, de sus concentraciones y del impacto del mismo en el planeta Tierra. Del fenómeno El Niño, se presenta su génesis y cuando se transforma en intenso o moderado (ENOM), también se presenta un resumen de ENOM y su incidencia en las avenidas y sequías, obtenidos de diferentes fuentes de información.

Finalmente se hace una relación entre ENOM y las avenidas de carácter catastrófico que se producen en la zona de levante español, para intentar probar lo que los meteorólogos llaman teleconexión.

VARIACIONES CLIMATICAS

La organización meteorológica mundial escogió el año de 1986 para el tema: Variaciones climáticas, sequía y desertificación, de donde resulta lógico retomar la idea y enfocarlo desde el punto de vista de «Variaciones climáticas, avenidas e inundaciones», en base a que el ecosistema tierra atmósfera es un todo equilibrado, y las alteraciones significativas cuando menos en los balances de radiación, son capaces de alterar los mecanismos de la circulación general atmosférica; las consecuencias de ésta alteración pueden ser que regiones con régimen hidroclimático seco sean más secas, regiones húmedas sean secas, regiones húmedas sean más húmedas etc.; como se ha constatado con el fenómeno ENOM y su incidencia en los cam-

bios climáticos a nivel mundial y el calentamiento anómalo del Atlántico y su influencia en el clima sobre la región del Sahel oeste africano.

Estos eventos climáticos extremos, más otros que ocurren en diferentes partes del mundo han incrementado en gran medida el interés sobre el conocimiento de éstos en cuánto a sus causas y efectos, para la elaboración de modelos matemáticos de predicción.

Al hablar del clima y sus variaciones es bueno precisar acerca del intervalo cronológico a que hacemos referencia, por lo que, podemos decir que las variaciones climáticas siguen tres escalas de tiempo relevantes y son el milenio, la década y el año.

1.1. Escala de Ciclos Milenarios

A escala de ciclos milenarios se han propuesto muchas teorías, las pruebas convergen mayoritariamente en favor de una de ellas: las cau-

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de noviembre de 1988.

saron pequeñas variaciones en la inclinación del eje de la tierra y en la geometría de su órbita alrededor del sol, lo que produce variaciones en la insolación global del planeta tierra. A esta explicación se la conoce por teoría Milankovitch en honor de Milutin Milankovitch, astrónomo yugoslavo que la defendió en la primera mitad del siglo XX.

A efectos de explicar la insolación, se necesitan tres magnitudes para explicar la órbita terrestre. En primer lugar está la oblicuidad, a ángulo de inclinación del eje de la tierra respecto al plano de su órbita; la oblicuidad varía entre 22.1 y 24.5 grados con un período de unos 40.000 años, hoy es de 23.5 grados. Una segunda magnitud es la excentricidad puesto que la órbita terrestre es una elipse, mide la desviación de la órbita terrestre respecto a una circunferencia perfecta, la excentricidad de la órbita anda entre 0.005 y 0.06 aproximadamente con un período de unos 10.000 años, ésta en el momento presente es de 0.017: este factor modifica ligeramente el ciclo estacional. En tercer lugar, al girar la tierra sobre sí misma, la dirección a la cual apunta su eje sufre una lenta precesión, describiendo un círculo respecto a la referencia fija de las estrellas lejanas, el eje terrestre tarda unos 26.000 años en describir una circunferencia de precisión completa y apunta ahora hacia la estrella polar.

Cabe mencionar que los instrumentos a bordo de satélites han comenzado a suministrar información precisa del flujo de energía que la tierra recibe del sol; hasta ahora no existen indicaciones firmes de variaciones apropiadas, a largo plazo, en la producción energética del sol.

1.2. Escala de ciclos decenales y anuales.

Cuando se trata de ciclos decenales y anuales, las variaciones climáticas se encuentran en los factores naturales y/o humanos. Entre los primeros cabe citar las fluctuaciones imprevisibles en el clima a corto plazo, los fenómenos asociados a El Niño oscilación meridional (ENOM) y las anomalías climáticas relacionadas con él, un ejemplo de lo que los meteorólogos denominan teleconexión o vinculación entre sucesos ocurridos a gran distancia. Entre los posibles factores humanos que se han consi-



derado figuran el aumento del contenido del dióxido de carbono atmosférico y gases residuales radiactivos como consecuencia de la actividad humana y de la modificación del relieve terrestre.

En términos de fluctuaciones climáticas a corto plazo las inundaciones y sequías que experimentan las regiones lluviosas y áridas y semilluviosas y semiáridas, respectivamente, constituyen parte integrante de su clima «normal».

