MECANISMOS DEL FENOMENO ENSO
(EL NIÑO OSCILACION DEL SUR)

SEMINARIO A CARGO DE:
PEDRO ENRIQUE BOLETTA
MARÍA L. JUAREZ DE MOYA

(Requisito: Curso de Fundamentos de Meteorología, 1996)
Magíster en Ciencias Agropecuarias, Mención Agrometeorología. Esc. Para Graduados, Fac. de Ciencias Agropecuarias- Univ. Nac. de Córdoba.

Consideraciones generales

a) Orígen de *El Niño*:

El Niño se refiere históricamente al calentamiento masivo de las aguas costeras de Perú y Ecuador. Está acompañado de lluvias torrenciales, que a menudo dan por resultado inundaciones catastróficas, gran mortalidad de peces y aves productoras de guano, además de daños en la economía local. Los eventos de *El Niño* se encuentran documentados desde 1726 (QUIN Y NEAL, 1978) y hay evidencias que indican ocurrencias de por lo menos mil años antes (QUIN, ET AL., 1987).

La corriente fría de Humboldt serpentea hacia el Norte a lo largo de la costa de Sudamérica desde el Sur de Chile hacia el Ecuador. Al principio los oceanógrafos la atribuyeron al ascenso de agua fría desde el fondo del mar, determinando temperaturas más bajas en la superficie del mismo, a lo largo de la costa de Perú. Sin embargo, próximo a finalizar cada año tiene lugar un calentamiento estacional como un flujo de corriente costera hacia el Sur, a medida que se desarrolla la corriente principal del Perú. Hace siglos, los pescadores locales denominaron a esta corriente de ***El Niño***, a causa de su aparición alrededor de la Navidad.

Los residentes del lugar observaron también que este calentamiento oceánico anual difería de un año a otro, y que se presentaba inusualmente en forma intensa, con cierta periodicidad. Con el tiempo, el término *El Niño* se tomó más estrechamente con estos calentamientos intensos ocasionales, que con el calentamiento anual más típico.

b) Qué es el ENSO?

Hasta la mitad del siglo XX, se conocía poco acerca de sus condiciones durante los años de ***El Niño*** sobre una vasta extensión del Océano Pacífico al Oeste de Perú. Los climatólogos no tenían sustento para demostrar que el calentamiento costero de ***El Niño*** no era sino una característica local de variabilidad climática. El evento clave que drásticamente cambió este cuadro ocurrió en 1957/58, el cual por suerte, fue un período especial donde se resaltaron las observaciones del Océano y la Atmósfera durante el **Año Geofísico Internacional**. Las nuevas observaciones revelaron un marcado e inesperado calentamiento Oceánico durante 1957/58 que se extendía hacia el Oeste desde la costa de Sudamérica a través de gran parte del Océano Pacífico Ecuatorial, más de una cuarta parte de la distancia alrededor del globo.

El calentamiento inesperado de 1957/58 captó la atención de un distinguido meteorólogo de la Universidad de California en Los Angeles (UCLA), llamado Jacob Bjerknes, quien como un joven científico trabajando con su padre en Noruega había hecho grandes contribuciones para la comprensión moderna del comportamiento de los sistemas del **Tiempo en Latitudes Templadas**. El estudio meticuloso del calentamiento del Océano Pacífico Tropical de 1957/58 y dos calentamientos posteriores en 1963 y 1965, sirvieron de evidencia para que el Profesor Bjerknes interpretara que el calentamiento y enfriamiento alternado de la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico Ecuatorial del Este y Central era una característica recurrente de variabilidad climática, y, más aún, que esos calentamientos del Océano Pacífico a gran escala generalmente coincidían con los eventos de ***El Niño*** costero. Nuevas observaciones de los satélites meteorológicos, el primero de los cuales fue puesto en órbita en 1960, junto con las observaciones de los barcos mercantes mostraron que los patrones (modelos) de cambios de la temperatura de la superficie del mar estaban acompañadas por grandes desvíos en el régimen de lluvias del Océano Pacífico Tropical e incluyen cambios en gran escala en la **Circulación Atmosférica**.

