



Asociación Argentina de
Geofísicos y Geodestas

GEOACTA



VOLUMEN 25
2000

ISSN 0326-7237

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE GEOFÍSICOS Y GEODESTAS

Comisión Directiva:

Presidente:

Ing. Federico Mayer

Vicepresidente:

Ing. Jorge Sisterna

Secretario:

Dr. Walter Dragani

Tesorero:

Ing. Marcelo Paterlini

Revisores de cuenta:

Titulares: Agrim. Mario Ornstein

Agrim. Ruben Rodriguez

Suplente: Ing. Antonio D'Álora

Vocales Titulares

Dra. María Cintia Piccolo

Ing. Cristina Pacino

Dr. Claudio Brunini

Dra. Cristina Pomposiello

Vocales Suplentes

Geof. Jerónimo Ainchil

Agrim. Miguel González

Lic. M. Andrea van Zele

Dr. Francisco Vilas

Dirección Postal: Observatorio Astronómico – Paseo del bosque s/n
1900 La Plata – Buenos Aires - Argentina

Editor:

Dra. María Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía

Casilla de Correo N° 804

8000 Bahía Blanca – Argentina

FAX: (54-291) 4861112 – 4861527

e-mail: piccolo@criba.edu.ar

Co-Editor

Dr. Angel Marcos

Departamento de Geología

Universidad Nacional del Sur

San Juan 670

8000 Bahía Blanca – Argentina

FAX: (54-291) 4595148

e-mail: amarcos@criba.edu.ar

Comité Editorial Asesor

Dr Kenneth M. Creer (Inglaterra)

Dr Juan Carlos Labraga (Arg.)

Dr Elbio D. Palma (Arg.)

Dr Gerardo M. E. Perillo (Arg.)

Dr Sergio D. Matheos (Arg.)

Dra R. H. Campagnucci (Arg.)

Dr Roberto A. Scasso (Arg.)

Dr Edgardo Gelós (Arg.)

Lic Andrés L. Rivas (Arg.)

Dr Ernesto Hugo Berbery (USA)

Dr Günter Seeber (Alemania)

Dr Rudolph H. Wiens (Canadá)

Dra Beatriz Scian (Arg.)

Dr Ricano Matano (USA)

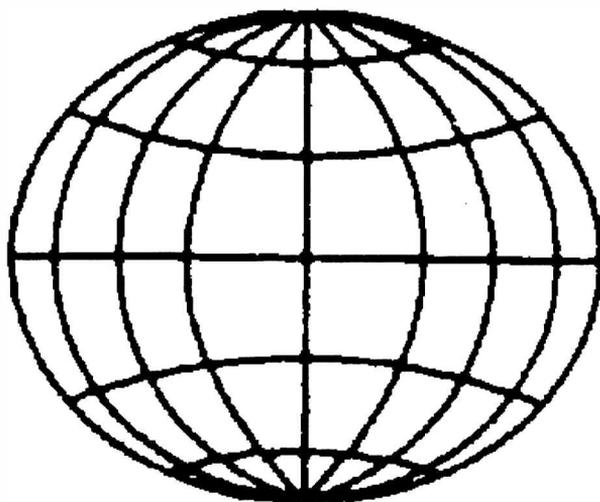
Mphil. Jorge Caló (Arg)

Esta revista se encuentra citada en LATINDEX (FOLIO 2862). Directorio de publicaciones científicas seriadas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.



**Asociación Argentina de
Geofísicos y Geodestas**

GEOACTA



**VOLUMEN 25
2000**

ISSN 0326-7237

EliSan
IMPRESIONES

25 de Mayo 875
Tel./Fax:(0291)4550391
Tel. (0291) 4521183
8000 Bahía Blanca
e-mail:elisan@surlan.com.ar

GEOACTA, 25, 2000

- Estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen, Mar de Weddell Noroccidental.
Jorge Speroni, Walter Dragani, Enrique D'Onofrio, Michael Drabble y Carlos Mazio 1
- Concreciones y rodados orgánicos presentes en el Golfo San José, Chubut, Argentina.
Roberto Schillizzi, Jorge Spagnuolo y Edgardo Gelós 12
- Episodios ENSO y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana.
Beatriz Scian 23
- Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso, Argentina.
Jorge Caló, Elba Fernández, Angel Marcos, Héctor Aldacour y Pedro Varela 40
- Petrografía y geoquímica del plutón Arroyo Paileman, Macizo Nordpatagónico.
Laura Grecco 49
- Notas Técnicas**
- Hourly rainfall distribution in East Malaysia during the Southwest Monsoon season.
Alejandro Camerlengo and Andlim You Rang 55
- Diferencias climáticas en el área costera en la ciudad de Mar del Plata.
Leonardo Giampietri y Maria Cintia Piccolo 65

La presente edición de GEOACTA ha sido parcialmente financiada por el Departamento de Geología de la UNS y el Instituto Argentino de Oceanografía

ESTUDIO DE LA MAREA EN EL BORDE DE LA BARRERA LARSEN, MAR DE WEDDELL NOROCCIDENTAL

Jorge O. Speroni¹, Walter C. Dragani¹, Enrique E. D'Onofrio¹, Michael R. Drabble² y Carlos A. Mazio¹

¹Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval, Av. Montes de Oca 2124, 1271 Buenos Aires, Argentina.

²Departamento Ciencias del Mar, Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248, 1010 Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen (latitud: 64° 54' 14" S, longitud: 60° 02' 36" W) en el mar de Weddell noroccidental, Antártida. Los niveles del mar se registraron con un sensor de presión y mediante nivelación geométrica (mira y nivel). El coeficiente de determinación de los niveles del mar obtenidos con ambas técnicas es de 0.96. Se presentan las constantes armónicas de las componentes de marea más energéticas. Se realiza un análisis comparativo entre las constantes calculadas y las que surgen de modelos mareológicos globales y se discute la propagación de la marea en el mar de Weddell noroccidental. Se tipificó el régimen de marea cuantitativamente mediante el coeficiente de Courtier resultando un régimen mixto preponderantemente semidiurno. Los niveles del mar registrados en esta zona de la Antártida son inéditos debido a que el sitio de mediciones fue inaccesible durante muchos años.

Palabras claves: mareas - Mar de Weddell - constantes astronómicas.

ABSTRACT

The objective of this paper is the study of the tide at the Larsen iceshelf boundary (latitude: 64° 54' 14" S, longitude: 60° 02' 36" W), Northwestern Weddell Sea, Antarctica. Sea levels were recorded using pressure sensor and geometric leveling (sight and level). The determination coefficient from sea level gathered with both methods is 0.96. Harmonic constants of the most energetic tidal constituents are presented. A comparative analysis between calculated harmonic constants and those obtained from tidal global models is made and tidal propagation in the Northwestern Weddell Sea is discussed. Tidal regimen is quantified by means of the Courtier coefficient and a preponderantly semidiurnal mixed tide is obtained. Sea levels gathered in this zone of the Antarctica are completely new because the place where the measurements were made was inaccessible for a large period of years.

Keywords: Tides – Weddell sea – Astronomical constants.

1. INTRODUCCION

La información de campo oceanográfica de los mares antárticos es relativamente escasa comparativamente al resto del Océano Mundial. La principal causa se debe a que ellos permanecen cubiertos por hielo durante gran parte del año dificultando en gran medida su exploración. No obstante, existen diversos grupos de trabajo que desde hace algunos años vienen desarrollando tareas de campo e investigaciones programadas. Con respecto al mar de Weddell, cabe destacar las tareas de campo y las investiga-

Estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen, mar de Weddell ...

ciones realizadas por el Ice Station Weddell Group (ISW Group, 1993) quienes realizaron valiosos aportes relativos al conocimiento del agua de fondo. Si bien la información relativa a las corrientes del mar de Weddell es también escasa, existen algunos programas de observaciones directas. Por ejemplo, Fodvik *et al.* (1990) describieron las corrientes basándose en los registros obtenidos en seis estaciones de mediciones ubicadas al sur del Weddell, cerca del talud de la plataforma continental al norte de la Depreción Filchner. Woodgate *et al.* (1998) describieron las corrientes obtenidas mediante cinco fondeos de correntógrafos en la zona de la barrera de hielo Filchner-Ronne. Por otro lado, Viehoff y Li (1995) describieron la circulación del mar de Weddell inferida a través de la deriva de témpanos mediante seguimiento satelital. La modelación matemática y la asimilación de datos altimétricos satelitales permiten determinar las características globales de la circulación de las aguas y la propagación de las principales ondas de marea. Entre los trabajos más recientes pueden citarse el de Khanta (1995) y Le Provost *et al.* (1998); de la misma manera, puede citarse un modelo global semi-inverso de alta resolución de Egbert *et al.* (1994).

Las observaciones directas del nivel del mar realizadas en el mar de Weddell son muy escasas y, en consecuencia, no es posible obtener conclusiones confiables relativas a variaciones estacionales o interanuales del nivel del mar. Además, la ausencia de algún sistema de nivelación geodésico en el área hace que las observaciones de marea no pueden ser correlacionadas con un plano horizontal conocido (Admiralty Charts and Publications, 1997).

La marea en el mar de Weddell, así como en el resto del Océano Antártico, tiene un régimen predominantemente diurno, caracterizado por una pleamar y una bajamar diaria. Sin embargo, en el extremo Norte de la Península Antártica la marea presenta un régimen mixto. El rango de la marea varía desde 0.6 m en el sector Norte del mar de Weddell hasta más de 3.0 m en el sector occidental (NIMA, 1977).

Algunas zonas costeras sólo son accesibles durante la estación estival, cerrándose parcial o totalmente durante el invierno. Otras regiones permanecen cerradas por el hielo durante largos períodos (años o décadas) y se abren excepcionalmente durante algún verano. Tal es el caso de las aguas aledañas al nunatak Larsen, al Noroeste del Mar de Weddell (figura 1), en donde está emplazada la Base Matienzo perteneciente a la Fuerza Aérea Argentina. Dicha región estuvo cerrada por el hielo de la barrera Larsen durante 18 años (1978-1996). Sin embargo, en el verano 1996-1997 fue posible la realización de algunas tareas oceanográficas debido al derrumbe parcial de la barrera de hielo.

Desde el año 1990 el Instituto Antártico Argentino (IAA) y el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) realizan actividades oceanográficas en la zona Antártica dentro del marco del Proyecto DinOceAntar (Dinámica Oceánica Antártica, IAA-SHN, Mazio *et al.*, 1999). El objetivo del proyecto es el estudio de la dinámica de corrientes y mareas en las aguas costeras de la Península Antártica. Dentro del mismo se propuso realizar durante la Campaña Antártica de Verano (CAV) 96/97 mediciones de marea en la región noroccidental del Mar de Weddell. Con este propósito se seleccionó el nunatak Larsen, al sur de la isla Marambio, que actualmente forma parte del extremo Norte de la barrera. El nunatak Larsen, tiene aproximadamente 1.5 km de longitud y un

ancho aproximado de 0.7 km. El mismo forma parte del grupo de nunataks Foca; es de origen volcánico y presenta un contorno formado por hielo de barrera cubierto por polvo del mismo origen (SHN, 1984). Los niveles del mar registrados en esta zona de la Antártida son inéditos, debido a que el acceso al sitio de mediciones estuvo imposibilitado durante muchos años.

En la sección 2 se describe sucintamente la metodología utilizada para la adquisición de los datos. En la sección 3, se presentan los lineamientos básicos empleados para el procesamiento de las mediciones de campo. En la sección 4, se presentan consideraciones relativas al régimen de marea del sector noroccidental del mar de Weddell y un análisis comparativo entre los resultados obtenidos y aquellos que surgen de modelos globales de marea. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones de este trabajo.

Además de aportar al conocimiento mareológico de los mares antárticos se espera que los datos registrados y las constantes armónicas calculadas contribuyan al entendimiento de la dinámica de las aguas costeras del mar de Weddell noroccidental.

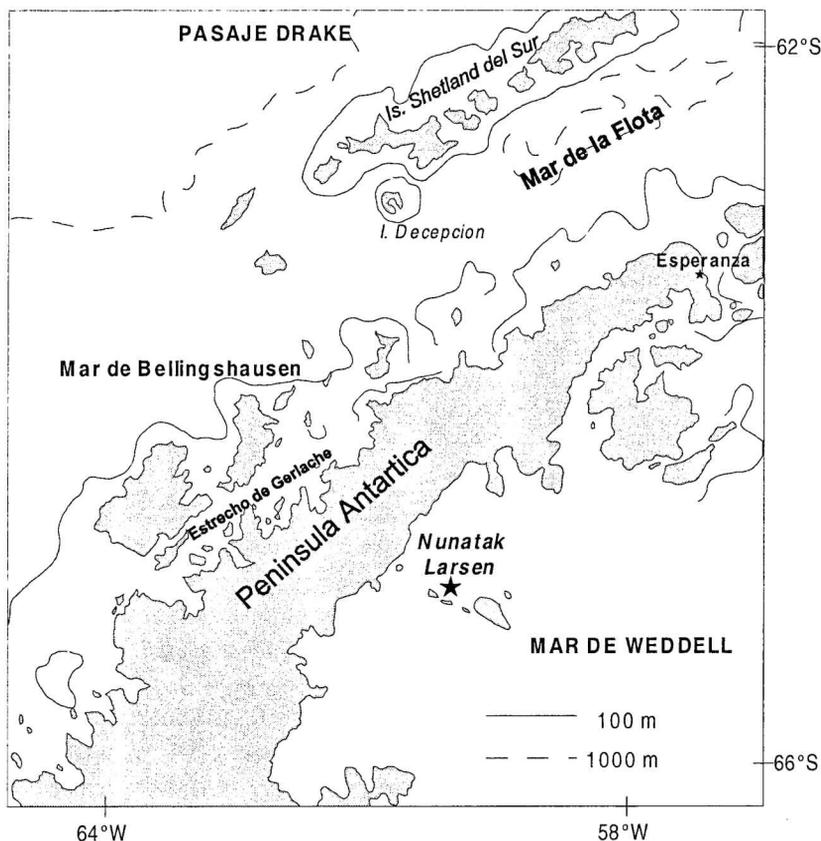


Figura 1. Mapa de ubicación. La estrella marca la localización del sitio de mediciones.

2. MEDICIONES REALIZADAS

El objetivo fundamental de las tareas de campo fue la medición de la marea en la costa del nunatak Larsen (latitud: 64° 54' 14" S, longitud: 60° 02' 36" W). Se instaló un registrador de marea sumergible con sensor de presión, marca Aanderaa modelo WRL-7, en una profundidad de 14 metros, ubicado a 4 metros del fondo a una distancia de 40 m de la costa. El equipo fue programado con un intervalo de muestreo de 30 minutos. Luego de 25 días (1202 datos) de haberse instalado el mareógrafo, el fondeo debió recuperarse ya que las aguas costeras comenzaron a cubrirse casi totalmente con pequeños témpanos los cuales se compactaron y consolidaron cerrando completamente el lugar del fondeo. Paralelamente a la adquisición de datos con el instrumento Aanderaa, el nivel del mar se midió con un arreglo de reglas (mareómetro). Luego de cinco días las reglas fueron derribadas por la constante colisión de pequeños témpanos y bandejones y por la aparición esporádica de ondas de más de 2 metros de altura (originadas, probablemente, por el derrumbe de algún frente de la barrera Larsen).