1.2.1. Fenómeno El Niño.

El fenómeno «El Niño oscilación Meridional» (ENOM), se trata de un calentamiento anómalo del agua superficial en el Pacífico ecuatorial, se produce a intervalos irregulares en conjunción con la oscilación meridional, fluctuación

ésta de gran amplitud de la presión atmosférica entre el Pacífico tropical Sudoriental y el occidental, se desarrolla durante varios meses mostrando a menudo una persistencia considerable. Este fenómeno habría permanecido en la sombra de no haberse descubierto su relación con el tiempo reinante en otras regiones, entre ellas Estados Unidos de Norteamérica, verbigracia en el episodio ENOM de 1982-83 hubo una plaga de inundaciones en California.

El Niño, ésta corriente es llamada así por los pescadores, en honor al Niño Jesús, por la aparición anual hacia navidad de agua caliente mar adentro de las costas de Ecuador y del Perú. La superficie del mar es allí mas bien fría si la comparamos con las aguas ecuatoriales típicas, se mantiene así a causa de la corriente del Perú que avanza hacia el norte y aleja de las costas el agua superficial permitiendo que el agua más fría aflore de las profundidades. El agua fresca es rica en nutrientes principalmente fosfatos y nitratos que alimentan el fitoplacton y mantiene en último término al caladero peruano de anchoas, la región pesquera más extensa del mundo. Hacia navidad una corriente cálida que avanza rumbo al Sur desplaza el agua fresca empobreciendo el afloramiento de nu-

trientes; entonces la pesca baja, aunque no mucho. El calentamiento no trasciende la zona septentrional del Perú y suele terminar en marzo o abril. Pero en algunas ocasiones El Niño llega con redoblada intensidad y se extiende allende esos límites espacios temporales citados. En vez de volver a su valor normal en marzo o abril las temperaturas se mantienen altas en la superficie del mar, suben a lo largo de la costa del Perú y en la parte central y oriental del Pacífico ecuatorial, las temperaturas se mantienen altas durante más de un año. Así fueron las apariciones correspondientes a los años 1953-54, 1957-58, 1965-66, 1972-73, 1976-77 (los años 1957-58, 1972-73, 1982-83 los episodios fueron intensos los restantes fueron moderados) y la más reciente en 1982-83 cuando la temperatura de la superficie del océano ante las costas peruanas subió más de 7 grados celsius con relación a la media.

En los círculos científicos, la expresión «ENOM» suele reservarse a esos episodios intensos, o moderados, excluyendo el calentamiento anual y bastante suave (entre 1 y 2 grados centígrados) de la superficie (ver fig. 1). La fig. 1a superior muestra la oscilación meridional y se caracteriza mediante un índice calcu-

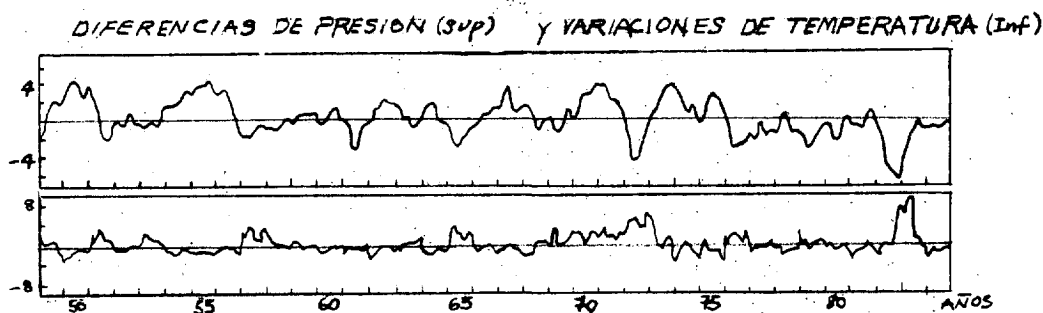


Figura 1-a.

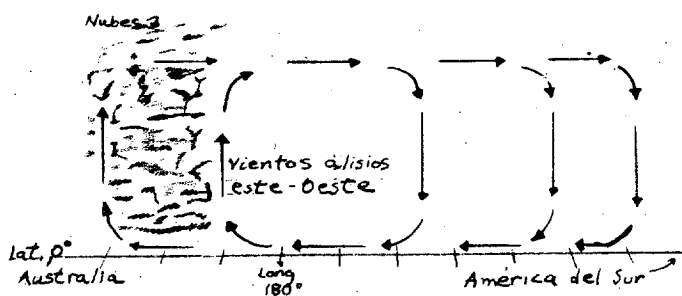


Figura 1-b.

