

# LAS FLUCTUACIONES DEL NIVEL DEL LAGO CHAD Y LA TEMPERATURA DEL AGUA EN EL ATLÁNTICO SUR

Por S.E. ABOSSOLO\*

La creación y perfeccionamiento de los métodos de pronóstico estacional del tiempo y de la predicción climática en las regiones tropicales son de gran importancia científica y socioeconómica hoy día.

En su discurso, presentado en el Instituto Estatal Ruso de Hidrometeorología, el autor comparó las mediciones multianuales de humedad en África Central con los índices del estado de la circulación atmosférica y con la temperatura del agua del mar en las zonas meridionales y tropicales del océano Atlántico y con algunos otros predictandos [5]. Las series a largo plazo de los datos del nivel del lago Chad en el período 1851-1972 [7] fueron tenidos como la característica principal del régimen de humedad.

El lago Chad, situado en África Central, es una masa de agua cuya situación caracteriza de forma segura el régimen de humedad sobre una parte importante del continente. Este lago interior de agua dulce, con una elevación de casi 280 m sobre el nivel del mar, cubre una zona de 170 km de norte a sur y de 120 km de este a oeste. Su profundidad media es de sólo 2 m y la parte más profunda, de 4 a 11 m, se encuentra en el noroeste.

Las fluctuaciones del nivel del lago Chad reflejan las características del régimen de humedad en la región del África Central. Sin embargo, la información paleogeográfica revela cambios importantes en el clima africano y debe considerarse el hecho de que el lago haya tenido el triple de su superficie actual (hasta 600 000 km<sup>2</sup>) en los últimos 12 000 años. En los trabajos realizados por diversos y renombrados climatólogos se considera que existe cierta relación entre los cambios en los regímenes térmicos y de humedad en el hemisferio norte con el incremento antropogénico de los gases de efecto invernadero. Algunos creen que, durante los períodos de calentamiento, el contraste térmico entre las regiones polares y los trópicos está algo debilitado y, por lo tanto, la circulación zonal y la actividad ciclónica son menos intensas. El incre-

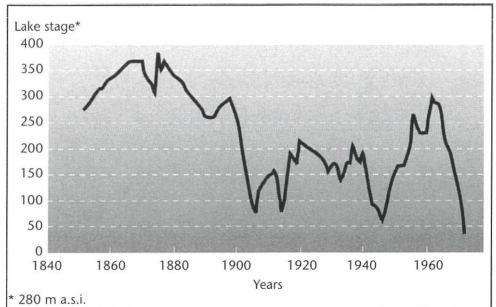


Figura 1 — Tendencia anual del nivel del lago Chad (1851-1972)

mento de la temperatura del aire y de la zona acuática estarán acompañados de una mayor evaporación, nubosidad y precipitación, mientras que un incremento en la nubosidad irá acompañada de una menor insolación, reduciendo el efecto invernadero.

Deben compararse los cambios en el régimen de humedad en escalas del orden de decenas o cientos de miles de años con las conclusiones de las hipótesis astronómicas de Milankovich sobre los cambios en las condiciones de la insolación en el hemisferio norte bajo la influencia de fluctuaciones periódicas en la inclinación y precesión del eje terrestre y en la excentricidad de la órbita de la Tierra.

Para seleccionar los predictandos potenciales, se utilizaron índices fiables cuantificables y diagnosticables del estado del océano (índice del estado térmico del agua en las zonas tropicales y meridionales del Atlántico).

TABLA I  
Comparación de los valores medios en 20 años del nivel del lago Chad ( $h_{av}$ ) y del índice de temperatura superficial del agua del mar ( $I_{SST}$ )

Período	$h_{av}$ en 20 años	$I_{SST}$ en 20 años
1851-1870	331,1	-5,63
1871-1890	322,5	-5,39
1891-1910	205,9	-3,88
1911-1930	164,8	-0,31
1931-1950	134,1	0,44
1951-1970	211,8	-1,39
1971-1985	-----	2,62

\* Instituto Estatal Ruso de Hidrometeorología, San Petersburgo, Federación Rusa

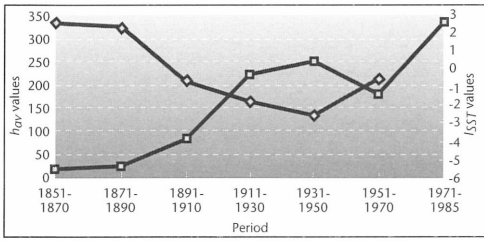


Figura 2 — Distribución de los valores medios en 20 años del nivel del lago Chad ( $h$ ) y del índice ( $I_{SST}$ ) de temperatura superficial del agua del mar

Las series cronológicas de datos sobre el nivel anual del lago Chad ( $h$ ) utilizadas cubren el período de 1851 a 1972. Los cambios interanuales del nivel están caracterizados por un mínimo en diciembre-enero y un máximo en junio-agosto. Por desgracia, la escala del impacto de las extracciones de agua para las actividades agrícolas desde 1972, hace difícil utilizar el nivel medio anual del lago en el análisis de las condiciones multianuales del régimen de humedad en la zona considerada. Sin duda, los cambios de nivel,  $h$ , incluyen períodos de transgresiones y regresiones multianuales.

La figura 1 es un gráfico de los valores anuales del nivel del lago Chad durante 122 años, que revela la existencia de períodos de 10 a 15 años durante los cuales se observaron cambios con transgresiones o regresiones del nivel. En su conjunto, la tendencia del nivel del lago es regresiva.

Lo mejor para comparar los valores del nivel del lago Chad con predictandos potenciales, es extraer ciertas series y efectuar una evaluación estadística de su frecuencia.