Finalmente, el relevamiento de los niveles instantáneos del mar se completó utilizando mira y nivel, midiendo la altura desde el pelo de agua hasta un punto fijo ubicado cerca de la costa, el cual fue vinculado altimétricamente mediante nivelación geométrica con respecto a otro punto fijo de la base Matienzo. Esta metodología se practicó hasta cubrir 31 días de observaciones con intervalo de muestreo 30 minutos (1489 datos). En la figura 2 se presentan comparativamente los niveles del mar obtenidos con el mareógrafo Aanderaa y con mira y nivel, a los cuales se le restó el nivel medio correspondiente a cada una de las series de datos. En la misma se observa el muy buen ajuste lineal alcanzado, con un coeficiente de determinación de 0.96. Se observa que el 99.7 % de los datos se agrupan entre ± 0.25 m de la recta que da el mejor ajuste. Las diferencias apreciadas entre los niveles del mar obtenidos con ambos métodos pueden atribuirse principalmente al efecto del oleaje, el cual afecta significativamente la lectura de la regla o de la mira.

En la figura 3 se presentan los niveles del mar observados en función del tiempo. En la misma puede apreciarse que la marea presenta un régimen mixto, con una amplitud máxima en sicigias que alcanza 4.18 m.

3. PROCESAMIENTO

Zetler y Lennon (1967) comprobaron que las constantes armónicas para un dado conjunto de componentes son estimadas con mayor exactitud si se utiliza el método de cuadrados mínimos en lugar del enfoque clásico (p.e., Schureman, 1958). La ventaja radica en que con cuadrados mínimos no se requiere que los datos cubran un período sinódico o cuasisinódico. Dado que las mediciones de marea disponibles en Matienzo cubren un período de un mes, en el presente trabajo se utilizó el método de mínimos cuadrados (Horn, 1960) empleándose la técnica de procesamiento clásica de Foreman (1977, 1978).

La cantidad de datos medidos en Matienzo (un mes de alturas de nivel cada media hora) no permitió una estimación adecuada de las componentes de largo período (Mm,

Mf y Msf), que, por otra parte, suelen estar severamente contaminadas por variaciones aleatorias de origen meteorológico.

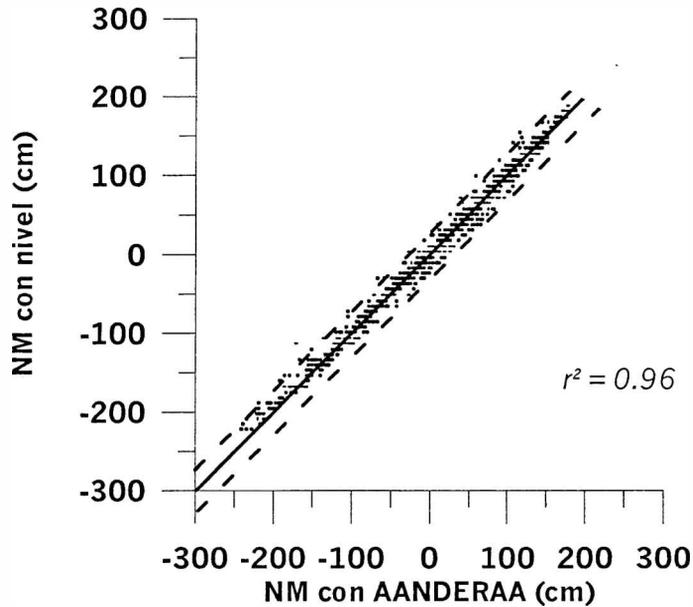


Figura 2. Comparación entre niveles del mar (NM) medidos con sensor de presión Aanderaa WLR-7 y con mira y nivel.

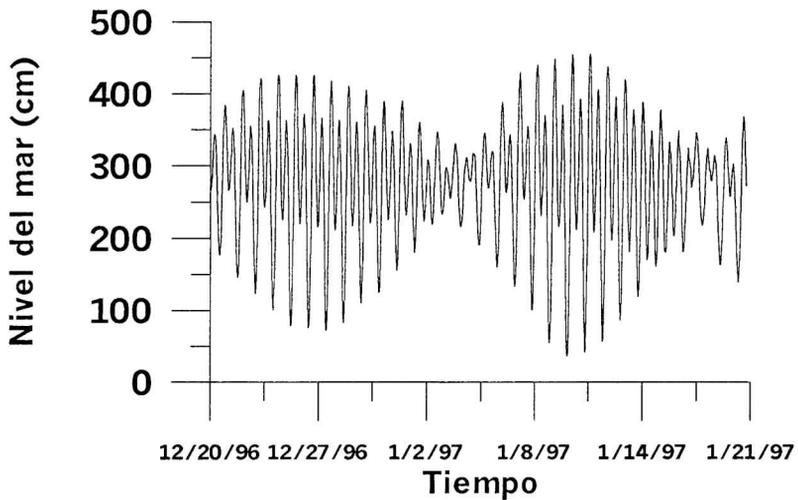


Figura 3. Niveles del mar medidos con mira y nivel en Matienzo entre el 19/12/96 21:00 hs. y el 19/1/97 21:00 hs. (huso = +3).

Estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen, mar de Weddell ...

Algunas componentes armónicas de marea están agrupadas, presentando velocidades angulares similares, tal que no pueden discriminarse convenientemente cuando la longitud de la serie de datos es corta. En cada grupo de componentes la más importante es contaminada por otras de menor energía y, por lo tanto, estas últimas deben ser desechadas. Pero, si en un sitio cercano se conocen las constantes armónicas de las componentes de marea retenidas y desechadas en el análisis de la serie corta, para esta última, las constantes importantes pueden ser descontaminadas y las desechadas inferidas (Godin, 1972; Mazio y Vara, 1981).

En el presente trabajo, para la descontaminación e inferencia de componentes, se utilizaron los resultados de un análisis armónico correspondiente a Bahía Esperanza (figura 1) también realizado por el método de cuadrados mínimos, utilizando una serie de 13127 alturas horarias de marea (1.5 años de mediciones, aproximadamente). Antes de efectuar el análisis armónico, se observó que la componente O_1 estaba contaminada por las componentes ρ_1 y la MP_1 ; la K_1 por la P_1 y la π_1 ; la N_2 por la μ_2 , la ν_2 y la OP_2 ; la M_2 por la ν_2 , la OP_2 , la MKS_2 y la λ_2 ; la S_2 por la K_2 , la L_2 , la T_2 y la R_2 ; y la M_4 por la SN_4 .

Como se disponen de series temporales de alturas de marea obtenidas con el sensor de presión y observadas con reglas y nivelación al pelo de agua se realizaron dos análisis armónicos independientes. En la Tabla 1 se muestran las constantes obtenidas de los análisis armónicos correspondientes a ambas series de datos. En la misma se presentan las amplitudes y épocas de las principales componentes diurnas (O_1 , K_1 y P_1), semidiurnas (N_2 , M_2 , S_2 y K_2) y cuartodiurna (M_4), siendo G la época referida a Greenwich (Schureman, 1958). Considerando la gran similitud entre las constantes correspondientes a ambos conjuntos de resultados, se adoptaron como constantes definitivas las que resultan de su promedio aritmético.

4. DISCUSION

En la Tabla 1 puede observarse que si bien las componentes semidiurnas M_2 y S_2 tienen las mayores amplitudes, le siguen en importancia la K_1 y la O_1 , manifestando así el carácter mixto preponderantemente semidiurno de la marea en el sector noroccidentales del mar de Weddell. Para tipificar cuantitativamente el régimen de la marea se utiliza el coeficiente de Courtier (Defant, 1961) el cual expresa una relación entre las amplitudes de las ondas semidiurnas y diurnas más importantes. El coeficiente de Courtier F se define como:

$$F = (H_{K_1} + H_{O_1}) / (H_{M_2} + H_{S_2}) \quad (1)$$

y, para el caso particular de Matienzo, con los valores presentados en la Tabla 1, tiene un valor $F = 0.6$, indicando así que la marea es mixta preponderantemente semidiurna. Con las componentes armónicas obtenidas se realizó una predicción de 19 años (ciclo de Metón, repetición de las fases de la Luna) obteniéndose que la bajamar astronómica más baja (LAT) es de 2.49 m por debajo del nivel medio y que la mayor pleamar astronómica (HAT), referida al LAT, es de 4.24 m.

TABLA 1: Constantes armónicas (H: amplitud en cm. y G: época referida a Greenwich en grados) obtenidas de datos medidos con sensor de presión Aanderaa, con mira y nivel y valores promediados

Constante s armónicas	Regla y nivel		Sensor de presión		Promedio	
	H (cm)	G (°)	H (cm)	G (°)	H (cm)	G (°)
O₁	39.7	7.7	40.5	9.1	40.1	8.4
K₁	43.0	30.2	42.0	34.6	42.5	32.4
P₁	13.9	26.9	13.6	31.3	13.7	29.1
N₂	14.0	257.0	11.2	242.6	12.6	249.8
M₂	82.8	261.4	82.1	260.3	82.5	260.8
S₂	54.1	299.0	56.7	298.6	55.4	298.8
K₂	15.7	295.7	16.4	295.3	16.0	295.5
M₄	0.7	305.8	0.6	300.1	0.7	303.0

En la figura 4.a se presentan las diferencias (residuos) entre los niveles del mar observados y los predichos con las constantes armónicas obtenidas. En la misma se observa que los residuos fluctúan alrededor de cero, apreciándose diferencias máximas (por exceso o defecto) que alcanzan los 30 cm. Estas diferencias podrían deberse a (i) que las constantes corresponden a una serie de datos relativamente corta o (ii) al efecto del viento sobre la superficie del mar, el cual podría producir perturbaciones significativas, especialmente considerando que durante el período de mediciones se registraron ráfagas con intensidades superiores a 80 km/h. En la figura 4.b se presentan a los espectros de potencia correspondiente al residuo mostrado en la figura 4.a y, superpuesto, al de la marea astronómica (espectro discreto, mostrándose la potencia asociada a las componentes armónicas presentadas en la Tabla 1). Tanto en la banda diurna como en la semidiurna se observan dos picos de potencia cuyo valor energético es de dos órdenes de magnitud menores que la energía asociada a las componentes de marea. En la banda cuarto diurna la potencia asociada a la marea es de un orden de magnitud mayor a la del residuo. En consecuencia, de la figura 4.b se concluye que si bien el residuo incluye en parte el efecto de la marea astronómica, este último es de apenas el 1% de la marea resuelta por análisis armónico. Este vestigio de marea en el residuo presentado en la figura 4.a se debe a que las constantes armónicas surgen de un registro de 30 días de duración y, consecuentemente, ellas no pueden ser determinadas con un grado de exactitud mayor. En baja frecuencia (menores a 0.02 h^{-1} , con períodos superiores a los dos días) el espectro presenta una acumulación energética debido fundamentalmente al efecto meteorológico de los sistemas atmosféricos que actúan sobre el mar de Weddell, generando intensos vientos provenientes del sur los cuales producen el apilamiento de agua sobre la costa nororiental de la península debido al efecto de Coriolis.

Los valores de las constantes armónicas de la Tabla 1 se compararon con los resultantes de un clásico modelo global de marea (Schwiderski, 1979, 1981a, 1981b, 1981c). En las cartas de cotidales e isoamplitudes presentadas por dicho autor pueden observarse que los valores correspondientes a las constantes M_2 , S_2 , O_1 y K_1 , son

Estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen, mar de Weddell ...

subestimadas en aproximadamente un 20%, alcanzando 30% en el caso de la S_2 . Estas diferencias son razonables y pueden ser explicadas considerando que el modelo de Schwiderski es global y los datos observados corresponden a un sitio costero de un mar antártico, región en la cual este modelo global está validado con muy escasa información. En cambio, comparando las constantes obtenidas con las resultantes del modelo semi-inverso de alta resolución de Egbert *et al.* (1994) se observa una mejor correspondencia entre ambas. Por ejemplo, para el caso de la componente semidiurna lunar principal, Egbert da una amplitud comprendida entre 0.80-0.90 m y una fase de 270° , los cuales son muy cercanos a los valores dados en el presente trabajo (0.82 m y 260.8° , respectivamente).

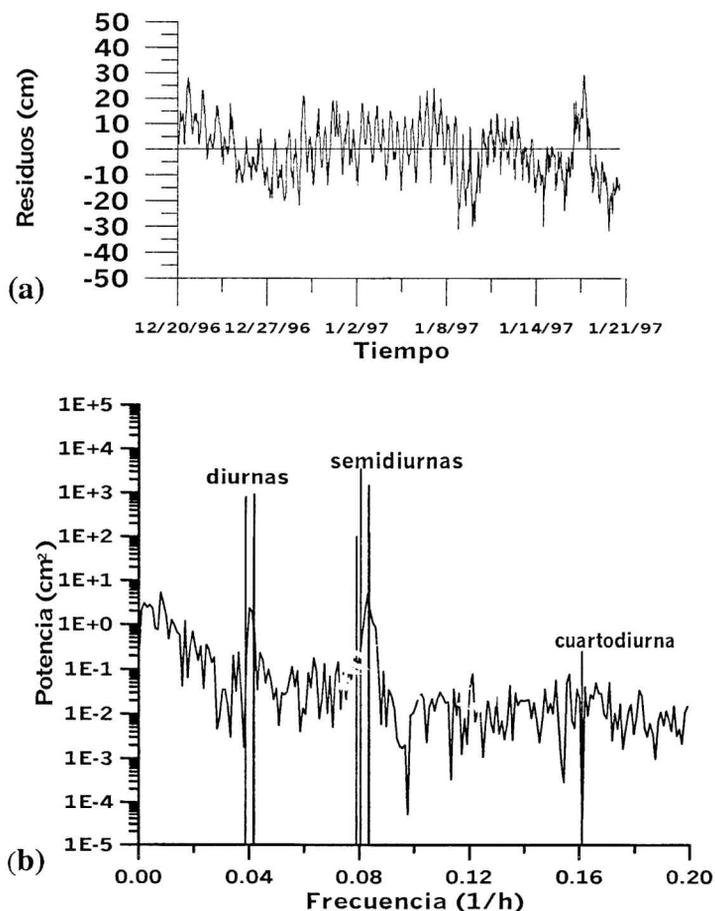


Figura 4. (a) Diferencias (residuos) entre niveles del mar observados y predichos con las constantes armónicas obtenidas y (b) espectro de potencia del residuo presentado en (a), las líneas corresponden a la potencia asociada a las componentes de marea presentadas en la Tabla 1.

Observando las cartas de cotidales presentadas por Schwiderski (1979), Kantha (1995) y Leprovost *et al.* (1998) se aprecia que en la región noroccidental del mar de Weddell la onda de marea correspondiente a la componente más importante (M_2) se propaga con una dirección predominante sur-norte. Por otro lado, dicho sentido de propagación también es apreciado si se comparan la fase de la M_2 correspondiente a Bahía Esperanza (274.5° , Legal *et al.*, 1995) con la obtenida para Matienzo (Tabla 1). De dicha comparación puede deducirse que para el caso de la componente M_2 la onda se manifiesta primeramente en Matienzo y demora 28 minutos en llegar hasta Bahía Esperanza, indicando así la predominante propagación de la marea hacia el norte.