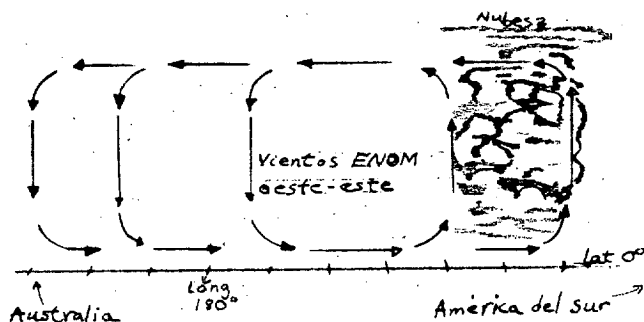


Figura 1-c.

lado, restando la presión atmosférica en la Superficie de Darwin, Australia, de la presión de la isla de Pascua. Cuando el índice es positivo, el gradiente de presión en el sentido Este-Oeste es mayor de lo normal los vientos alisios del este son fuertes, fig. 1b. Un índice negativo refleja alisios flojos, fig. 1c. El gráfico se basa en promedios mensuales de la presión en superficie suavizado estadísticamente. En la fig. 1a inferior, se muestra la desviación respecto a las temperaturas medias mensuales normales en el puerto Chicama, Perú.

1.2.2. ENOM y su relación con avenidas e inundaciones a nivel mundial.

En el año 1982-83 se registró el ENOM más importante, al menos en un siglo, el más fuerte de cuantos se han registrado en punto con la enorme elevación de temperatura superficial del océano, su extensión geográfica y su impacto social; el sistema climático mundial entró en resonancia.

En la costa del Pacífico del continente americano se desencadenaron inundaciones catastróficas; traspasando su influencia a Argentina, según la revista Comunicaciones del Comité Argentino de Grandes Presas: la crecida más devastadora hasta el día de hoy ocurrió en 1982-83 probablemente en conexión con el desplazamiento de la corriente El Niño en el Pacífico y con la consiguiente perturbación del régimen climático en el hemisferio Occidental. El caudal alcanzó 60.000 m³/s en el río Paraná medio (caudal medio es de 25.000 m³/s) con una duración de 13 meses de niveles de agua muy altos e inundaciones, estuvo sin precedentes, los daños a la agricultura, la industria y las ciudades ribereñas fueron ingentes; también el Sur de Brasil sufrió memorables inundaciones en 1983, cuando al mismo tiempo la sequía afligía al nordeste; Australia sufrió una penosa sequía. Mientras tanto sobre las Islas de la Polinesia Francesa, en la parte central del Pacífico Sur cayeron aguas torrenciales como nunca se había visto, y si en promedio se abate sobre Polinesia un ciclón tropical cada tres años, en 1983 no menos de seis ciclones produjeron estragos en las islas entre febrero y mediados de abril. España sufrió una de las más catastróficas inundaciones en la zona del levante, en las

cuencas del río Segura, Pirineo Oriental, y el río Júcar produciendo en la cuenca del último, víctimas y daños a edificios, industrias, agricultura, infraestructura, hidroeléctrica, y desmoronamiento de la presa Tous. Sobre 15.880 Km³ hubo una precipitación media de 230 mm con un volumen de 3.660 Hm³. También, como ya se mencionó antes, una plaga de inundaciones azotó California en Estados Unidos de Norteamérica.

En el año 1972-73 se inició la devastación de las pesquerías peruanas de anchoas, cayó desde un máximo de doce millones de toneladas métricas en 1970; a menos de medio millón de toneladas métricas en 1983; las islas Filipinas y California (USA), el Sur de Brasil; entre tanto, India, Unión Soviética, Nueva Gineá y Hawái sufrieron sendas sequías.

Del episodio intenso de 1957-58 no se tiene mucha información en los artículos consultados, solamente que hubo origen de actividad ciclónica en una región cerca de las islas de la Línea a una longitud aproximada de 160 grados oeste, una zona que normalmente se caracteriza por su absoluta inactividad.

En la revista Nature Vol. 310 del 23 de agosto de 1984 en el artículo Worldwide Temperature Fluctuations se menciona que en el año 1940-41 hubo un ENOM fuerte, enunciado que es reforzado por las fuertes lluvias que hubo en el sur de Brasil.

Con relación a los ENOM moderados, resulta que no hubo episodios climáticos violentos, en el de 1976-77 no hubo hechos notables en una extensión geográfica amplia más bien en 1979 una grave sequía azotó a la India y en diciembre de 1977 una imprevista, por lo extraordinaria, lluvia mensual azotó a la Isla Cantón (2.8 grados sur, 171,1 grados oeste) hechos que se produjeron en años que no hubo fenómeno intenso; en California se esperaban inundaciones, los meteorólogos quedaron desconcertados ante una sequía histórica en 1976-77.

En ENOM 1953-54: inundaciones en el sur del Brasil en 1954.