En un estudio posterior, se puso en evidencia para el Prof. Bjerknes que las variaciones de la temperatura en la superficie del mar del Océano Pacífico Tropical estaban íntimamente vinculadas a las anomalías climáticas del patrón global que había sido descubierta casi medio siglo antes por un meteorólogo Británico, Sir Gilbert Walker, mientras él estaba investigando un método para pronosticar año a año, las variaciones en las lluvias monzónicas en la India.

La característica más significativa de esta oscilación atmosférica, a la que Walker denominó la **Oscilación del Sur**, es una lenta oscilación o vaivén de la presión atmosférica en la superficie del mar entre el Océano Indico y el Océano Pacífico Tropical Central. La vinculación de los calentamientos costeros cerca de Perú con los calentamientos a una escala mucho más grande sobre el Océano Pacífico Ecuatorial y la vinculación de las variaciones de la temperatura en la superficie del mar en el Océano Pacífico Tropical a la Oscilación del Sur de Walker significaron que los calentamientos superficiales eran simplemente aspectos regionales de oscilaciones climáticas mucho más grandes que involucraban tanto a la **Atmósfera** como al **Océano**. Este patrón global de variabilidad se llama ahora el ciclo de *El Niño*/Oscilación del Sur (ENSO). Con esta nueva comprensión del alcance global del ciclo del ENSO, el término *El Niño*, aplicado primero a la corriente caliente anual de la costa de Perú y más tarde a los fuertes calentamientos ocasionales en el área, se usa ahora en un sentido global, para denominar a las fases calientes del ciclo del ENSO. El término La Niña ("*little girl*") se usa algunas veces para identificar la fase fría.

c) EL ENSO como un sistema acoplado:

El patrón más dramático, más energético y mejor definido de la variabilidad interanual es el juego global de las anomalías climáticas referidas como ENSO, una abreviatura de su componente oceánica, *El Niño* y su componente atmosférica la Oscilación del Sur. Presentándose irregularmente, pero en promedio alrededor de cada cuatro (4) años. Eventos de calentamiento ENSO afectan directamente el clima de más de la mitad del planeta, provocando a menudo problemas muy grande en la vida humana y en la economía.

Las consecuencias desvastadoras del evento caliente ENSO del 1982/83, el más extremo por lo menos del siglo, están gráficamente ilustrados en Canby (1984). En Australia la peor sequía jamás registrada provocó tormentas de fuego que incineraron ciudades enteras. La misma condiciones de sequía resultaron en la quema de miles de hectáreas de Bosques Húmedos en Borneo. También hubo sequías severas en la región Nordeste de Brasil (Caatinga), en Sahel y en Sudáfrica. Regiones normalmente áridas del Perú y Ecuador fueron inundadas por más de 3 m de agua, provocando grandes pérdidas de vida y la destrucción de la infraestructura de transporte. Cambios drásticos en el Océano Pacífico Tropical dieron por resultado mortalidad masiva de peces y aves marinas. En total se cuantificaron daños por 8 mil millones de dólares y la pérdida de dos mil vidas, que ha sido atribuída al evento ENSO 1982/83.

Mientras las consecuencias de los eventos calientes habían sido apreciadas desde tiempo atrás, concientemente la importancia de los extremos fríos de los ciclos ENSO, se desarrolló más recientemente. La vinculación del evento frío de 1988 con la sequía que sufrió Norteamérica (TRENBERTH, ET AL. 1988); y la que se produjo también en gran parte de la región Central y Noroeste de la Rep. Argentina en el mismo período, fue una de las consecuencias globales (CF. ROPELEWSKI Y HALPERT, 1987).