Por otro lado, en la actualidad existen algunos proyectos de investigación que estudian particularmente la circulación de las aguas en el mar de Weddell. Robertson *et al.* (1998) estudiaron la circulación asociada a la marea con un modelo de alta resolución y Palma y Matano (2000) están desarrollando un estudio integral destinado a clarificar los procesos físicos que controlan el intercambio de masas de agua entre el mar de Weddell y la circulación general del océano. Por otro lado, Padman y Kottmeier (2000) describieron la variabilidad espacial en alta frecuencia mediante el seguimiento satelital de témpanos.

5. CONCLUSIONES

El análisis de los datos de niveles del mar presentado en este trabajo constituye una de las primeras tareas de campo emprendidas para lograr un mejor entendimiento de la dinámica de la marea en el sector noroccidental de mar de Weddell. Cabe mencionar que la posibilidad de medir marea en la zona costera del mar de Weddell queda circunscripta a los sectores que presenten una playa o litoral accesible para las tareas de campo. Estos sitios se ubican casi exclusivamente en el extremo nororiental de la península Antártica. Por otro lado, los fondeos de instrumental en mar abierto del Weddell son relativamente escasos debido a la alta probabilidad de pérdida de equipos asociada a la constante deriva de témpanos provenientes de desprendimientos de hielo de la barrera.

En este trabajo el nivel del mar se midió simultáneamente con un sensor de presión (Aanderaa WLR-7) y con mira y nivel, registrando la altura desde el pelo de agua hasta un punto fijo ubicado cerca de la costa, el cual fue vinculado altimétricamente con respecto a otro punto fijo en la base Matienzo mediante nivelación geométrica. Ambos registros de datos resultaron altamente correlacionados entre sí, presentando un coeficiente de determinación de 0.96. Las diferencias apreciadas entre los niveles del mar obtenidos con ambos métodos pueden atribuirse principalmente al efecto del oleaje el cual afecta significativamente la lectura de la regla y mira.

Las constantes armónicas obtenidas muestran que la M_2 y S_2 tienen las mayores amplitudes siguiéndoles en importancia la K_1 y la O_1 . Para tipificar cuantitativamente el régimen de la marea se calculó el coeficiente de Courtier obteniéndose un valor de 0.6, indicando que la marea es mixta preponderantemente semidiurna.

Los residuos entre los niveles del mar observados y los predichos con las constantes armónicas fluctúan alrededor de cero, apreciándose diferencias máximas

(por exceso o defecto) que alcanzan los 30 cm. El espectro de potencia de dicho residuo muestra picos de potencia, tanto en la banda diurna como en la semidiurna, cuyo valor energético es de dos órdenes de magnitud menores que la energía asociada a las componentes de marea. En la banda cuarto diurna la potencia asociada a la marea es de un orden de magnitud mayor a la del residuo. En consecuencia, se concluye que si bien el residuo tiene parte del efecto de la marea astronómica, este último es de apenas el 1% de la marea resuelta por análisis armónico. En baja frecuencia (menores a 0.02 h^{-1} , con períodos superiores a los dos días) el espectro presenta una acumulación energética producida fundamentalmente por el efecto de los sistemas atmosféricos que actúan sobre el mar de Weddell, generando frecuentemente intensos vientos provenientes del sur, los cuales producen el apilamiento del agua sobre la costa nororiental de la península debido al efecto de Coriolis.

La comparación entre las constantes armónicas obtenidas de los niveles observados y las resultantes del modelo semi-inverso de alta resolución de Egbert *et al.* (1994) muestran amplitudes y fases similares para el caso de la componente semidiurna lunar principal.

Observando las cartas de cotidales presentadas por Schwiderski (1979), Kantha (1995) y Leprovost *et al.* (1998) se aprecia que en el Mar de Weddell noroccidental la componente de marea más importante (M_2) se propaga con una dirección predominante sur-norte. Dicho sentido de propagación también es apreciado comparando las fases de la M_2 correspondiente a bahía Esperanza (274.5° , Legal *et al.*, 1995) con la obtenida para Matienzo (Tabla 1). De dicha comparación puede deducirse que para el caso de la componente M_2 la onda se manifiesta primeramente en Matienzo y demora 28 minutos en llegar hasta Bahía Esperanza.

Agradecimientos: Los autores desean dejar aquí expresado su reconocimiento a la Fuerza Aérea Argentina y, particularmente, a todo el personal de la Base Matienzo por el constante y permanente apoyo brindado para la ejecución de las tareas de campo. Finalmente, los autores agradecen los valiosos aportes sugeridos por los dos revisores anónimos.

REFERENCIAS

- Admiralty Charts and Publications, 1997. Admiralty Sailing Directions, Antarctic Pilots, The United Kingdom Hydrographic Office, 5th ed, Taunton, England, pp. 262.
- Defant, A., 1961. Physical Oceanography., vol. II, Pergamon Press, Oxford, pp. 598.
- Egbert, G.D., Bennett, A.F. y Foreman, M.G.G., 1994. TOPEX/POSEIDON tides estimated using a global inverse model. Journal of Geophysical Research, 99 (C12), 24821-24852.
- Fodvik, A., Middleton, J.H. y Foster, T.D., 1990. The tides of the southern Weddell Sea. Deep-Sea Research, part. A, 37, 1345-1362.
- Foreman, M.G.G., 1977. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pac. Mar. Sci. Rep. 77-10, 97 pp., Inst. of Ocean Sci., Patricia Bay, Sidney, B. C., Canadá.
- Foreman, M.G.G., 1978. Manual for tidal heights analysis and prediction. Pac. Mar. Sci. Rep. 78-6, 70 pp., Inst. of Ocean Sci., Patricia Bay, Sidney, B. C., Canadá.
- Godin, G., 1972. The analysis of tides, Liverpool University Press, London, pp. 264.

- Horn, W., 1960. Some recent approaches to tidal problem, *Int. Hydrog. Rev.*, 37(2), 65-84.
- Legal, N., D'Onofrio, E. E. y Mazio, C. A., 1995. Dinámica de marea y corriente en el sector oeste de la Península Antártica. *Serv. Hidr. Naval, Dpto. Oceanog., Inf. Téc. nro. 92/95*, pp.58.
- ISW Group, 1993. Weddell Sea exploration from ice station. *EOS, Transaction of the American Geophysical Union*, 74 (11), 121 & 124-126.
- Kantha, L.H., 1995. Barotropic tides in the global oceans from a nonlinear tidal model assimilating altimetric tides. 1. Model description and results. *Journal of Geophysical Research*, 100 (C12), 25283-25308.
- Le Provost, C., Lyard, F., Molines, J.M., Genco, M.L. y Rabilloud, F., 1998. A hydrodynamic ocean tide model improved by assimilating a satellite altimeter-derived data set. *Journal of Geophysical Research*, 103 (C3), 5513-5529.
- Mazio, C. A. y Vara, C. D., 1981. Inferencia y descontaminación de componentes de marea, *Serv. Hidr. Naval, Dpto. Oceanog., Inf. Téc. no publ.*, 11.
- Mazio, C. A., Dragani, W. C., Speroni, J. O. y Caviglia, F. J., 1999. Proyecto DINOCEANTAR, modelo de circulación en el estrecho de Gerlache, Antártida, *Boletín del Servicio de Hidrografía Naval*, H-106, año 3, nro. 1, 29-38.
- NIMA, 1977. *Sailing Directions (Planning Guide and Enroute)*, Antarctica. National Imagery and Mapping Agency, 3rd. ed., Bethesda, Maryland, USA, pp. 177.
- Padman, L. y Kottmeier, C., 2000. High-frequency ice motion and divergence in the Weddell Sea. *Journal of Geophysical Research*, 105 (C2), 3379-3400.
- Palma, E. D. y Matano, R. P., 2000. Un modelo numérico de circulación oceánica en el mar de Weddell, *Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar*, 11-15 de septiembre, Puerto Madryn, Argentina, pp. 135.
- Robertson, R. A., Padman, A. L. y Egbert G. D., 1998. Tides in the Weddell Sea, in *Ocean, ice and atmosphere: interactions at the antarctic continental margin*, *Antarct. Res. Ser.*, vol. 75, editado por S. S. Jacobs y R. F. Weiss, pp. 341-369, AGU, Washington, D. C.
- Schureman, P., 1958. *Manual of harmonic analysis and prediction of tides*, Special Publ. N° 98, U.S. Government Printing Office, Washington., pp. 317.
- Schwiderski, E. W., 1979. *Global ocean tides, Part II: the semidiurnal principal lunar tide (M2)*, atlas of tidal charts and maps. NSWC TR 79-414. Dahlgren: Naval Surface Weapons Center.
- Schwiderski, E. W., 1981a. *Global ocean tides, Part III: the semidiurnal principal solar tide (S2)*, atlas of tidal charts and maps. NSWC TR 81-122. Dahlgren: Naval Surface Weapons Center.
- Schwiderski, E. W., 1981b. *Global ocean tides, Part IV: the diurnal luni-solar declination tide (K1)*, atlas of tidal charts and maps. NSWC TR 81-142. Dahlgren: Naval Surface Weapons Center.
- Schwiderski, E. W., 1981c. *Global ocean tides, Part V: the diurnal principal lunar tide (O1)*, atlas of tidal charts and maps. NSWC TR 79-144. Dahlgren: Naval Surface Weapons Center.
- SHN, 1984. *Derrotero Argentino, Parte V, Antártida y Archipiélagos subantárticos Argentinos*, 5ta ed., Pub. H-205, Servicio de Hidrografía Naval, Armada Argentina, pp. 479.
- Viehoff, T. y Li, A., 1995. Ice observations and estimation of submarine ridges in the western Weddell Sea, *Int. J. Remote Sens.*, 16, 3391-3408.
- Woodgate, R. A., Schröder, M. y Østherus, S., 1998. Moorings from the Filchner Trough and the Ronne Ice Shelf Front: Preliminary results, *Filchner-Ronne Ice Shelf Program, Rep. 12*, pp. 85-90, Alfred Wegener Inst., Bremerhaven, Germany.
- Zetler, B. D. y Lennon, G. W., 1967. Some comparative tests of tidal analytical processes, *Int. Hydrog. Rev.*, 44 (1), 139-147.

CONCRECIONES Y RODADOS ORGANICOS PRESENTES EN EL GOLFO SAN JOSE, CHUBUT, ARGENTINA.

Roberto A. Schillizzi^{1,2}, **Jorge O. Spagnuolo**^{1,2}, **Edgardo M. Gelós**¹

¹Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS), Km 7 Camino La Carrindanga, Casilla de Correo N° 107, (8000) Bahía Blanca, Argentina

²Departamento de Geología (UNS), San Juan 670, (8000) Bahía Blanca, Argentina

RESUMEN

Los trabajos referidos a la significación de concreciones y rodados de génesis orgánica tienen escasa difusión en nuestro país. El presente estudio permite inferir condiciones paleoambientales desarrolladas en los depósitos de origen de estas estructuras y durante su posterior evolución. Estos elementos fueron hallados en sedimentos de edad cuaternaria en el golfo San José, Chubut, Argentina. Corresponden a dos tipos genéticos: estructuras de precipitación (concreciones) y estructuras orgánicas rodadas (colonias de briozoarios removidas). Ambas estructuras fueron generadas en el tercio superior de la Formación Puerto Madryn (Mioceno marino), durante una facies regresiva litoral. Posteriormente fueron transportadas por acción fluvial durante el Cuaternario. Debido a su bajo índice de abrasión se puede inferir que el período de transporte fue corto y de rápida depositación. Este proceso habría sido sincrónico con la sedimentación continental acaecida durante el Cuaternario.

Palabras claves: Estructuras sedimentarias – Cuaternario – Condiciones paleoambientales

ABSTRACT

Works about the meaning of concretions and pebbles of organic origin have limited diffusion in our country. This study allows to infer paleoenvironmental conditions developed in the original deposits of these structures and during their later evolutionary history. These elements were found in Quaternary sediments in the San José Gulf, Chubut, Argentina. They correspond to two different genetic types: precipitation structures (concretions) and organic pebbles (removed bryozoary colonies). Both were generated in the upper third of the Puerto Madryn Formation (marine Miocene), during a regressive littoral facies. They were later transported by fluvial action during the Quaternary. Due to its low abrasion we can infer that its transport extended over a short period and had a rapid deposition. This process would have been synchronous with the Quaternary continental sedimentation.

Keywords: Sedimentary structures – Quaternary – Paleoenvironmental conditions

1. INTRODUCCIÓN

Existen pocos estudios en el país sobre concreciones y rodados de origen orgánico. A pesar de ello, se admite que las concreciones brindan valiosa información sobre los procesos ocurridos durante la diagénesis (Scasso y Limarino, 1997). En el presente trabajo se determina la génesis, significado y el proceso de transporte que han sufrido estas estructuras. Las mismas fueron halladas en niveles del Cuaternario en sectores restringidos del Golfo San José, en la provincia del Chubut, Argentina. Además, se infiere la unidad sedimentaria de origen, se analiza la morfología y el grado textural de

las concreciones y la composición de las colonias fósiles rodadas. Por su parte, se propone una interpretación paleoambiental sobre la base de la génesis de estas estructuras, toda vez que las mismas son consideradas buenas indicadores para deducir las condiciones faciales de la unidad donde se generaron.

Entre los trabajos sobre estructuras tanto diagenéticas como de rodados de origen orgánico realizados en la Argentina merecen citarse: Zárate y Fasano (1984), que señalan los mecanismos de calcificación de estructuras durante el Pleistoceno en sectores costeros argentinos. Concreciones fósiles fueron descritas en la Península Antártica por Robledo-Hurtado (1994) que establece, sobre la base de la presencia y disposición de estas estructuras secundarias, condiciones ambientales que afectaron a las sedimentitas cretácicas - terciarias que las contienen. Con referencia a los depósitos sedimentarios presentes en el área de estudio se menciona a Haller (1981) que define la Formación Puerto Madryn como una unidad marina del Mioceno. Haller *et al.*, (1997) determinan la estratigrafía del Terciario en el golfo San José. Los sedimentos del Cuaternario son tratados en detalle por Cambra (1968) y Beltramone (1981).

2. AREA DE ESTUDIO

La superficie del sector estudiado alcanza a los 110 Km², a una latitud de 42° 30' 15" S y longitud de 64° 28' 30" W (figura 1). Las concreciones y cantos rodados orgánicos se ubican en los cañadones que disectan las elevaciones que rodean la Punta Juan de la Piedra. Esta punta se halla ubicada en el Istmo Ameghino, geoforma que une la Península Valdés con el continente.

3. ESTRATIGRAFIA

La estratigrafía presente en el área de estudio se resume en la Tabla 1. Depósitos marinos pertenecientes al Holoceno completan la estratigrafía del área, aunque no se presentan en el sector estudiado.

TABLA 1. Resumen de la estratigrafía del área.