Eugene M. Rasmusson de la universidad de Maryland en College Park, establece una fuerte correlación entre los episodios El Niño y la pluviosidad en el África Sur oriental (la región

de Mozambique y Zimbabwe) donde según sus observaciones 22 de los últimos 28 episodios han coincidido con una caída de la pluviosidad. Sin embargo la correlación que establece entre los episodios de El Niño y las variaciones de pluviosidad en Etiopía, en el Sahel oeste-africano y en el Africa oriental (la región de Tanzania, Kenya y Uganda) es mucho más débil. Un análisis estadístico realizado por Tim P. Barnett de la institución Scrips de oceanografía ha comprobado que la temperatura en la superficie del Pacífico no sirve para predecir la temperatura del aire en invierno sobre la parte central de Estados Unidos de Norteamérica.

Actualmente en la Universidad de Washington se está trabajando con ENOM en las predicciones climáticas, porque se considera una anomalía climática coherente; cuando se está produciendo un fenómeno ENOM, se pueden realizar ciertas predicciones para unas pocas variables regionales seleccionadas, tales como la temperatura aire-superficie durante el invierno en el Oeste del Canadá y la precipitación en las zonas que bordean el golfo de Méjico.

1.2.2. El Dióxido de Carbono en la Atmósfera

El efecto invernadero que es producido por ciertos gases en la atmósfera, éstos no se oponen a la penetración de la radiación solar, en cambio absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra durante la noche, calentando así la atmósfera. En el efecto invernadero la molécula de agua es la que desempeña el papel principal en la reabsorción de la luz infrarroja, primero por su abundancia (de 3 a 30 veces la del CO_2) y luego por la anchura de banda de absorción que la caracteriza. (Ver fig. 2). Esta figura representa en función de la amplitud de onda las tasas de transmisión de la luz en el campo infrarrojo a través del H_2O y del CO_2 , calculadas para las concentraciones que realmente tienen en la atmósfera. El esquema 2a manifiesta que la absorción de los rayos por el vapor de agua es total (transmisión nula) por debajo de 600 cm^2 y por encima de 1.300 cm^2 quedando la «ventana» dentro de ese rango: El esquema 2b manifiesta que la absorción del CO_2 es total entre 600 y 740 cm^2 , precisamente en el interior de la ventana que el vapor de agua deja libre.

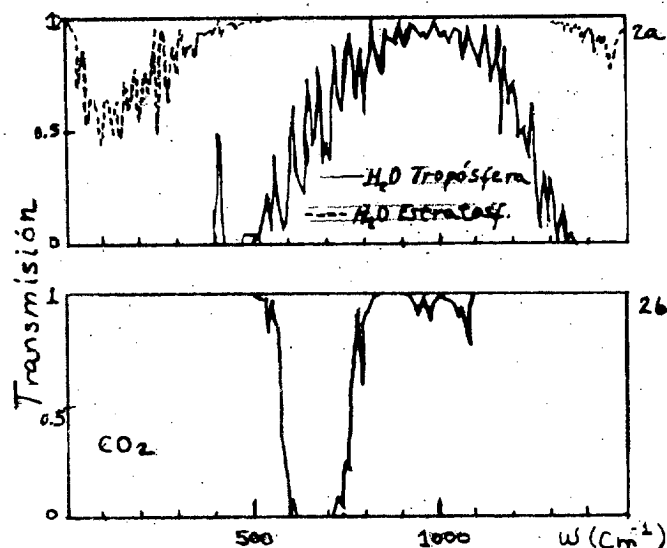


Figura 2.

Hasta tal punto es así, que un aumento del contenido de la atmósfera en vapor de agua no incrementaría sensiblemente esta absorción (se dice que hay saturación). De otra parte un aumento del contenido del vapor de agua está limitado por la propiedad del vapor del agua de condensarse y volver al suelo en cuanto alcanza la presión de vapor saturante. Así pues no hay que esperar variaciones importantes por lo que a ésta molécula se refiere. No obstante, un aumento de la humedad del aire incrementaría la nubosidad y actuaría sobre el poder reflector de la tierra (albedo). Por el contrario, los compuestos carbonados como el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) poseen unas bandas de absorción de la luz infrarroja situadas precisamente en la «ventana» que el H_2O deja libre, un aumento de su concentración atmosférica repercute directamente en el calentamiento radiactivo del aire. Vemos que la utilización intensiva del combustible, es decir la transformación exotérmica de carbono (c) calienta dos veces la atmósfera: una vez directamente y otra reabsorbiendo en mayor medida la radiación infrarroja del suelo.