La componente atmosférica del ENSO, la oscilación del Sur, es un descubrimiento más reciente; aunque el término algunas veces se usa para referirse al complejo global de las variaciones climáticas. La oscilación del Sur es específicamente una oscilación de la presión atmosférica en la superficie del mar (y de esta manera de la masa atmosférica) entre el Sudeste del Pacífico Tropical (el foco de alta presión del Pacífico sur) y las regiones de Australia-Indonesia (la baja de Indonesia), *Fig. 1(a).*

Un índice de oscilación del Sur conveniente (IOS) es la diferencia de presión atmosférica entre **TAHITI** y **DARWIN**, como se indica en una serie de tiempo del **IOS** en la *Fig. 1 (b).*

También se muestra una serie de tiempo de temperatura de la superficie del mar (SST) a lo largo del recorrido de los barcos en la costa de Sudamérica. La conexión es muy fuerte entre las dos e inmediatamente se hace evidente: cuando las aguas del Océano Pacífico Tropical están anormalmente calientes (un evento de *El Niño*) la presión atmosférica a nivel del mar disminuye (cae) y se eleva en el Oeste (un IOS bajo). La reducción en el gradiente de presión Este-Oeste está acompañado por un debilitamiento de los generalmente persistentes vientos alisios de bajas latitudes del Este.

El calentamiento Oceánico no está confinado a la costa. En su punto máximo (o sea en su parte más alta) cubre una banda desde los 10° S a 10° N que se extiende por más de un cuarto de la superficie alrededor de la Tierra (*Fig. 2*). Típicamente, los signos más tempranos del calentamiento aparecen hacia fines de la primavera o verano boreal: formando un pico al final del año calendario. Al verano siguiente el evento caliente generalmente está terminado. Esta alteración masiva en su condición de límite térmica más baja, engendra un cambio sustancial en el calentamiento atmosférico con consecuencias globales del tipo observado más arriba. Los efectos más marcados están en los trópicos (por ejemplo un Monzón de la India pobre), especialmente en el Pacífico Tropical, pero también hay influencias consistentes en **latitudes medias**, **referidas como teleconexiones** (GLANTZ,

ET AL., 1991).

La figura principal que delineó la Oscilación del sur y mostró sus asociaciones en todo el mundo fue Sir Gilbert Walker, Director General del Observatorio de la India. Walker presentó su ponencia en 1904, poco después del gran daño que se produjo como consecuencia del fracaso del Monzón en 1899 (un año de *El Niño*): su éxito fue predecir las fluctuaciones del Monzón, una actividad iniciada por sus predecesores después del Monzón desastroso de 1877 (también un año de *El Niño*).

Walker ya tenía conocimiento de los trabajos de comienzos del siglo XIX que describían la oscilación de la presión atmosférica a nivel del mar entre Sudamérica y la India-Australia. En las tres décadas posteriores a su presentación agregó las correlaciones de todo el mundo a este signo primario de la oscilación del Sur (OS): lluvias en la India y en el Océano Pacífico Ecuatorial Central: temperaturas en el Sudeste de Africa, Sudoeste de Canadá, el Sudeste de Estados Unidos, etc. Este trabajo, siendo puramente empírico y basado sobre registro demasiados cortos para establecer su confiabilidad, fue recibido con un considerable escepticismo. Sin embargo, hace poco se encontró que las correlaciones de Walker eran acertadas, cuando se examinaron series con más de 50 años de datos nuevos (Ver especialmente HAREL Y WALLACE, 1981 y ROPELEWSKI Y HALPER, 1987).

Curiosamente, Walker no detectó la conexión de *El Niño*. El tan sólo hizo una apreciación muy amplia después de rescatar el interés en la OS (oscilación del Sur) en la década del 60, principalmente a través del trabajo de Bjerknes y otros (RASMUSSON, 1985). En una serie de trabajos Bjerknes hizo más que puntualizar la relación empírica entre los dos: él también propuso una explicación del porqué del acoplamiento en dos vías entre la **Atmósfera y el Océano** en el Pacífico Tropical.

MECANISMOS DEL FENOMENO ENSO (EL NIÑO OSCILACION DEL SUR)

El modelo de circulación que se muestra en la *Fig. 3* suministra indicaciones del viento en escala global sobre los océanos, tomado en consideración meridional (Norte-Sur). Además existe también una circulación zonal (Este-Oeste).

La circulación zonal es ejercida por las llamadas Células de Walker (que transportan aire en sentido Este-Oeste). La circulación zonal se aprecia mejor en el Hemisferio Sur y afecta mucho al clima de varias regiones de la Tierra (*Fig. 4*).