EPOCA	FORMACION	LITOLOGIA	PALEONTOLOGIA	AMBIENTE
Holoceno	Depósito aluvial	Arena, limo, grava y concreciones	Conchilla retransportada y estructuras orgánicas rodadas	Continental
Mioceno	Formación Puerto Madryn	Limo arenoso y arena tobácea	Bivalvos, gastrópodos, braquiópodos y briozoarios	Marino submareal

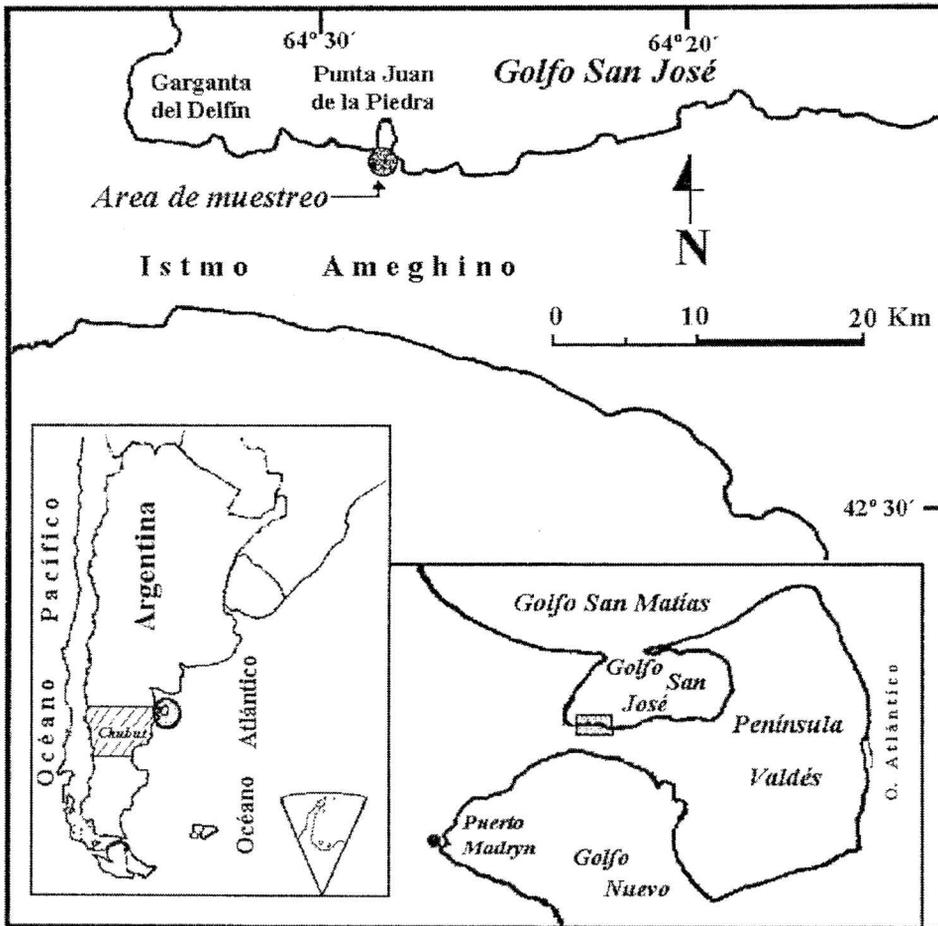


Figura 1. Mapa de ubicación y área de muestreo.

3.1. Ubicación estratigráfica.

Un perfil de las unidades estratigráficas reconocidas en el sector de estudio se detalla en la figura 2.

3.1.1 Mioceno. Formación Puerto Madryn (Haller, 1981). Espesor 1,50 m sin base expuesta. Son areniscas arcillosas tobáceas y arcilitas tobáceas de color amarillento verdoso (10 Y 8/2), masivas, moderadamente consolidadas, con moldes de fósiles y tubos de bioturbadores.

3.1.2 Cuaternario. Se apoya en forma directa sobre la Formación Puerto Madryn previa discordancia erosiva, irregular, ondulada y poco definida por enmascaramiento superficial. La base la integran 0,30 m de sedimento arenoso, color castaño claro (10

YR 8/2), masivo, con restos de valvas fósiles retransportadas, concreciones y rodados orgánicos. Le sigue 1 m de arena limo arcillosa con grava diseminada. El color de la unidad es castaño rosado (5 YR 7/2). La parte superior de la columna está integrada por 0,30 m de suelo esquelético con vegetación actual.

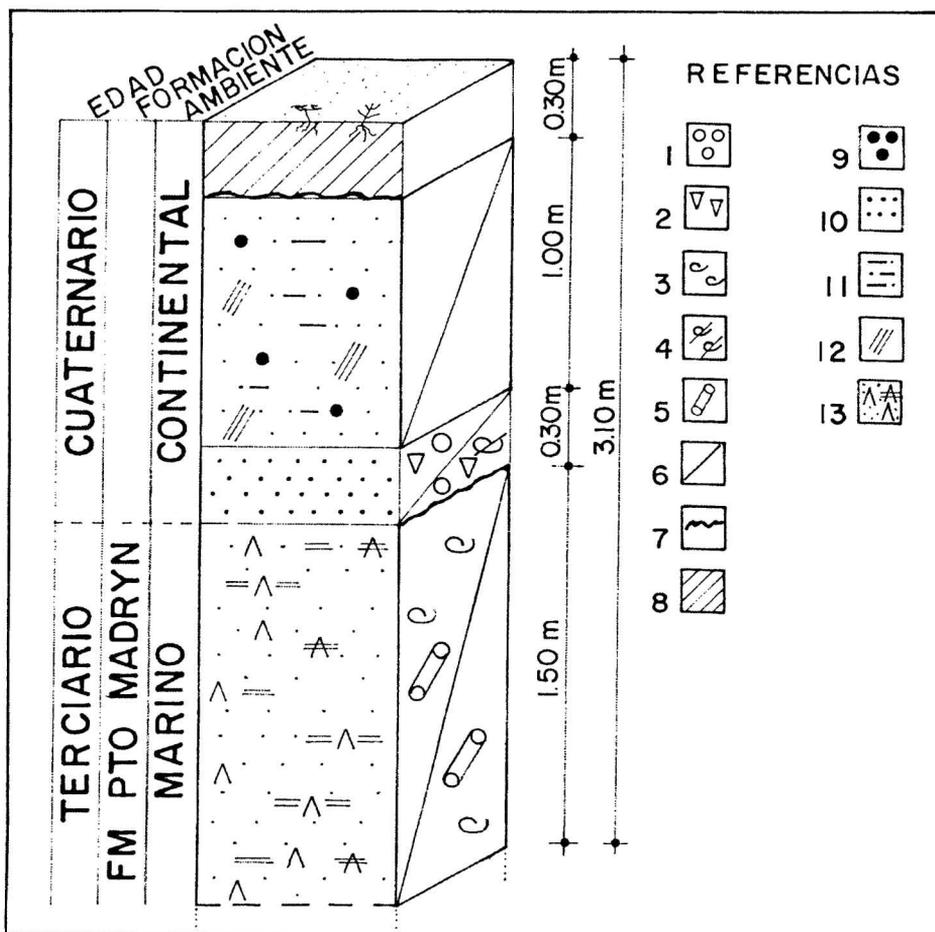


Figura 2. Perfil estratigráfico. 1) Rodados de origen orgánico, 2) Concreciones, 3) Moldes fósiles, 4) Conchilla retransportada, 5) Tubos de bioturbadores, 6) Estructura masiva, 7) Discordancia erosiva, 8) Arena eólica, 9) Grava, 10) Arena, 11) Limo, 12) Arcilla, 13) Ceniza volcánica.

4. METODOS

En campo se muestreó la superficie expuesta del horizonte basal de la unidad cuaternaria (0,30 m). Se recolectaron concreciones y cantos rodados orgánicos por

medio de un muestreo areal. En laboratorio se midieron con calibre para establecer sus dimensiones y grados de esfericidad, según los índices de Zingg (1935) y Krumbein y Sloss (1955). Posteriormente las estructuras fueron cortadas y pulidas para la determinación de sus características bajo lupa binocular. Se estableció el grado textural del material sedimentario que integra las concreciones. Se extrajo material psamítico, que se estudió con microscopio petrográfico según las técnicas de conteo y descripción para grano suelto (Parfenoff *et al.*, 1970). La identificación de los colores de las estructuras se realizó con la Rock Color Chart (1980). Se fotografiaron algunos de los ejemplares estudiados. Duplicados de las muestras se conservan en el Instituto Argentino de Oceanografía, (Bahía Blanca, Argentina).

5. RESULTADOS

Las estructuras estudiadas corresponden a dos tipos genéticos (Pettijhon, 1970 y Zarauza *et al.*, 1977): a) estructuras diagenéticas acrecionales sedimentario-químicas (concreciones) y b) rodados de origen orgánico: colonias de briozoarios removidas.

5.1 Estructuras diagenéticas acrecionales (concreciones).

Estas estructuras de precipitación química están compuestas por un núcleo orgánico, que aglutina al material detrítico del sedimento, formando la concreción. La composición corresponde a una limolita arenosa calcárea. Tienen diámetros variables entre 1 a 3,2 cm, de color pardo claro (10 YR 8/2), bien consolidadas, con superficie casi lisa (figura 3).

Están formadas por dos secciones: externa, de 0,2 a 0,5 mm de anchura, áspera al tacto, de color amarillento grisáceo (5 Y 8/1). En su superficie se observan manchas naranja amarillento oscuro (10 YR 6/6) producidas por óxidos de hierro y otras formadas por costras mamelonares de color oscuro a casi negro (N 1), con brillo metálico, posiblemente de manganeso. Incluye escasa conchilla fragmentada y agujeros de saltaduras. En un corte, la banda externa de las concreciones, se presenta en colores variados que van desde traslúcido a opaco blanco azulado (5 B 9/1) y rojizo hasta llegar al gris mediano (N 5). Su textura está compuesta de arena fina a muy fina, con clastos de arena angulosos a subangulosos.

La sección interna, de 1,5 a 2,1 cm de anchura, está integrada por una limolita arenosa fina a muy fina de color pardo oscuro (10 YR 6/2) con granos de baja esfericidad, cementados por carbonato de calcio.

Tanto la zona externa como la interna presentan una composición mineralógica promedio que se detalla en la figura 4.

Los fragmentos de rocas volcánicas muestran textura pilotáxica, constituidos por matriz vítrea con tablillas de plagioclasa. Además se presentan granos elongados de pellets fecales, color pardo claro, bien redondeados y calcificados. Se los encuentra aislados o alojados en cavidades alargadas con paredes netas y lisas. Estas cavidades se hallan rodeadas por una banda de minerales arcillosos de color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/2). Se presentan también moldes de bivalvos y conchilla fósil, con

formas planas o curvas y con engrosamientos por depositación de carbonato de calcio.

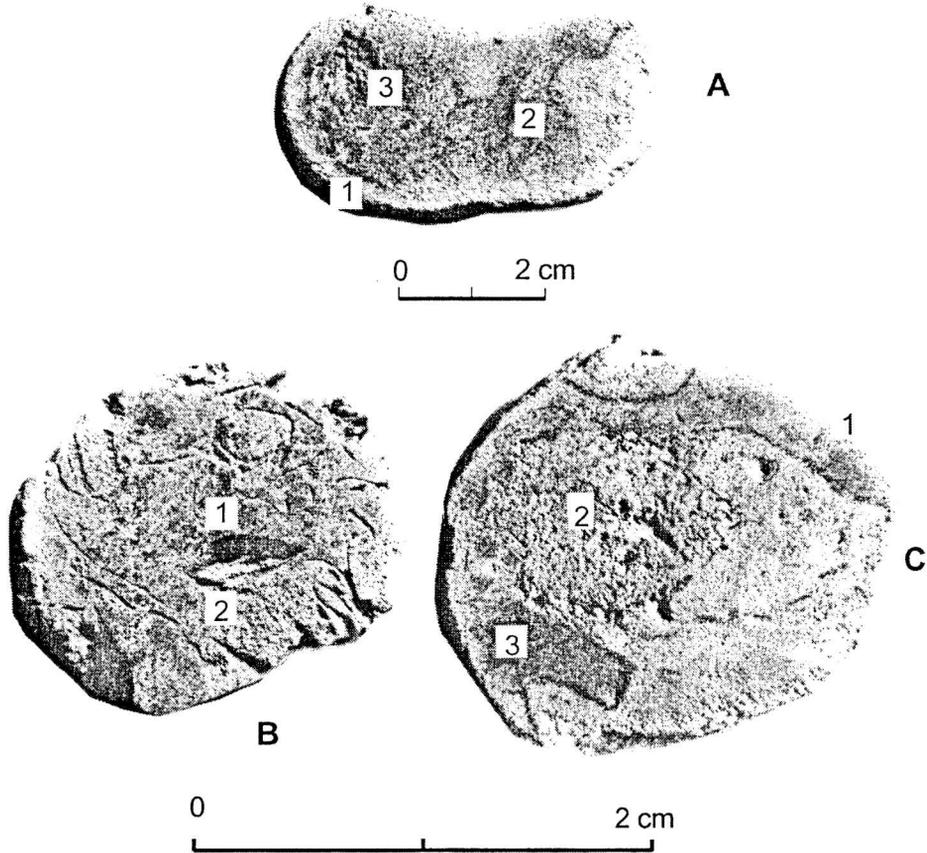
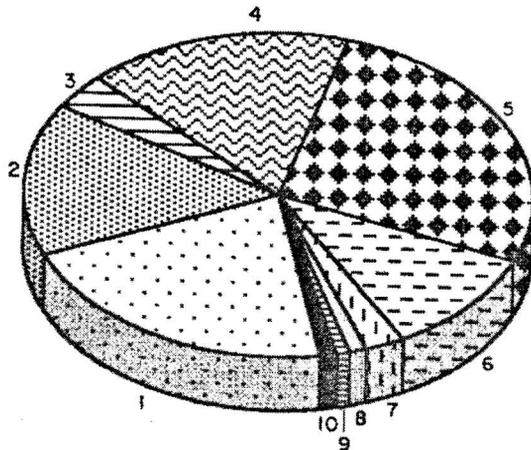


Figura 3. Concreciones. A) Vista interna: 1) Banda exterior, 2) Banda interior, 3) Pellets fecales; B) Vista interna: 1) Restos de conchilla fósil carbonatizada y oquedades producidas por bioturbadores, 2) Perforaciones de bioturbadores; C) Vista interna: 1) Banda oscura producida por organismos sedimentívoros, 2) Perforaciones de bioturbadores, 3) Banda oscura producida por organismos sedimentívoros.

Una tabla comparativa de la composición mineralógica de las concreciones con respecto a las arenas constituyentes de la Formación Puerto Madryn se presenta en la Tabla 2. Haller *et al.* (1997) no consideran la presencia de alterados en la descripción mineralógica de la Formación Puerto Madryn, sin embargo Spiegelman y Busteros (1978) señalan la presencia de “alterados” en esta unidad.

TABLA 2. Esquema comparativo de los componentes mineralógicos de las arenas de la Formación Puerto Madryn y de las concreciones.

COMPONENTES	FORMACIÓN PUERTO MADRYN (Haller et al., 1997)	CONCRECIONES
Fragmentos volcánicos	Dominante/abundante	Dominante
Plagioclasa	Dominante/abundante	Abundante
Microclino	Subordinado	Escaso
Alteritas	No consideradas por el autor	Abundante
Cuarzo	Dominante/abundante	Abundante
Vidrio volcánico	Abundante/escaso	Ausente
Hornblendas verde/parda	Subordinado	Subordinado
Piroxenos	Subordinado/escaso	Escaso
Opacos	Subordinado	Escaso
Epidoto	Escaso	Ausente
Apatito	Escaso	Ausente
Muscovita	Escaso	Ausente
Agregados carbonáticos	Abundante	Abundante



REFERENCIAS

- 1 Plagioclasa
- 2 Cuarzo
- 3 Feldespato
- 4 Minerales alterados
- 5 Vidrio volcánico
- 6 Hornblenda parda
- 7 Hornblenda verde
- 8 Augita
- 9 Hipersteno
- 10 Minerales opacos

Figura 4. Composición mineralógica porcentual de las estructuras diagenéticas acrecionales.