1.2.2.1. Las Concentraciones de dióxido de carbono seguidas minuto a minuto.

Desde el siglo XIX, el inicio de la era industrial caracterizada por la deforestación y la utilización del carbón, ha inquietado a los científicos que han entrevisto el riesgo de un incre-

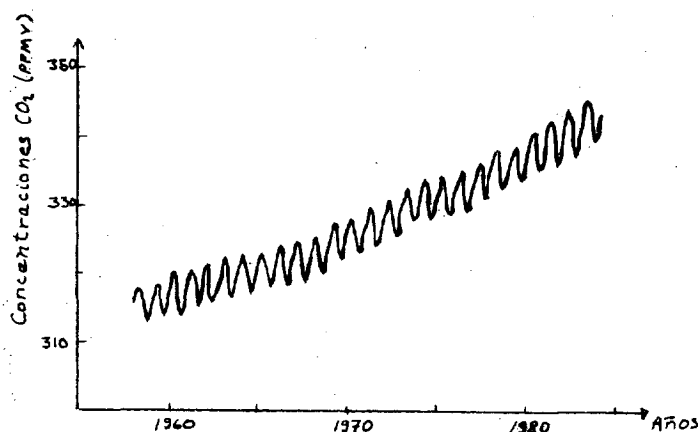


Figura 3.

mento del CO₂ atmosférico y de sus consecuencias climáticas. Charles D. Keeling geoquímico de la Scrips Institution of Oceanography de la Jolla (California) creó un registrador muy eficaz de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Actualmente se puede seguir minuto a minuto variaciones del 0.1 ppmv en torno a un valor medio del orden de 345 ppmv. Con la ayuda del año geofísico internacional se obtuvieron los medios materiales necesarios para instalar una estación en el Monte Mauna Loa en la gran Isla de Hawai, a unos 3.397 metros de altura. El resultado de las mediciones es espectacular.

El registro de la concentración media mensual del observatorio de Mauna Loa desde 1958 hasta 1983 muestra no solo la existencia de un efecto estacional cuya amplitud es del orden de 6 a 7 ppmv, con un máximo en mayo con un mínimo en septiembre, sino también un crecimiento continuo que ha hecho pasar el CO₂ de 315 ppmv a 343 ppmv en veinticinco años, es decir, algo más que 1 ppmv por año (ver fig. 3). Se ha acumulado así en la atmósfera una masa de doscientas diez mil millones de toneladas de CO₂.

Tal cantidad de CO₂ procede de las utilizaciones domésticas e industriales del carbón y del petróleo, sin olvidar el gas natural y el desprendimiento del CO₂ ligado a la fabricación del cemento, representan una cantidad de CO₂ de unos veinte mil millones de toneladas anuales. Esta inyección acumulada durante veinticuatro años supone quinientos mil millones de tone-

ladas de los que en el aire solo queda aproximadamente un 40 por 100. Resulta así que los depósitos de carbono, la vegetación y el agua de mar han sido capaces de absorber la diferencia.

1.2.2.2. Impacto del Dióxido de Carbono en la atmósfera.

Con relación a las fluctuaciones climáticas, a corto y medio plazo iniciado a partir de la segunda mitad del siglo XIX, se la atribuye fundamentalmente al aumento del contenido del dióxido de carbono atmosférico y otros gases residuales, poniendo fin a la pequeña era glacial iniciada en el siglo XVI. En efecto se sabe que la temperatura media del aire, que es la más comunmente usada para medir el estado del sistema climático, ha aumentado según la serie de datos, desde 1816 hasta 1984, analizados y corregidos por P.B. Wright etc. al, los resultados demuestran una pequeña tendencia en el siglo XIX, un marcado calentamiento hasta 1940, alcanzando hasta esta fecha un incremento de aproximadamente medio grado centígrado, después se mantuvo en condiciones relativamente constantes hasta mediados de los años de 1970 y un subsecuente rápido calentamiento hasta 1984 de aproximadamente un quinto de grado centígrado: la respuesta a este calentamiento es que, a partir de la segunda mitad del siglo XIX los grandes glaciales de los Alpes comenzaron a fundirse, también es interesante citar unas recientes observaciones hechas en el norte de Alaska en el techo del permafrost (suelo permanentemente helado) ha descendido, según los lugares entre 0,2 a 2 metros lo que parece indicar un cambio positivo de 2° C o más en el balance término en la superficie del suelo; cabe mencionar que en Noruega en agosto del presente año se celebra la V Conferencia sobre el permafrost. Debido a lo antes expuesto, se ha restituido agua a los océanos, aumentando el nivel medio del mar aproximadamente unos 15 centímetros de los cuales 5 centímetros se le atribuyen a la expansión térmica debido al aumento de temperatura de la parte superior de los océanos.