La circulación zonal resulta de la diferencia de calentamiento entre los Océanos y los Continentes. La forma y localización de las células de **Circulación de Walker**, cambian en función del **balance de energía**.

Las modificaciones en la circulación zonal (en el Hemisferio Sur), están asociadas a la variaciones en el campo de presión en la superficie, resultantes de la diferencia de calentamiento entre los océanos y los continentes (*Fig. 5*).

Los cambios acentuados en la distribución de la presión a nivel medio del mar, en el Océano Pacífico, son indicados por el **INDICE DE OSCILACION SUR (IOS)**, obtenido de la diferencia de los desvíos de la presión en **TAHITI y DARWIN**.

INDICE DE OSCILACION DEL SUR

DARWIN

$$\Delta P_D = P - \overline{P}$$

TAHITI

$$\Delta P_T = P - \overline{P}$$

$$IOS = \Delta P_T - \Delta P_D$$

Siendo ΔP el desvío entre la presión media atmosférica mensual a nivel medio del mar y la respectiva media climatológica (normal). El **IOS** se obtiene de las diferencias de los desvíos observados en **TAHITI y DARWIN**.

Cuando ambos desvíos son nulos, indican que las medias mensuales de la presión atmosférica (en TAHITI y DARWIN) son iguales a las respectivas medias climatológicas, en este caso el **IOS= 0**.

Cuando la presión en **TAHITI** es mayor que la media climatológica y en **DARWIN** es menor, el **IOS será positivo (IOS > 0)**. La presión es alta en la Polinesia, (donde la temperatura en la superficie del mar es más baja).

Cuando la presión en **TAHITI** es menor que la media y en **DARWIN** es mayor que la media, el **IOS es negativo (IOS < 0)**. La presión es baja en la **Polinesia** (donde la temperatura de la superficie del mar es más alta).

El cambio de signo del **INDICE DE OSCILACION DEL SUR** pone de manifiesto la variación barométrica en la faja tropical del Océano Pacífico (entre Australia y la Polinesia).

Con un **IOS > 0 (positivo)** se observan tres áreas con movimiento de aire ascendente: al Este de Australia, en el Amazonas y en Africa. Hay centros de **Alta** presión en el Océano Indico, Pacífico y Atlántico (*Fig. 6*). El **IOS > 0 (positivo)**, por lo tanto, favorece la ocurrencia de lluvias en el Amazonas y no implica sequía en el Noreste de Brasil (Caatinga), porque el movimiento subsidente de aire se produce en la parte central del Océano Atlántico Sur.

En el año que el **IOS < 0 (negativo)**, tiene un valor muy bajo (*Fig. 7*), se forma un gran núcleo de **Baja presión** en la parte central del Océano Pacífico y un acentuado centro de **Alta presión** en el **Océano Indico**.

El fuerte movimiento subsidente de aire en el **Océano Atlántico Tropical Sur**, inhibe las precipitaciones en el Nordeste de Brasil y se reduce también las precipitaciones en el Amazonas

Bibliografía

CANE, M. A. 1993. *ENSO and its Predition: How Well Can We Forecast It?* In: Workshop an Usable Science: Food severity, early warning and *El Niño*. October 1993. Hungary.

CANE, M. A. 1992. Cap. 18: *Tropical Pacific ENSO Models: ENSO as a mode of the coupled system*, pp. 583-593. In: Climate System Modeling. Ed. K. Trenberth, Univ. Cambridge Press.

IAI. 1994. *El Niño Southern Oscilation and Interannual Climate Variability*. In: Report Of Workshop To Develop The Scientific Agenda Of The Inter-american Institute For Global Change Research (IAI).

VAREJAO SILVA, M. A. 1992. *Vientos y Circulación*. In: Software Microaulas de Meteorología. Prod. Univ. Federal Rural de Recife, versión 7.1. Brasil.

WMO. 1995. *El Niño/Southern Oscilation (ENSO) Cicle-An Unusually Long Lived Episode*, PP. 9-15. In: The Global Climate System Rewied-Climate System Monitoring June 91- Nov. 93. WMO N° 819.