5.2 Rodados de origen orgánico (colonias de briozoarios removidas).

El rasgo más característico es su tendencia a la esfericidad, a veces superior a 0,9; según los índices de Zingg (1935) y Krumbein y Sloss (1955), Tabla 3.

TABLA 3. Características morfológicas principales de las estructuras orgánicas rodadas.

FORMA	FRECUENCIA (%)	EJE MAYOR D_1 (cm)	EJE MEDIO D_2 (cm)	EJE MENOR D_3 (cm)
Esférica	79	$1,8 > D_1 > 3,0$	-	-
Discoidal	16	$2,2 > D_1 > 4,1$	$1,5 > D_2 > 3,9$	$1,4 > D_3 > 2,2$
Cilíndrica	5	$3,0 > D_1 > 4,2$	-	$1,6 > D_3 > 2,5$

Pueden presentarse formas irregulares aunque en un número inferior. Están constituidas por colonias de briozoarios removidas que muestran un marcado rodamiento y buena consolidación (figura 5).

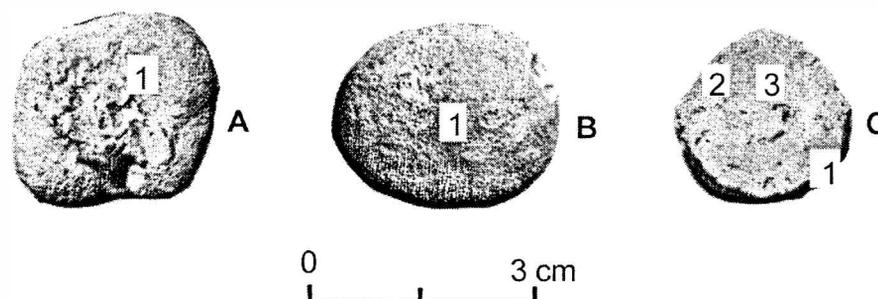


Figura 5. Rodados de origen orgánico (colonias de briozoarios removidas). A) Vista exterior: 1) Punto de fijación; B) Vista exterior: 1) Superficie mamelonar; C) Vista interior: 1) Banda externa, 2) Zoecios, 3) Oquedades.

Su coloración es naranja pálido (10 YR 8/2). Están desprovistas de ordenamiento interno y los zoecios se hallan totalmente cementados por carbonato de calcio. Presentan una banda externa de color naranja amarillento (10 YR 8/6), debido a la tinción con óxidos de hierro. En el interior de los rodados se observan oquedades y grietas rellenas con material calcáreo de color blanquecino, similar al encontrado en los sedimentos hospedantes. La parte basal de las colonias se hallan restos de valvas fósiles, punto inicial de la fijación de los organismos coloniales.

6. DISCUSIÓN

La Formación Puerto Madryn (Mioceno) está bien representada en el extenso litoral del Atlántico sur y corresponde a un importante ciclo marino transgresivo-regresivo. Los bancos del tercio superior de esta formación están integrados por

Concreciones y rodados orgánicos presentes en el golfo San Jose ...

areniscas muy finas, fangolitas y fangolitas arenosas muy fosilíferas (Haller *et al.*, 1997). Es en este nivel donde se generaron las concreciones y estructuras orgánicas posteriormente rodadas. La similitud mineralógica encontrada entre los materiales integrantes de las concreciones y los que constituyen las arenas de la Formación Puerto Madryn refuerza esta hipótesis. La génesis de las concreciones está vinculada con la descomposición de material de origen biológico producido por organismos sedimentívoros, cuya existencia está indicada por la presencia de bandas oscuras de materia orgánica concentrada, y pellets fecales (Reineck y Singh, 1980). A esto se asocia un proceso de carbonatación, muy evidente en el núcleo de las concreciones, que se produce durante las etapas finales de la depositación de los estratos de la Formación Puerto Madryn. Estas condiciones trajeron como consecuencia la formación de estructuras de precipitación por cementación selectiva de los sedimentos. Lippmann (1955) establece que la descomposición de materia orgánica en las proximidades de un organismo vivo produce amoníaco, el cual torna alcalino al medio. El cambio hacia valores de pH alcalinos disminuye la solubilidad de los carbonatos, que precipitan sobre un núcleo propicio y se difunden asimismo en el sedimento circundante. Este proceso que ocurre en condiciones de enterramiento superficial, continúa mientras exista amoníaco y carbonatos en las aguas intersticiales. Estas estructuras se habrían cementado durante una facies litoral regresiva -etapa de somerización- de los niveles superiores de la Formación Puerto Madryn y habrían sido utilizados como núcleos los restos de valvas y pellets fecales. La falta de rasgos de deformación de fósiles y la ausencia de aplastamiento en los pellets fecales, indicarían que estas estructuras no han sufrido compactación interna ni deformaciones (Scasso y Limarino, 1997).

Las estructuras orgánicas (colonias de briozoarios) se habrían desarrollado en un ambiente submareal poco profundo (Camacho, 1979 y Clarkson, 1983) indicado por la presencia de la gruesa disposición colonial y los restos de bivalvos que constituyeron el punto de fijación de la colonia. Tanto las concreciones como las estructuras orgánicas se originaron en un ambiente marino litoral.

A posteriori, durante el Cuaternario, los regímenes fluviales produjeron la erosión de los niveles medios a superiores de la Formación Puerto Madryn iniciando el transporte, redondeamiento y depositación de las concreciones y provocando la formación y puesta en movimiento de los rodados orgánicos. La poca desintegración de ambas estructuras indica que el transporte habría sido de corta extensión y con rápido enterramiento, hecho que permitió su conservación. No se descarta para los rodados orgánicos fósiles que, durante esta etapa puedan haber sufrido un nuevo proceso de calcificación superficial que generó la banda externa de color naranja amarillento.

7. CONCLUSIONES

La discusión precedente respecto a la presencia de concreciones y rodados de fósiles en el área estudiada permite concluir que durante una etapa de la depositación de la Formación Puerto Madryn, cuando se produce un cambio facial del ambiente

marino al litoral, se desarrollaron condiciones paleoambientales de carbonatización que favorecieron el desarrollo de concreciones y la cementación de estructuras orgánicas. Durante el Cuaternario, efectos erosivos vinculados a acción fluvial, transportaron y depositaron estas estructuras en los cañadones del golfo San José, las cuales quedaron atrapadas en los sedimentos. Debido a la escasa distribución areal de estas estructuras diagenéticas, se infiere que el proceso tuvo lugar en sectores restringidos, tanto durante su génesis como durante su redepositación. La presencia de concreciones alóctonas en un depósito sedimentario puede ser utilizada como señalador de las condiciones paleoambientales existentes en el nivel generador de estas estructuras diagenéticas acrecionales. Surge de lo expuesto que estas estructuras son indicadores válidos de las condiciones paleoambientales imperantes durante la etapa final de la sedimentación de la Formación Puerto Madryn.

Agradecimientos: A la Lic. Nilda Weiler por su valiosa colaboración en las tareas de campo. Los autores agradecen los comentarios realizados por los árbitros de la revista. La presente investigación fue financiada por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur, Argentina.

REFERENCIAS

- Beltramone, C., 1981. Rasgos fisiográficos de Península Valdés. CONICET. CENPAT. Contribución N° 46, 15pp.
- Camacho, H.H., 1979. Invertebrados Fósiles. Ed. EUDEBA, Buenos Aires, 707 pp.
- Cambra, H., 1968. Consideraciones geográfico-geológicas del área comprendida entre Puerto Pirámides y la Punta Homónima. (Chubut). IDES. Chubut, 31pp.
- Clarkson, E., 1983. Invertebrate Paleontology and Evolution. Ed. G. Allen and Unwin. Publ. Co. London, 325 pp.
- Haller, M., 1981. Descripción geológica de la Hoja 43 h, Puerto Madryn, provincia del Chubut. Servicio Geológico Nacional. Buenos Aires. Bol. 184, 41 pp.
- Haller, M., Monti, A. y Meister, C., 1997. Hoja Geológica 4363-I. Península de Valdés, provincia del Chubut. Rep. Arg. Universidad Nacional de la Patagonia y Secretaría de Minería. Buenos Aires, 37 pp.
- Krumbein, W. y Sloss, L., 1955. Stratigraphy and sedimentation. Ed. Freeman & Co., 497 pp.
- Lippmann, F., 1955. Ton, Geoden und Minerals des Barreme von Hoheneggeleon. Geol. Rund. Vol. 43, 474-503.
- Parfenoff, A., Pomerol, C. y Tourenq, J., 1970. Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et détermination. Ed. Masson et Cie. Paris, 550 pp.
- Pettijhon, F., 1970. Sedimentología. Ed. Universitaria de Buenos Aires, 553 pp.
- Reineck, A. y Singh, I., 1980. Depositional sedimentary environments. Ed. Springer Verlag, 549 pp.
- Robledo-Hurtado, C. H., 1994. Sedimentología del Cretácico superior del nunatak Sanctuary Cliffs; Isla Snow Hill, Antártida. 3° Comunicaciones sobre Investigaciones Antárticas, CONICET. Instituto Antártico Argentino. Buenos Aires, 25-35.
- Rock Color Chart, 1980. The rock color chart Committee. Geological Society of America. Boulder.

Concreciones y rodados orgánicos presentes en el golfo San Jose ...

- Scasso, R. A. y Limarino, C.O., 1997. Petrología y Diagénesis de rocas clásticas. Asociación Argentina de Sedimentología. Publicación especial N° 1, Buenos Aires, 259 pp.
- Spiegelman, A. T. y Busteros, A. G., 1978. Caracterización litoestratigráfica de las sedimentitas terciarias en las localidades de Barrancas Blancas (Puerto Madryn), Bahía Craker e Isla Escondida (Punta Lobos). Chubut. Argentina. Buenos Aires, 7° Congreso Geológico Argentino. Actas II, 659-671.
- Zárate, M. y Fasano J., 1984. Características de la sedimentación pleistocena en la zona de Chapadmalal, provincia de Buenos Aires :significado de los paleosuelos y costras calcáreas. Bariloche, 9° Congreso Geológico Argentino. Actas IV, 57-75.
- Zarauza, Y, Sanuy, J., De La Torre, L., Vera-Torres, J. y Vilas, L., 1977. Estratigrafía. Ed. Rueda. España. 189- 228 pp.
- Zingg, T., 1935. Beitrage zur schotteanalyse. Schweiz. Mineralog. und Petrogr. Mitt., V. 15, 39-149.

**EPISODIOS ENSO Y SU RELACION CON LAS ANOMALIAS DE
PRECIPITACION EN LA PRADERA PAMPEANA**

Beatriz Scian

Dpto. de Agronomía, UNS, Bahía Blanca, Argentina. e-mail: mtscian@criba.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo de investigación se amplian los conocimientos sobre las relaciones entre la variabilidad de la precipitación observada en la pradera pampeana y las anomalías en la circulación de la atmósfera detectadas a través del Índice de Oscilación del Sur (SOI) y de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial. Se analizan los eventos fríos (CE o Niña) y cálidos (WE o Niño) desde comienzos del siglo. Los datos utilizados son las lluvias mensuales de más de 50 localidades de la llanura pampeana con registros desde comienzos de siglo hasta al menos la década del '80. Empleando métodos estadísticos de clusters se circunscribe la zona de estudio a tres subregiones de la pampa central de Argentina: Sudoeste, Norte y Este, respectivamente. Los altos valores de los coeficientes de correlación obtenidos entre el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el SOI mensual y entre el SPI y la temperatura superficial del mar en la región Niño3 (SST3) están indicando la aptitud de dichos índices para su aplicación en modelos de predicción estadísticos. Las anomalías de la precipitación para los WE y los CE tienen sus correlaciones más fuertes al fin de la primavera y comienzos del verano y son de signos opuestos, con los desfases máximos entre Noviembre y Diciembre.

Palabras clave: Precipitación, ENSO, Episodio cálido, Episodio frío, Región pampeana.

ABSTRACT

In this study the relationship between anomalies in the pampean prairie precipitation and the anomalous behaviour of the atmospheric circulation, particularly focused on the Southern Oscillation Index (SOI) and the sea surface temperature anomalies in the equatorial Pacific is examined. Data consist of secular monthly precipitation for more than 50 selected stations over the pampean plains. Three coherent subregions in the central pampas of Argentina, Southwest, North and East, respectively were determined by clustering methods. Cold and Warm events (CE or La Niña and WE or El Niño, respectively) since the beginning of the century are analyzed with relation to rainfall anomalies. High correlation values were obtained between monthly Standardized Precipitation Index (SPI) and monthly SOI as well as with sea surface temperature in the Niño3 region (SST3), encouraging to perform statistical modelling for precipitation prediction. Anomalous precipitation for WE and CE have strong correlation values for spring and early summer. Maximum out of phase values between the two cases are reached in November and December.

Key words: Precipitation, ENSO, Warm event, Cold event, Pampean prairies.

1. INTRODUCCION

El territorio argentino se caracteriza por poseer un 70% de su superficie bajo condiciones de clima árido y semiárido, del 30% restante casi la mitad le corresponde a la pradera pampeana. Esta es una región fitogeográfica que abarca las provincias de Buenos Aires, sur de Santa Fe, sur de Córdoba y este de La Pampa (Cabrera, 1971). Es

una región fundamental para la economía argentina y la responsable de la mayor producción agropecuaria del país. Para la agricultura de secano, la ocurrencia de situaciones climáticas anómalas es sin duda un factor de riesgo importante, principalmente por cambios inusuales tanto en la temperatura del aire como en la precipitación. La región pampeana tiene la particularidad de soportar sequías e inundaciones que según su intensidad, duración y escala espacio-temporal repercuten en mayor o menor medida en la economía del país.

Numerosos estudios realizados en el exterior y en el país analizan las posibles vinculaciones entre las anomalías hídricas y procesos atmosféricos en escala regional o hemisférica. Hace ya tiempo que se conoce la existencia de una relación entre las lluvias estivales y los episodios El Niño–Oscilación del Sur (ENSO) en el sur de Sud América. Importantes resultados de investigaciones sobre este tema fueron presentados por Pittock (1980), Aceituno (1988), Barros *et al.* (1996), Ropelewski y Halpert (1987, 1989, 1996), Grimm *et al.* (1998), Barros y Doyle (1998), entre otros. En particular, Ropelewski y Halpert (1996) -RH96- determinan los corrimientos observados en las anomalías de precipitación bajo condiciones de eventos cálido (WE) o frío (CE) para la región Sur de Sudamérica, asociando deficiencias con respecto a la lluvia normal para los CE y viceversa. Debido a la complejidad de los procesos atmosféricos que participan en la precipitación sumado a la variabilidad natural climática, no siempre un período seco o húmedo, aparece relacionado con un evento ENSO.