1.2.3. Modificación del relieve terrestre.

La segunda actividad humana preocupante es la modificación de los suelos por efecto de la

deforestación, la sobreexplotación de los pastos y la desertización, así como a través de la tala de los árboles para hacer fuego y para la construcción. Estas actividades pueden aumentar el albedo de la superficie terrestre, esto es la tendencia a reflejar la luz solar, que está en función del tipo de geología. Por ejemplo, las variaciones de la temperatura fuera de lo normal en la parte tropical meridional del Atlántico sobre todo en el Golfo Guinea ha tendido a favorecer las condiciones de sequía en el Sahel oesteaficano como también al este del Brasil, como consecuencia de las alteraciones registradas en la circulación atmosférica y en el transporte de humedad de los trópicos, probablemente debido a la presencia de un albedo fuerte en la zona noroeste de Brasil (semidesértico, con rocas muy refractarias) y a un albedo moderado en la zona del Oeste de Africa coadyuvado por el dióxido de carbono atmosférico. Cabe mencionar que en el Africa occidental han descendido notablemente desde la década de los sesenta los caudales de los ríos Niger, Chari y Senegal.

1.3. Relación variaciones de Temperatura-ENOM

En el gráfico de la figura 4 ha sido suavizado usando técnicas del filtro gaussiano, representa las variaciones de la temperatura media anual basado en datos de la temperatura superficial del mar desde 1861-1984 del hemisferio sur, en el cual se han marcado los «El Niño intensos» de los cuáles se tiene certeza de haber ocurrido, notándose que en los máximos relativos de las fechas 1940-41, 1957-58, 1972-73.

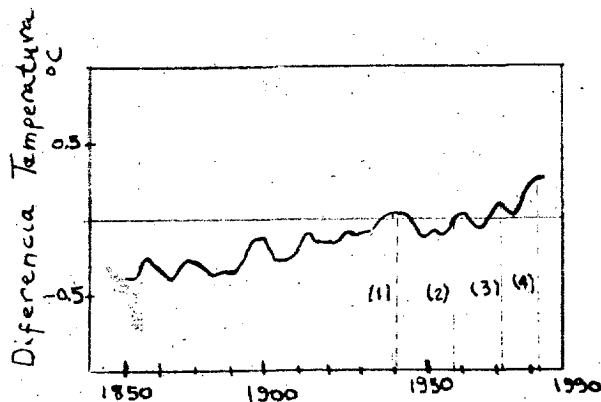


Figura 4.

1982-83, han coincidido con la presencia del fenómeno ENOM Intenso de donde se deduce la relación entre las variaciones máximas de temperatura y ENOM. Se observa en el gráfico que durante cada ENOM intenso la temperatura media anual de la superficie del mar llega a un máximo, entrando por consiguiente el sistema climático en resonancia, siendo la mayor en 1982-83, para después descender a un mínimo, de donde se infiere que ENOM es probablemente un disipador de energía climático.

Es recomendable seguirle la pista a estas variaciones de temperatura, pues al tener pendiente positiva es un indicador de que está fraguando un nuevo ENOM.

ENOM 1957-58 no coincide exactamente con el máximo relativo debido al suavizado de la curva.

1.4. Predicciones Climáticas

En las predicciones sobre las consecuencias climáticas a corto y medio plazo del aumento del contenido del CO₂ atmosférico y otros gases radiactivos, numerosos organismos norteamericanos, especialmente la Academia Nacional de Ciencias y la Agencia para la protección del Medio Ambiente iniciaron estudios prospectivos, a pesar de que las conclusiones de los informes que han publicado son divergentes, también presentan puntos de general acuerdo. Se piensa que no siendo previsible en un futuro próximo la sustitución de los combustibles fósiles por otras fuentes de energía, el contenido actual del CO₂ en la atmósfera probablemente se habrá doblado a mediados del siglo XXI. En estas condiciones la mayoría de los modelos climáticos pronostican un aumento medio de la temperatura media en la superficie de la tierra de aproximadamente 3 ± 1.5 grados Celsius con un calentamiento más acusado hacia los polos que hacia los trópicos.

2. RELACION ENTRE ENOM Y AVENIDAS E INUNDACIONES EN LA ZONA DEL LEVANTE ESPAÑOL

Como se dijo anteriormente, el fenómeno El Niño ha sido clasificado en tres formas: normal, moderado e intenso. En sus formas moderado e intenso es cuando produce perturbaciones en

el sistema climático mundial, pero las más fuertes las produce cuando se presente a nivel intenso.

En realidad, se tienen datos fidedignos desde 1949 hasta 1984, de los Niños moderados e intensos que han ocurrido dentro de ese dominio de tiempo del Niño anteriores han sido incorporados de series estadísticas detalladas ó mapas compuestos de anomalías durante 1895 a 1948 por lo que puede haber algún desfase en el tiempo de ocurrencia; se han contabilizado 18 ENOM desde 1895 hasta 1984. Con relación a las avenidas e inundaciones que han ocurrido en la zona del Levante Español se han seleccionado las catastróficas (es decir aquellas en que su cauce principal ha sido desbordado con los consecuentes daños que produce) se han eliminado aquellos que han sucedido en los tributarios del cauce principal, por las mismas condiciones que presenta la geomorfología de la cuenca. En este análisis se han tomado la cuenca del Júcar y del Segura, las más afectadas en avenidas e inundaciones. Las avenidas e inundaciones que se han tomado en consideración son las que están dentro del tiempo de ENOM que se tiene información, es decir desde 1895 hasta 1982.