En el presente trabajo, extrajimos cinco series equiprobables (esto es, cada una el 20% de todos los casos), lo que significaba que la incertidumbre del pronóstico estaba caracterizada por una entropía estadística de 2,32 bit:

$$E_k = \sum_{i=1}^5 P_i \ln P_i$$

donde  $P_i$  es la probabilidad de las cinco gradaciones posibles del sistema. Podemos, así juzgar la relación pronosticada mediante la entropía reducida ( $\Delta E = E - E_k$ ).

La temperatura superficial del agua del mar (TSM) en amplias áreas de los océanos es, sin duda, una característica importante de los procesos térmicos y dinámicos en la interacción aire-océano. Un área oceánica amplia con valores altos de temperatura del agua en las zonas tropicales, es la fuente más potente de calor latente y sensible a la atmósfera, este último el principal "calentador". Es precisamente el calor y la humedad del aire que penetra en África lo que forma las características principales del régimen de humedad del continente. Los sistemas de circulación de algunas estaciones crean un clima monzónico en varias partes de África. De acuerdo con Parker y otros, el calentamiento del agua en la parte tropical del Atlántico Sur conduce a un tiempo seco en la región del Sahel durante la estación lluviosa [1]. Es prometedora una comparación adicional de las características del océano (índice de la TSM en las zonas tropicales y meridionales del Atlántico) con el nivel del lago Chad.

Los resultados obtenidos mediante el estudio de las relaciones entre la TSM en el Atlántico Sur y el nivel del lago Chad, muestra que los valores medios de 20 años tienen una tendencia contraria pronunciada (véase la figura 2 y la tabla I, además de las curvas integrales de la figura 3).

Se hizo una comparación del índice TSM (cinco series) con la frecuencia de cinco series de los valores anuales del nivel del lago Chad. En los años con aguas "cálidas" en el Atlántico, el nivel del lago fue más alto en ocho casos y más bajo en 22 (véase la ta-

TABLA II  
Comparación de las series del nivel del lago Chad y de la TSM en el Atlántico ( $T_w$ )

$T_w$ \ $h$	$Evh$ y $vh$	$h$	$Ehh$ y $hh$	$\Sigma$
$Evh$ y $vh$	8	12	22	42
$h$	11	3	11	25
$Ehh$ y $hh$	36	3	13	52
$\Sigma$	55	18	46	119

bla II). Valores próximos a los normales se produjeron 12 veces con agua "cálida" y tres veces con agua "fría".

La mayoría de los valores bajos de nivel (en 22 años) se produjeron con agua "cálida" y, en 13 años, con agua "fría". Esta comparación, que se puede ver a escala de decenios, se revela como una tendencia (véase la tabla II y la figura 3).

Las valoraciones de los resultados de la comparación utilizando el criterio de Pearson ofrece el valor  $c^2=26,2$  con cuatro grados de libertad, que corresponde a una probabilidad de ocurrencia aleatoria del 0,001. El coeficiente de correlación es  $r=0,38 \pm 0,08$ .

## Resumen

El Atlántico Sur tuvo una influencia considerable en el nivel del lago Chad durante el período en cuestión, y esta unión debe ser un indicador clave en el pronóstico del nivel. Esto confirma la opinión de Parker y otros [1] de que hay una relación entre la TSM y el incremento de precipitación en las latitudes medias y tropicales. Sin embargo, debe estudiarse con más detalle y con una resolución espacial y temporal más alta la relación entre la temperatura del agua del mar en el Atlántico y la precipitación sobre el continente africano, para así crear métodos para el pronóstico estacional y anual de humedad en África Central y, posiblemente, Occidental.

## Referencias

- [1] PARKER, B.E., C.K. FOLLAND y T.N. PALMER, 1986: Sahel rainfall and worldwide sea temperature, 1901-1985. *Nature*, **320**, 607-620.
- [2] KONDRATYEV, K.Y., 1981: *SST as a climate-forming factor*. (In Russian) All-Russian Research Institute for Hydrometeorological Information (VNIIGMI)—

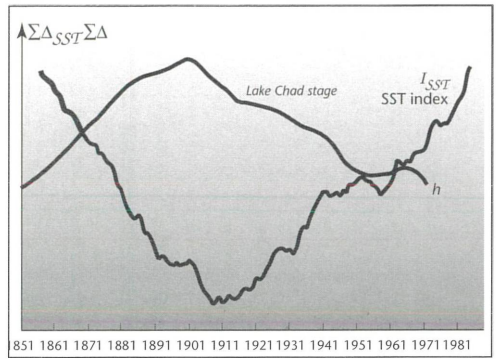


Figura 3 — Curvas integrales del nivel del lago Chad ( $\Sigma\Delta h$ ) y del índice de temperatura superficial del agua ( $\Sigma\Delta_{SST}$ )

World Data Centre (WDC), Obninsk, 222 pp.

- [3] ALISOV, B.P., I.A. BERLIN y B.M. MIKHEL, 1954: *Climatology course*. (In Russian) Part 3. Gidrometeoizdat, Leningrad, 320 pp.
- [4] WRIGHT, P.R., 1980: An approach to modeling climate based on feedback relationships. *Climatic Change*, Vol. 2, No. 3, New York, 223-298.
- [5] ABOSSOLO, S.A., 1997: *Factors in the formation of multiannual and interannual changes in Lake Chad stage*. (In Russian) Dissertation at the Russian State Hydrometeorological Institute (RGGMI), St. Petersburg.
- [6] KONDRATYEV, K.Y., 1978: Long-range hydrometeorological forecasts in the North Atlantic. (In Russian) Gidrometeoizdat, Leningrad.
- [7] Data supplied by the Global Runoff Data Centre at the Federal Institute of Hydrology, Koblenz, Germany.

□