El objetivo de este estudio es lograr esclarecer los alcances del fenómeno ENSO, de gran escala sobre las anomalías de la precipitación en la región pampeana, y la vinculación con el índice de Oscilación Austral (SOI) o la temperatura superficial del mar en la región Niño 3 (SST3) como potenciales predictores de las anomalías de lluvias.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Datos

Para la pradera pampeana se utilizaron series de datos mensuales de lluvia de más de 50 localidades, provenientes del Servicio Meteorológico Nacional, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de la red pluviométrica de la Universidad Nacional de La Pampa. Se considera una base de datos exhaustivamente controlados y consistidos. En Scian (1999), se presenta el listado de localidades empleadas y longitud de los registros.

Los episodios cálidos y fríos, WE y CE respectivamente, que se emplean en esta investigación figuran en la Tabla 1 y fueron presentados por Kiladis y van Loon (1988), quienes imponen condiciones sobre la SST en el Pacífico ecuatorial y sobre el SOI para su definición. Cuando el SOI es negativo, indicando una presión anómala baja sobre Tahiti o anómala alta sobre Darwin, los alisios se debilitan e incluso pueden revertirse y el cinturón de lluvias se desarma. Este fenómeno es la contraparte atmosférica de lo que ocurre en el océano, donde se produce un calentamiento superficial del mar en la región oriental del Pacífico ecuatorial. Es por eso que se usa

indistintamente evento o año cálido (WE) para las condiciones de SOI extremo negativo y evento o año frío (CE) para los valores del SOI extremo positivo.

TABLA 1. Lista de Episodios Cálidos (WE) y Fríos (CE) de la Oscilación del Sur durante el presente siglo y hasta 1988. Año de inicio con últimos dos dígitos.

Años WE (Mín SOI)	02, 05, 11, 14, 18, 23, 25, 30, 32, 39, 41, 51, 53, 57, 63, 65, 69, 72, 76, 82, 86
Años CE (Máx SOI)	04, 09, 10, 15, 17, 24, 28, 38, 50, 54, 61, 64, 66, 70, 73, 75, 88

La serie mensual del SOI, definida según Troup (1965) como los desvíos de la presión normalizados entre Tahiti y Darwin, y la serie mensual de anomalías de la temperatura del mar en la región 4° N-4° S; 150° W-90° W, (región El Niño 3), SST3, se obtuvieron del Climate Analysis Center, Climate Diagnostic Bulletin.

Hacia el Oeste de la región pampeana las condiciones del clima son de características semiáridas con precipitaciones anuales medias de alrededor de 600 mm mientras que el resto, con lluvias anuales que pueden superar los 1200 mm en su extremo Noreste, corresponde a un clima húmedo. Una breve descripción del comportamiento de las precipitaciones en la región se presenta en la Tabla 2, donde se muestran valores promedios de la Precipitación Anual media (Pam), para el record total de datos (columna 2) y para el período que comienza en 1941 (columna 3), así como la diferencia entre ambos, DP, (columna 4). También se incluye el total de las precipitaciones medias estivales (meses de Noviembre a Febrero) y las precipitaciones acumuladas en el período de Junio a Diciembre. Se evidencia un incremento durante el segundo período que es más notable para la región Sudoeste. La época de lluvias o estación húmeda es el verano con un porcentaje entre el 38% y 47% del total anual.

TABLA 2. Precipitación Anual media (PAm) en mm para dos períodos de información, su variación (DP) y cantidad acumulada promedio por estación del año, para las tres subregiones.

Subregión y nro. de estaciones	PAm (mm) Record Total	Pam (mm) Desde 1941	DP (mm)	Total Verano (mm) Nov a Feb	Total Inv-Pri (mm) Jun a Dic
Sudoeste (21)	610	670	60	265 (43%)	316
Norte (12)	827	856	29	393 (47%)	409
Este (17)	884	923	39	340 (38%)	472

2. 2 Metodología

Se emplea el Índice de Precipitación Estandarizado (IPE) según el método de McKee (1993, 1995). Este Índice se basa exclusivamente en la precipitación mensual, tiene escala temporal variable y se distribuye según una Normal luego de una transformación inversa del ajuste a una Gamma incompleta. En este estudio se aplica solamente para la escala de un mes. Un análisis exhaustivo de la determinación y la aplicación del IPE como Índice de sequía en la región semiárida y su comparación con otros índices hídricos se detalla en Scian (1997).

El método de MacQueen del k-medio es el método de asociación que se aplicó para determinar los conglomerados o "clusters". MacQueen (1967) empleó el término "k-medios" para indicar el proceso de asignar cada dato a un cluster (de entre k clusters) con el centroide más cercano (media). El determinar un cluster entre variables involucra una correlación u otra medida de asociación. Cuando se logra combinar la elección de variables, la transformación adecuada y la medida de la semejanza entonces se ha logrado una buena "asociación natural" (Anderberg, 1973).

Las correlaciones entre variables medida a través de los coeficientes de correlación y de correlación cruzada, fueron calculados con las fórmulas estándares que se presentan en la bibliografía, (Jenkins y Watts, 1968; Box y Jenkins, 1976). Las variables empleadas, como el IPE, son de distribución normal y cuando corresponde dichas series temporales se deben corregir para garantizar su estacionariedad. En meteorología se divide la muestra tomando los datos para un mes particular y así se supone que son estadísticamente independientes, lo que en general se comprueba. Las funciones de autocorrelación de las series del IPE fueron analizadas y se observó un comportamiento de ruido blanco. Para las pruebas de hipótesis se estableció un valor de $\alpha=0.05$.

3. RESULTADOS

3.1. Asociando el IPE mediante "clusters".

Al emplear el método de clusters a la variable IPE para esta región física de la Argentina se busca asociar localidades para delimitar subregiones que constituyan zonas homogéneas. Cada subregión estaría identificada por la serie media de anomalías de precipitación de las estaciones clasificadas con cierto criterio estructural pero sin la rigidez de límites estrictos o arbitrarios. Para aplicar el método de clusters se formó la matriz de datos con 41 variables correspondientes a las localidades seleccionadas con el mayor registro de años posible. En el mapa de la figura 1 se presentan las tres regiones obtenidas: Norte, Sudoeste y Este. En el caso elegido, con $k=3$, cada cluster incluye más del 20% de las localidades involucradas. Aunque son poco diferenciadas entre sí en su estructura interna, cada cluster corresponde a diferentes regímenes en la precipitación conocidos por su continentalidad, aridez o humedad suficiente. Estos resultados demuestran que un método netamente estadístico logró manejar las variables asociando con sentido físico la distribución de la lluvia.

Las series medias mensuales regionales del IPE desde 1900 pueden verse en los gráficos de las figuras 2a), 2b) y 2c), superpuestas con un ajuste por cuadrados mínimos y en donde se evidencia la tendencia positiva en las lluvias, mucho más marcada en la región Sudoeste. Algunos autores consideran que en el Sur de Sudamérica, en la región comprendida entre 20° Sur y 35° Sur, a partir de 1956 hubo un aumento en las tendencias positivas de la precipitación y que el mismo se relaciona con cambios en las tendencias de algunos índices hemisféricos, como el SOI y en mayor medida con el gradiente meridional medio de temperatura (Castañeda y Barros, 1994; Barros *et al.*, 1996).

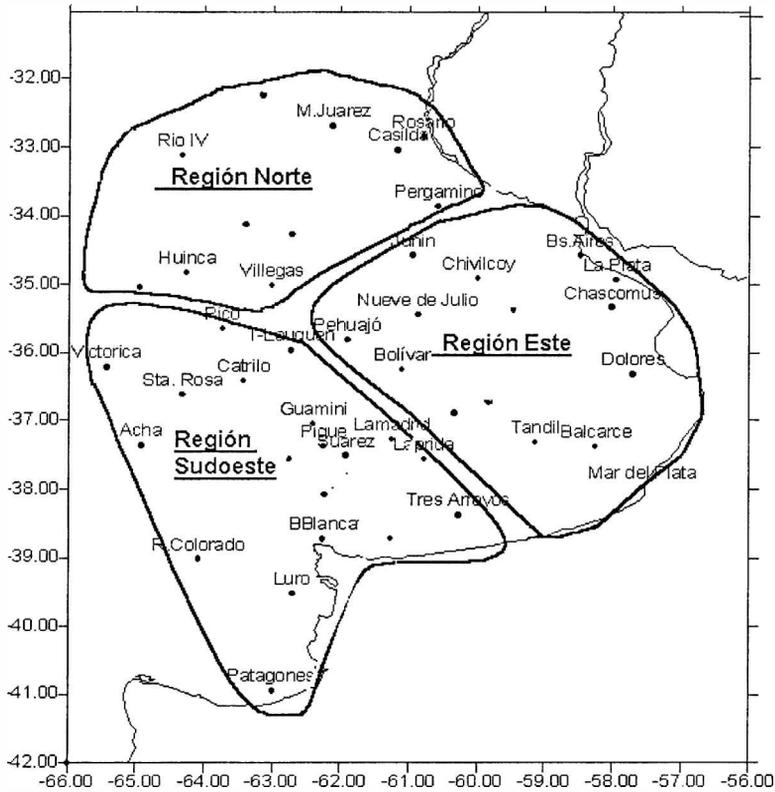


Figura 1. Mapa de ubicación de las localidades empleadas y las tres subregiones.

3. 2. Eventos ENSO cálidos (WE) y fríos (CE).

Se analiza por región, los casos de anomalías positivas en el IPE asociadas a eventos cálidos (WE) y las anomalías negativas del IPE con los eventos fríos (CE), considerando los años de los eventos que figuran en la Tabla 1. Se toma como umbral para las anomalías extremas del IPE los valores $\pm 0.5 \sigma$, (σ = desvío estándar). Se utiliza la notación (0) y (+) para referirse al año del desarrollo e instalación de un evento ENSO y al año siguiente, respectivamente. Se adoptan los resultados de RH96 para la región de las Pampas en Argentina al considerar que la estación Noviembre(0) a Febrero(+) experimenta un incremento en la precipitación mediana durante un WE y la estación Junio(0) a Diciembre(0) un déficit de precipitación en un CE.

3. 2. 1. WE. Dentro de cada región se compuso la serie de valores anuales promedio de las anomalías del IPE correspondiente a los meses de Noviembre del año en curso, Nov0, a Febrero del año siguiente, Feb+, que son los meses que constituyen el llamado evento cálido. La figura 3 muestra los resultados obtenidos, donde se ha marcado con W cada uno de los 21 eventos reconocidos en el presente siglo.

Episodios enso y su relacion con las anomalias de precipitacion en ...

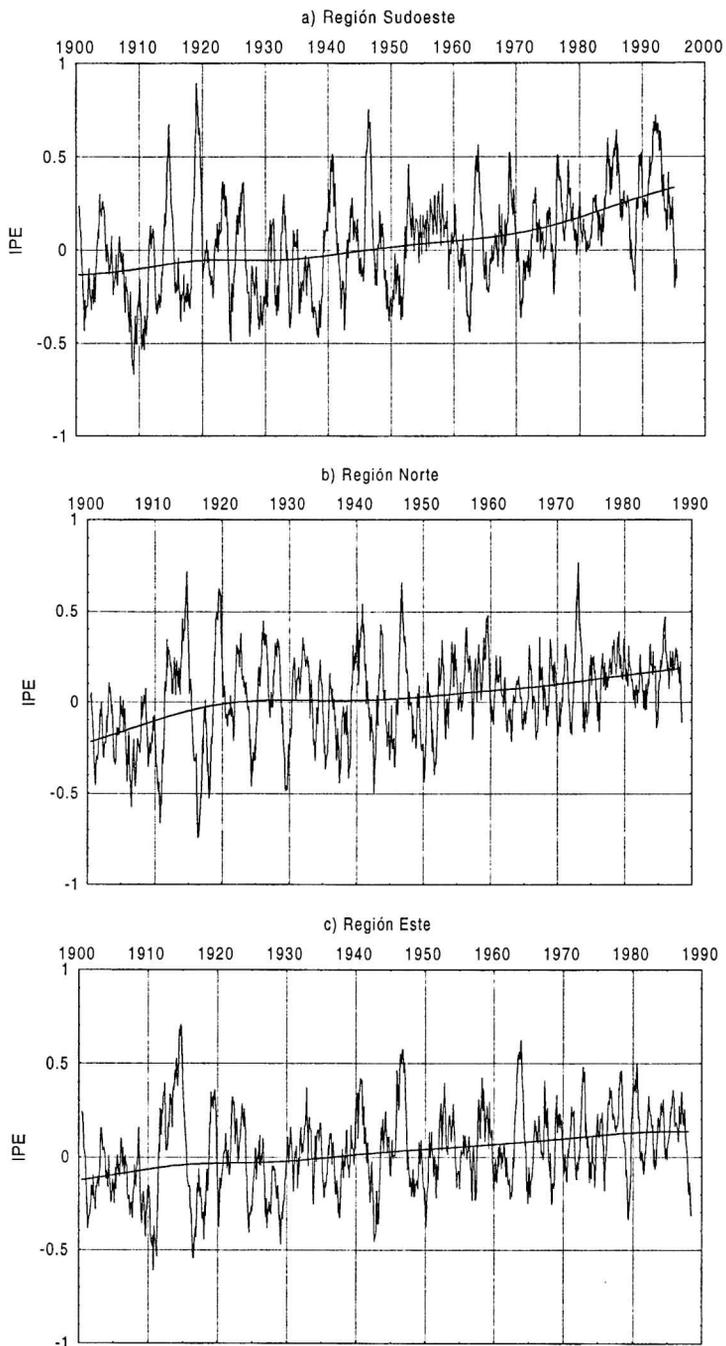


Figura 2. Serie de promedios de IPE para la región Sudoeste a), Norte b) y Este c) y ajuste por cuadrados mínimos.

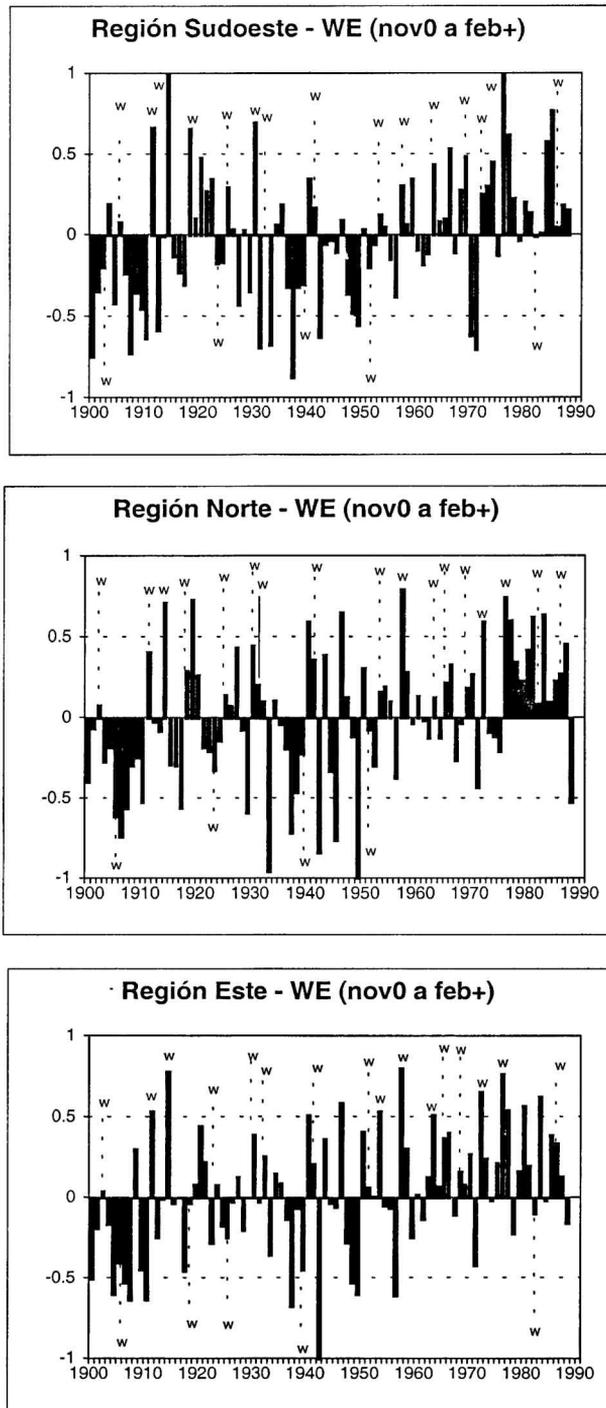


Figura 3. Anomalías de la precipitación para los meses nov0 a feb+ definidos según RH96. Los años WE se indican con W.