2.1. Relación ENOM-Avenidas e inundación del Júcar.

De la tabla 1 realizada se desprende que, de los episodios intensos (4) de los cuales se tiene certeza de haber ocurrido, es probable que haya relación con las inundaciones de la cuenca del Júcar, por ejemplo: El Niño 1982-83 coincide con la avenida del 1982 en la cuenca del Júcar: El Niño 1972-73 no coincide por un año con la avenida e inundación de 1971, pero el fenómeno intenso es latente ese mismo año; El Niño 1957-58 coincide con la avenida e inundación de la cuenca ese año; El Niño 1940-41 también coincide con la avenida e inundación en la misma, aunque las fuentes de información no especifican si hubo daños, cabe resaltar que también el Turia fue crecido en el mismo mes y año. Los episodios intensos tienen una incidencia en avenidas e inundaciones de 100 por 100.

De las 15 inundaciones catastróficas que han ocurrido, desde 1985 hasta 1986, 6 han coincidido con «El Niño» intenso ó moderado: es de hacer notar que una parte de las inundaciones que no han coincidido con El Niño intenso ó moderado, ocurren un año antes ó después de la presencia de este, siendo un total de 5; probablemente debido a la considerable persistencia que presenta ENOM. Se puede apreciar que la probable incidencia de éste fenómeno sobre las avenidas de la cuenca del Júcar es aproximadamente de 73 por 100.



VARIACIONES CLIMATICAS. AVENIDAS E INUNDACIONES

TABLA I

CUENCA EL JUCAR				EL NIÑO		
AÑO	MES	RIO	DAÑOS Y OBSERVACIONES	AÑO	FORMA	OBSERVACIONES
1982	Octubre	Júcar y todos sus afluentes	Víctimas. Edificios. Industrias. Infraestructura. Desmoronamiento presa de Tous. Centrales Hidrolec.	1982-83	Intenso	El más fuerte de todos. Sistema climático en resonancia.
1971	Octubre	Júcar y todos sus afluentes incluso cuenca alta.	Edificios. Industrias. Agrícolas. Infraestructura.	1972-73	Intenso	Comienza a presentarse en 1971, dominan las presiones en Darwin, Australia.
1967	Octubre	Turia y Rambla castellana. Mijares.	Víctimas. Agrícolas. Infraestructura.	1965-66		
1963	Septiembre	Júcar y otros.	Edificios. Industriales. Agrícolas. Infraestructura.			En el gráfico domina la presión atmosférica de Darwin, Australia.
1957	Octubre	Turia.	Víctimas. Edificios. Industrias. Agrícolas. Infraestructura. Daños elevadísimos en toda el área cuenca alta.	1957-58	Intenso	
1949	Septiembre	Turia y otros.	Víctima. Edificios. Industrias. Agrícolas. Infraestructura.			En el gráfico domina la presión atmosférica de Darwin, Australia.
1941	Enero	Júcar.	Sin especificar daños, no se sabe se los hubo. También fue crecido el río Turia.	1940-41	Intenso	Reforzado por varios investigadores.
1924		Júcar.	Sin especificar daños.			Ocurre. El Niño Intenso o moderado en 1926
1923	Octubre	Júcar y otros.	Víctimas. Edificios. Industrias. Agrícolas. Infraestructura.			
1920	Noviembre	Júcar.	Edificios. Industrias. Agrícolas. Infraestructura.	1919		
1919	Septiembre	Júcar y San Blas.	Víctimas. Edificios. Agrícolas. Infraestructura.	1919	Moderado o Intenso	
1916	Noviembre	Júcar.	Sin especificar daños.	1915	Moderado o Intenso	
1898		Júcar.	Sin especificar daños.	1987		
1897	Noviembre	Turia y Júcar.	Víctimas. Edificios. Agrícolas. Infraestructura.	1987	Moderado o Intenso	
1896		Júcar.	Sin especificar daños.	1897		

2.2 Relación ENOM Avenidas e inundaciones del Segura.

De la tabla realizada, (2*) comparando los episodios que han ocurrido simultáneamente es decir El Niño intenso versus Avenidas se desprende que la inundación de 1982 en la cuen-

ca del Segura coincide con El Niño intenso de 1982-83; las inundaciones de 1972 y 1973 coinciden con El Niño 1972-73; los episodios intensos de El Niño 1940-41 y 1957-58 coinciden con inundaciones en algunos tributarias al Segura la primera fue más dañina que la segunda.