ANEXO FIGURAS

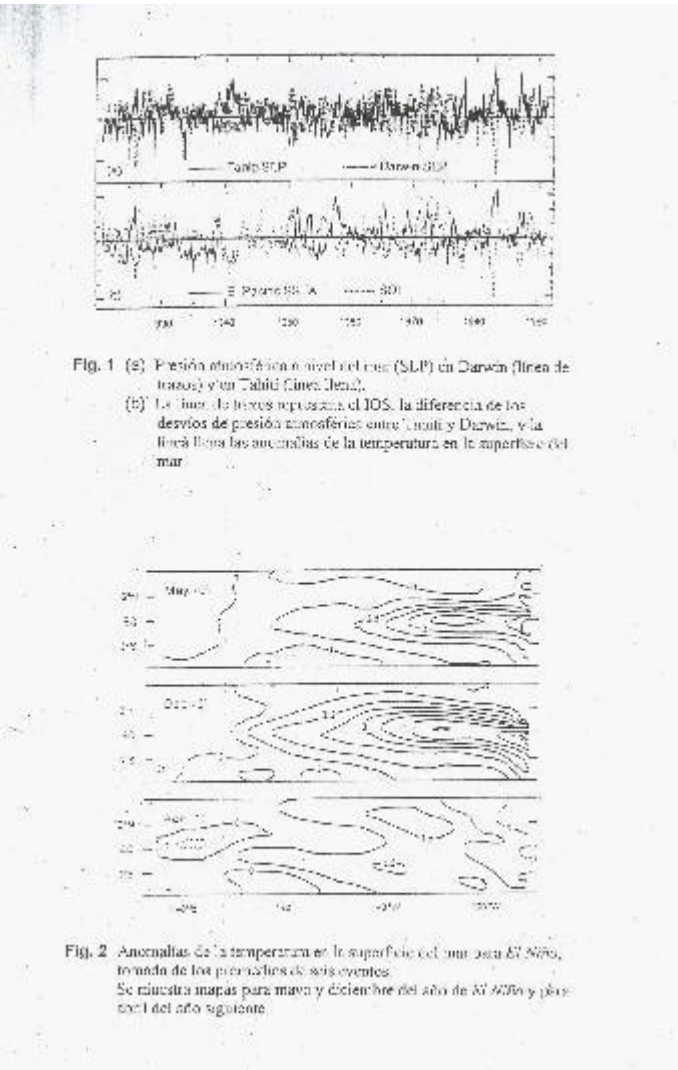

Fig. 1 (a) Presión atmosférica a nivel del mar (SLP) en Darwin (línea de trazos) y en Tahiti (línea llena).
(b) La línea de trazos representa el IOS, la diferencia de los desvíos de presión atmosférica entre Tahiti y Darwin, y la línea llena las anomalías de la temperatura en la superficie del mar

Fig. 2 Anomalías de la temperatura en la superficie del mar para *El Niño*, tomada de los promedios de seis eventos.
Se muestra mapas para mayo y diciembre del año de *El Niño* y para abril del año siguiente

Fig. 3 Modelo de circulação e de ventos a escala global sobre os oceanos

Fig. 4 Circulação zonal ejercida por las Células de Walker (que transportan aire en sentido Este-Oeste)

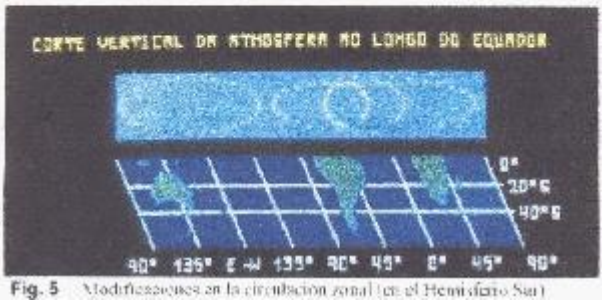

Fig. 5 Modificações na circulação zonal (no Hemisfério Sul)

Fig. 6 Índice de Oscilação Sul positivo, mostrando uma área de alta pressão

Fig. 7 Índice de Oscilação Sul negativo, mostrando uma área de baixa pressão