Episodios enso y su relacion con las anomalias de precipitacion en ...

REGION SUDOESTE - Se contabilizan 15 años con anomalías positivas sobre 21 eventos cálidos, (71%) pero sólo 5 superan el valor de 0.5σ que corresponden a los años 11; 14; 18; 30 y 76. Hay 5 años WE que le corresponden anomalías negativas y son el 02, 23, 39, 51 y 82. Sin embargo hay años que no son WE con importantes anomalías positivas, (mayores que 0.5σ) y son los años 66, 77, 84 y 85. El número de anomalías negativas que superan el valor $|-0.5 \sigma|$ es de 11 casos, de los cuales los dos últimos años, 70 y 71 corresponden a años fríos o La Niña.

REGION NORTE. El 81% de los WE coinciden con anomalías positivas del IPE, de los cuales los más intensos (mayor que 0.5σ) fueron el 14, 57, 72 y 76. Otros años que superan el valor de 0.5σ son 19, 40, 46, 77, 81 y 83 de los cuales algunos son consecuentes con los WE 18, 39, 76 y 82, no así el 46 y el 81. Al igual que en la región Sudoeste, algunos WE tienen anomalía de precipitación negativa; son los años 05, 23, 39 y 51.

REGION ESTE. Son 16 los años WE con anomalías de precipitación positiva (76%), y 7 años intensos (mayor que 0.5σ) a saber: 11, 14, 53, 57, 63, 72 y 76. Otros años que superan el valor 0.5σ son: 40, 46, 77, 80 y 83, donde todos son continuación de WE de los años 39, 76, 79 y 82; salvo el 46. En esta región, como en la Norte aparece el año 46 con una importante anomalía positiva. En la bibliografía, Quinn *et al.* (1978) y Matarira y Uganai (1994), entre otros, consideran un Niño en 1946, pudiendo ser entonces consecuencia de un Niño las anomalías de este año. Otros investigadores (Trenberth, 1996; Zhang y Levitus, 1997) marcan el año 1979 como un WE, lo que explicaría las anomalías del 80 en la región Este, no así las del 81 en la región Norte. Finalmente, los casos con anomalías negativas que corresponden a años definidos como WE son: 05, 18, 25, 39 y 82. Hay años con anomalías negativas extremas (menor que -0.5σ) y son: 04, 06, 07, 10, 37, 42, 48, 49 y 56, donde los dos últimos no corresponden a un WE sino a un CE.

3. 2. 2. CE. De la misma forma que para los WE, se compuso la serie, año a año de los promedios del IPE para el período de Jun(0) a Dic(0) que constituye el llamado evento frío, CE. La serie compuesta se presenta en los gráficos de la figura 4 donde se ha marcado con C al año correspondiente a cada evento frío, 17 en total.

REGION SUDOESTE. El 70% de los años correspondientes al fenómeno de "La Niña" presentan anomalías negativas del IPE. Los más intensos son el 10, 24 y 38. Hay 5 casos de CE con anomalías positivas: 04, 61, 64, 66 y 73 de los cuales todos son seguidos por años con déficit de lluvias, excepto el 66 que continúa positivo por 3 años más. Se designan como pre-ENSO aquellos episodios en los que la señal se produce al año siguiente pues el efecto en las anomalías de lluvias llegaría demorado a la región.

REGION NORTE. Se contabiliza un 53% de anomalías negativas que coinciden con un CE, de los cuales los años 10, 24 y 38 superan el valor límite junto con el 16 y el 37 que serían pre-ENSO.

REGION ESTE. El 82% de los CE tienen anomalías negativas del IPE pero sólo en dos años son intensas; el 10 y el 24, así como el 16. Los años 50 y 61 serían pre-ENSO.

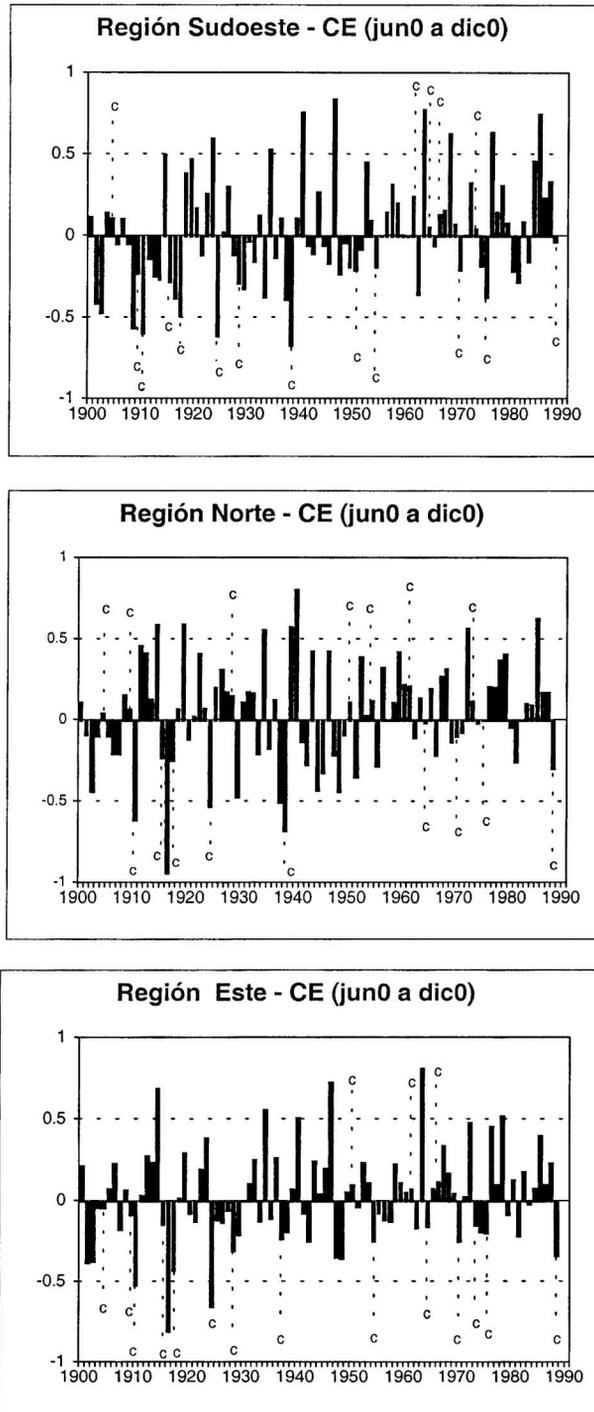


Figura 4. Anomalías de la precipitación para los meses de jun0 a dic0 definidos según RH96.. Los años CE se indican con C.

Episodios enso y su relacion con las anomalias de precipitacion en ...

Los resultados que se resumen en la Tabla 3 por región, son los porcentajes que indican coincidencia de WE/CE con anomalías positivas/negativas de lluvia, sin distinguir la intensidad del desvío. En la región Sudoeste los porcentajes de coincidencia no difieren entre WE o CE, la región Norte experimenta mayor numero de coincidencias en los WE mientras que en la región Este se observan los mayores porcentajes para ambos eventos, con predominancia de coincidencias en el CE. Hay un porcentaje de casos que el ENSO no llega a explicar y son los asociados a fenómenos de otra naturaleza que afectan a la pradera pampeana, ya sea relacionados con los desplazamientos de la zona de convergencia del Atlántico Sur (SACZ), las anomalías en la temperatura superficial del mar en el Atlántico Sur y/o la baroclinicidad asociada a las perturbaciones turbulentas sobre la corriente en chorro, por nombrar los que se consideran primordiales.

TABLA 3. Porcentaje de casos de fenómeno ENSO según sean WE o CE coincidentes con anomalías de precipitación positivas y negativas

	Región Sudoeste	Región Norte	Región Este
WE y Anom+PP	71%	81%	76%
CE y Anom-PP	70%	53%	82%

3. 3. Evolución en las anomalías de lluvia.

3. 3. 1. Anomalías de lluvia según WE y CE. Una forma de identificar la marcha de las anomalías de la precipitación bajo casos de episodios CE y WE es mediante la evolución de las anomalías del IPE para cada una de las regiones. A lo largo de un episodio ENSO se formó la serie promedio móvil trimestral del IPE, de manera que MAM(0), (Marzo, Abril, Mayo), identifica al trimestre previo a la instalación de un evento; AMJ(0) es el promedio del trimestre Abril-Mayo-Junio y así hasta OND(1) que es el trimestre Octubre-Noviembre-Diciembre(1) del año siguiente al del evento.

La marcha de las anomalías por región se muestran en la figura 5. Estos gráficos evidencian que las repercusiones más fuertes en las anomalías de la precipitación ocurren al final de la primavera y tienen sus valores picos en el verano, tanto los WE como los CE. Para OND(0) y NDE(1) las anomalías alcanzan valores de -0.3 y +0.3, respectivamente. Luego se debilitan y cambian de signo. Pese a tener un suavizado de tres meses, se observa un segundo pico en la región Norte, en JJA(1), para el caso de los WE, y en FMA(1) para los CE. En dichas figuras, se incluye la serie promedio de los años restantes, o sea los años que no clasifican como Niño o Niña, los no-ENSO. Los valores oscilan alrededor de cero y no superan el ± 0.1 .

Los rasgos principales observados son los desfasajes entre las dos curvas, donde el extremo seco se produce en Noviembre mientras que el húmedo es en Diciembre del año en que se instala el ENSO. Hay otro pico secundario a 4-5 meses del seco y a 7 meses del húmedo.

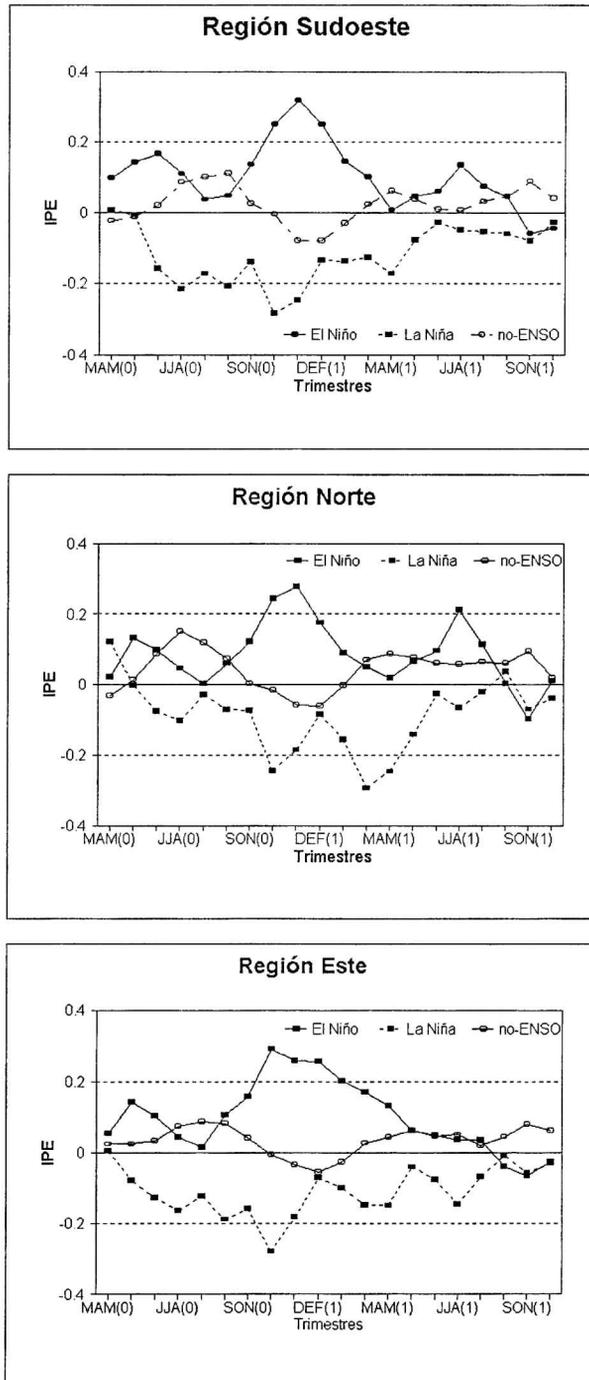


Figura 5. Evoluci3n de las anomalías de precipitaci3n estandarizada por trimestres desde la instalaci3n de un evento Ni3o-Ni3a (MAM(0)), hasta OND del a3o (+1) y para los a3os no-ENSO.

3. 3. 2. Cambios a lo largo del Siglo. Para este análisis se calcularon los valores medios del IPE por regiones y para:

- a) el número total de episodios cálidos (21) y fríos (17),
- b) los episodios cálidos antes de 1956, (13), y de 1957 en adelante (8) y
- c) los episodios fríos antes de 1956 (10) y después de 1956 (7).

En la Tabla 4 se resumen los resultados obtenidos de los cuales se desprende que para todos los episodios cálidos de este siglo, las anomalías positivas de la precipitación son mayores en la región Sudoeste. Sin embargo, considerando sólo el segundo período (a partir de 1956), se nota un mayor incremento en la región Este, (subrayado en la tabla). Con respecto a las deficiencias de lluvias relacionadas con los episodios fríos, las anomalías negativas para el período total se apartan menos del valor de la mediana que las correspondientes al episodio cálido.

TABLA 4. IPE medio por número de eventos cálidos (WE) y fríos (CE).

* Diferencia de medias significativa.

Período	Regiones	S-O	Norte	Este	Nro. de eventos en el período
WE Total		0.2697	0.2124	0.2451	WE(21)
WE hasta '55		0.2158	0.1107	0.1335	WE(13)
WE desde '56		<u>0.3574</u>	<u>0.3776</u>	<u>0.4266</u>	WE(8)
CE Total		-0.2065	-0.1008	-0.1989	CE(17)
CE hasta '55		-0.3470*	-0.1021	-0.2551	CE(10)
CE desde '56		<u>-0.0401*</u>	<u>0.0009</u>	<u>-0.1288</u>	CE(7)

Estos resultados son otra forma de corroborar las tendencias crecientes en las precipitaciones durante el período de estudio. Para los 8 WE desde 1956, las anomalías positivas de precipitación superaron y duplicaron los valores medios del período previo. Durante los 7 CE a partir de 1956 las anomalías negativas se debilitaron a tal punto que en la región Norte el IPE medio cambia de signo. Se aplicó el test t de Student para detectar diferencias significativas entre las medias de ambos períodos encontrándose significación estadística en la diferencia para el caso de evento frío en la región Sudoeste, marcado con asterisco en la Tabla 4. Este comportamiento evidencia que existen otros procesos de largo plazo que influyen en forma más contundente que el ENSO.