De las 34 inundaciones que se han considerado catastróficas en la cuenca del Segura desde 1895 hasta 1982, 11 han coincidido con El

(*) Esta por ser un poco grande no aparece, en caso de querer tener información de ella, puede solicitarse a la Escuela de Caminos Cátedra de Obras Hidráulicas.

Niño intenso o moderado, se nota que 10 de las inundaciones que no han coincidido con éste fenómeno ocurren un año antes ó después de la aparición de éste; probablemente debido a la persistencia considerable que presenta ENOM. La probable incidencia de ENOM sobre las avenidas de la cuenca del Segura anda por un 62 por 100.

3. CONCLUSIONES

Los incrementos de varios grados centígrados en la atmósfera significan catástrofes climáticas, como se observó en la estrecha relación que existe entre variaciones de temperatura, el fenómeno El Niño intenso y las avenidas e inundaciones.

El fenómeno ENOM por ser una anomalía climática coherente, es interesante conocerlo más de cerca, pues muchos de los países que padecen su influencia pueden tener soluciones con problemas relacionados con la hidrología, en especial con el cálculo, laminación y previsión de avenidas, diseño y construcción de presas, regulación de embalses como también con el impacto ambiental.

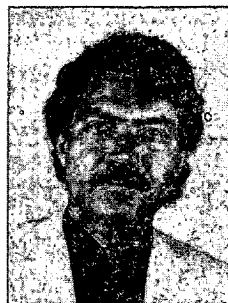
ENOM probablemente es un coadyuvante de la gota fría, pues tiene una buena relación con las avenidas e inundaciones de las cuencas del río Júcar y Segura que ocurren durante la estación de otoño; por lo que se recomienda hacer una investigación a fondo de comportamiento resultante del mecanismo de circulación atmosférica antes, durante y después de un ENOM, desde el Pacífico Occidental hacia Asia, Europa y el Mar Mediterráneo con la ayuda de los satélites meteorológicos, extender el análisis a todas las cuencas mediterraneas en conjunto tomando como datos las precipitaciones.

REFERENCIAS

1. ALBERTO LINES ESCARDO.: Sequía, variación climática y desertificación. Instituto Nacional de Meteorología, publicación Serie A-n.º 116. Madrid, 1986.

2. P. D. JONES ET. AL.: Global Temperatute Variations Between 1861 y 1984. Nature vol. 322, 31 july 1986.
3. ALEJANDRO DANILEUSKY.: Desarrollo de la cuenca hidrográfica del Rio de la Plata. Comunicaciones del Comité Argentino de Grandes Presas, junio 1985.
4. W. C. WANG ET AL.: Greenhouse Effects Due to Man-Made Perturbations of trace gases. Science, vol. 194, 12 nov. 1976.
5. GERARD LAMBERT: El Dióxido de Carbono en la Atmósfera. La Recherche, versión en castellano, n.º 72 septiembre 1987.
6. COLIN S. RAMAGE. EL NIÑO.: Scientific American, versión en castellano, número 119, agosto 1986.
7. MICHAEL H. GLANTZ.: Sequia en Africa, Scientific American, versión en castellano, número 131, agosto 1987.
8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE AGUAS DE ENERGIA ELECTRICA.: O Vector Regional e as Fluctuações climáticas. Informativo Técnico n.º 7 D.C.R.H., Brasil 1986.
9. J. IMBRIE Y A. BERGER, MITANKOVITCH AND CLIMATE CHANG: Elsevier Science publishing co., Inc. 1984.
10. COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL: Estudio de Inundaciones Históricas cuenca del Júcar. Comisión Técnica de inundaciones, 3 tomos, diciembre 1983.
11. COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL: Estudio de Inundaciones Históricas Cuenca del Segura, Comisión técnica de protección civil, 3 tomos, diciembre 1983.
12. ROLAND PASKOFF: Las variaciones del nivel del mar. La Recherche, versión en castellano. n.º 74 noviembre 1987.
13. WILLIAM A. SPRIGG ET. AL.: Summary of climate Prediction Workshop. Boston, Massachusetts, 5-6 septiembre 1984.
14. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA: Precipitaciones Torrenciales de otoño en el Area Mediterránea: Algunos criterios de Análisis, Diagnosis y Predicción. IN.N.M., España 1987.

Carlos Perdomo Mejía



Ingeniero Civil, Académico de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, desde 1978 trabaja en el SANAA (Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillas), Tegucigalpa D.C., realizando trabajos de Hidrología, Hidrogeología y diseño y construcción de obras Hidráulicas de infraestructura. Actualmente realiza es-

tudios de Doctorado en la E.T.S. de Ingenieros de C.C.P. de la U.P.M.