3. 4. Correlaciones espaciales y temporales del IPE con el SOI y la SST3

Los meses de Noviembre y Diciembre son los que tienen las anomalías extremas de precipitación durante eventos ENSO, (3.3.1). Para distinguir como incide este fenómeno en dichos meses sobre la precipitación de la región se analizan las correlaciones para un retardo nulo. Para ello, cada serie del IPE correspondiente a cada una de las tres regiones se descompuso en subseries, para los meses de Octubre,

Noviembre y Diciembre. Estas subseries se correlacionaron tanto con el SOI como con la SST3.

IPE - SOI- Los resultados demuestran que la señal entre el SOI y las anomalías de precipitación mensual son significativas como lo indican los coeficientes de correlación que se presentan en la Tabla 5, a), b) y c) para cada subregión.

TABLA 5. Matriz de correlación de los valores mensuales del SOI y el IPE. Los valores subrayados son significativos al nivel del 5%.

a) Región Sudoeste

SOI \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	.05	-.08	-.01	-.08	-.09	-.14	-.21	-.14	-.10	-.00	-.17
Nov	.17	.04	-.00	-.17	-.18	<u>-.28</u>	<u>-.24</u>	<u>-.25</u>	-.14	-.12	-.19
Dic	-.07	<u>-.23</u>	-.10	<u>-.26</u>	<u>-.45</u>	<u>-.44</u>	<u>-.56</u>	<u>-.37</u>	<u>-.31</u>	<u>-.28</u>	<u>-.41</u>

b) Región Norte

SOI \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	0.10	0.03	0.07	-.01	-.10	-.15	-.16	-.11	-.09	-.15	-.09
Nov	-.14	<u>-.21</u>	-.03	<u>-.29</u>	-.18	<u>-.31</u>	<u>-.45</u>	<u>-.40</u>	<u>-.34</u>	<u>-.26</u>	<u>-.36</u>
Dic	-.18	<u>-.25</u>	<u>-.22</u>	<u>-.31</u>	<u>-.42</u>	<u>-.42</u>	<u>-.48</u>	<u>-.42</u>	<u>-.36</u>	<u>-.23</u>	<u>-.46</u>

c) Región Este

SOI \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	-.07	-.13	-.14	-.15	-.12	-.14	-.20	-.17	-.20	-.13	-.16
Nov	-.12	-.19	-.11	<u>-.26</u>	-.18	<u>-.28</u>	<u>-.28</u>	<u>-.34</u>	<u>-.32</u>	<u>-.25</u>	<u>-.30</u>
Dic	-.06	-.18	-.10	<u>-.28</u>	<u>-.45</u>	<u>-.44</u>	<u>-.46</u>	<u>-.33</u>	<u>-.27</u>	<u>-.22</u>	<u>-.39</u>

El signo negativo indica que eventos cálidos (WE), que se traducen en SOI negativos, conducen a anomalías positivas de la precipitación mientras que eventos fríos (CE) tienen el efecto contrario. En todos los casos el mes que mejor correlaciona es Diciembre para el IPE, con Junio, Julio y Agosto para el SOI. El valor pico del coeficiente r es -0.56, correspondiente al SOI de Agosto con IPE de Diciembre para la región Sudoeste. Estos resultados pueden explicarse a través de una alteración en la posición del Anticiclón del Pacífico, que origina SOI negativos/positivos, que producen anomalías positivas/negativas en la precipitación principalmente en los meses de Noviembre y Diciembre cuando la fase negativa/positiva del SOI está presente desde el mes de Junio.

IPE - SST3- Se analizó la matriz de correlación entre el IPE mensual y la serie de valores mensuales de la SST3. Los resultados se muestran en la Tabla 6, a), b) y c) donde nuevamente, los meses de Noviembre y Diciembre son los que se correlacionan en forma significativa con la SST3 de Otoño, Invierno y Primavera.

Los coeficientes tienen signo positivo y valores máximos de 0.38, 0.58 y 0.58 para las regiones Sudoeste, Norte y Este respectivamente. Estos resultados parecen indicar

Episodios enso y su relacion con las anomalias de precipitacion en ...

que mientras el SOI se relaciona más fuertemente con las anomalías de precipitación en la región Sudoeste, la SST3 lo hace en el sector Este y Norte. Los altos valores de correlación obtenidos para algunos meses están indicando la potencialidad de los índices como predictores en la utilización de modelos estadísticos de predicción.

TABLA 6. Matriz de correlación de los valores mensuales de SST3 y el IPE. Los valores subrayados son significativos al nivel del 5%.

a) Región Sudoeste

SST3 \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	.02	-.02	-.13	.07	.14	.03	-.07	.11	.05	.09	.06
Nov	-.15	-.11	-.02	-.05	.10	.31	.27	.29	<u>.38</u>	<u>.36</u>	<u>.37</u>
Dic	.06	.08	.18	.22	<u>.37</u>	<u>.37</u>	.28	.32	.31	<u>.37</u>	<u>.36</u>

b) Región Norte

SST3 \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	-.04	-.10	-.08	-.01	.09	-.08	-.14	-.11	-.09	-.09	-.03
Nov	.23	<u>.33</u>	<u>.38</u>	<u>.42</u>	<u>.53</u>	<u>.57</u>	<u>.54</u>	<u>.56</u>	<u>.58</u>	<u>.53</u>	<u>.56</u>
Dic	.09	.22	.21	.20	<u>.38</u>	<u>.37</u>	<u>.31</u>	<u>.35</u>	<u>.29</u>	<u>.34</u>	<u>.31</u>

c) Región Este

SST3 \ IPE	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oct	-.00	.01	.06	.18	.23	.15	.10	.18	.16	.19	.20
Nov	.16	.18	.18	.15	.24	<u>.42</u>	.28	<u>.37</u>	<u>.36</u>	<u>.40</u>	<u>.34</u>
Dic	.11	.26	.31	<u>.39</u>	<u>.53</u>	<u>.58</u>	<u>.56</u>	<u>.44</u>	<u>.43</u>	<u>.38</u>	<u>.37</u>

Se analizaron las funciones de correlación cruzada entre el SOI como conducente y cada una de las tres series del IPE completas. La persistencia en dichas series es tan débil que pese a la estructura autoregresiva en la serie del SOI o de la SST3 (Trenberth y Shea, 1987), puede confiarse en los resultados de las correlaciones entre series pues una de ellas consiste sólo en ruido blanco, la del IPE. Si ambas series a correlacionar tuvieran estructura autoregresiva, entonces sí, se vería afectado el número de grados de libertad (Greenhut, 1979) que a su vez, afectaría el resultado de la aplicación de los test estadísticos pudiendo llegar a rechazarse en forma errónea la hipótesis nula, que el coeficiente de correlación es cero, $r(x,y)=0$, con una probabilidad mayor que la fijada como nivel de significación.

Los resultados muestran valores significativos máximos del coeficiente r, para un retardo (lag) de un mes, apenas perceptible, en la región Sudoeste, $r(\text{SOI,IPESudoeste}) = -0.141$. El retardo es nulo para las otras dos regiones y los coeficientes son: $r(\text{SOI,IPENorte}) = -0.113$ y $r(\text{SOI,IPEEste}) = -0.135$. Las funciones de correlación cruzada entre la SST3 y las series del IPE también tienen coeficientes significativos débiles con $r(\text{SST3,IPESudoeste}) = 0.148$ y $r(\text{SST3,IPEEste}) = 0.137$, ambos para un retardo (lag) de un mes. La región Norte no acusa coeficientes significativos. Estos

resultados no se consideran aportes de importancia debido a los bajos valores de los coeficientes.

4. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

La pradera pampeana se ha podido subdividir en tres regiones homogéneas según la precipitación mensual empleando el análisis de clusters. Al analizar las anomalías de lluvia para cada región, en su relación con los años denominados como Eventos Cálidos o Fríos se evidencia que los años más desfavorables en lo que se refiere a deficiencia de precipitación fueron los 16-17, 24 y 38 que corresponden a CE, existiendo otros eventos secos pero de menor intensidad y algunos que no pertenecen a CE. También se observa que las anomalías positivas intensas de lluvia para los años con Eventos Cálidos se registraron en la región total, en el 14, 57, 72 y 76. Entre el 71% y el 81% de WE ocurridos en el siglo XX coinciden con anomalías positivas del IPE. Un 53% a 82% de CE se asocian con anomalías negativas.

Las correlaciones entre el índice de Oscilación del Sur y las anomalías de lluvia mensual tienen los mayores valores significativos cuando se correlacionan el SOI de Junio, Julio y Agosto con las anomalías de lluvia de los meses de Noviembre y Diciembre, valores entre -0.42 y -0.56. En las correlaciones con la SST3 de los meses de Junio a Octubre los mayores valores significativos se dan con los desvíos de lluvia de Noviembre y Diciembre y los coeficientes calculados están entre 0.42 y 0.58. Cuando se analiza la marcha a lo largo de los meses, desde la instalación del fenómeno Niño/a, se observa que los dos impactan sobre las anomalías de lluvia con la misma intensidad pero con distinto signo, ya que tienen su valor extremo casi en el mismo mes: en un WE es Diciembre con valores positivos mientras que en un CE es Noviembre con anomalías negativas (± 0.3). Además, se produce un segundo pico al año siguiente de haberse establecido el ENSO. En el caso positivo, a los 5-6 meses después del pico de NDE. En las anomalías negativas el segundo pico se produce a los 3-4 meses del pico de OND y es más intenso, como en el caso de la región Norte. Rasmusson y Carpenter (1982), destacan un comportamiento parecido en una localidad costera (Pto. Chicama, Perú) que muestra un máximo principal intenso en Mayo-Junio seguido por un segundo pico también intenso a los 7 meses (Diciembre o Enero).

Al realizar las correlaciones cruzadas entre las series del IPE con el SOI y la SST3 respectivamente, en un análisis temporal, los coeficientes son relativamente pequeños (0.14) con un lag o retraso de un mes, apenas visible o nulo, según la región.

Uno de los resultados más destacados son las importantes correlaciones espaciales entre el SOI, la SST3 y las anomalías de lluvia. En particular, establece que el SOI desde el mes de Junio puede ser un buen predictor de las condiciones de precipitación en Noviembre y Diciembre para la región pampeana, en particular para la región Semiárida.

Agradecimientos: Este trabajo fue en parte financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) a través de los subsidios PIP No. 4493 y PIP No. 454/98.

REFERENCIAS

- Aceituno, P. 1988. On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate, *Mon. Wea. Rev.*, 116, 505-524.
- Anderberg, M.R. 1973. *Cluster Analysis for Applications*, A.Press, NY, pp 359.
- Barros, V.R., Catañeda M.E. y Doyle, M.E. 1996. Recent precipitation trends in Southern South America to the east of the Andes: an indication of a mode of climatic variability. *Greenhouse Gas Emissions Under Developing Countries Point of View*, COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Barros, V.R. y Doyle, M.E. 1998. Interannual precipitation variability over southern South America. *Sometido al International Journal of Climatology*.
- Box, G.E.P. y Jenkins, G. M. 1976. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Holden Day ed., pp 575.
- Cabrera, A.L. 1971. *Fitogeografía de la República Argentina*. *Boletín Soc. Argentina de Botánica*, 14, 1-42.
- Castañeda M.E y Barros, V.R. 1994. Las tendencias de la precipitación en el cono Sur de América al Este de los Andes, *Meteorologica*, Vol 19, 23-32.
- Greenhut, G.K. 1979. Reply to comments on "Correlations between rainfall and sea surface temperature during GATE", *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 1298-1299.
- Grimm A.M., Doyle, M. y Barros, V.R. 1998. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. Part I : Precipitation anomalies. *Sometido al Journal of Climate*.
- Grimm A.M. y Barros, V.R. 1998. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. Part II : Circulation anomalies. *Sometido al Journal of Climate*.
- Jenkins, G.M. y Watts D.G. 1968. *Spectral analysis and its applications*, Holden-Day Series, pp 525.
- Kiladis, G.N. y van Loon, H. 1988. The Southern Oscillation. VII: Meteorological anomalies over the Indian and Pacific sectors associated with the extremes of the oscillation, *Mon. Wea. Rev.* , 116, 120-136.
- MacQueen, J.B. 1967. Some methods for classification and analysis of multivariate observations, *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1. 281-297.
- Matarira, C.H. y Unganai, L.S. 1994. A Rainfall Prediction Model for Southern Africa based on the Southern Oscillation Phenomena, *Technical Handbook*. SADC/FAO, Early Warning System, pp 42.
- McKee, T. B., Doesken, N.J. y Kleist, J. 1993: The relation of Drought frequency and duration to time scales. Pre-print, 8th Conf. on Applied Climatology, 179-184.
- McKee, T. B., Doesken N.J. y Kleist, J. 1995: Drought Monitoring with multiple time scale. 9th. Conference on Applied Climatology, AMS, 233-236.
- Pittock, A.B. 1980. Patterns of climate variation in Argentina and Chile-I. Precipitation, 1931-60, *Mon. Weath.Rev.* 108, 1347-1360.
- Quinn, W.H., Zopf, D.O., Short, K.S. y Yang Kuo, R.T.W. 1978. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian Droughts, *Fish. Bull.*, 76, 663-678.
- Rasmusson E.M. y Carpenter, T.H. 1982. Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño, *Mon. Wea. Rev.*, 110, 354-384.
- Ropelewski C.F. y Halpert, M.S. 1987. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626.

Beatriz Scian

- Ropelewski C.F. y Halpert, M.S. 1989. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation, *J. Climate*, 2, 268-284.
- Ropelewski C.F. y Halpert, M.S. 1996. Quantifying Southern Oscillation-Precipitation relationships, *J. Climate*, 9, 1043-1059.
- Ropelewski C.F. y Jones, P.D. 1987. An extension of the Tahiti-Darwin Southern oscillation index. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2161-2165.
- Scian, B. 1997. Comparación entre el índice de precipitación estandarizado y otros índices hidrológicos para la región pampeana, *Meteorologica*, Vol. 22, No. 2, 37-47.
- Scian, B. 1999. Variabilidad interanual de la precipitación en la pradera pampeana y su relación con algunos índices de circulación atmosférica, Tesis doctoral, Univ. de Buenos Aires, 132 pág.
- Trenberth K.E. 1996. El Niño definition, *CLIVAR-Exchanges*, Vol 1, Nro 3, 6-8.
- Trenberth K.E. y Shea, D.J. 1987. On the evolution of the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 115, 3078-3096.
- Troup, A.J. 1965. The Southern Oscillation, *Quarterly J. Roy. Met. Soc.*, 91, 490-506.
- Zhang R-H y Levitus S. 1997. Interannual variability of the coupled tropical Pacific ocean-atmosphere system associated with El Niño-Southern Oscillation, *J. Climate*, 10, 1312-1330.

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE DOS TORMENTAS EN LA CIUDAD DE MONTE HERMOSO. ARGENTINA.

**Jorge Caló¹, Elba Fernández¹, Angel Marcos¹, Héctor Aldacour¹,
Pedro Varela².**

¹ Depto. de Geología, Univ. Nac. Del Sur, San Juan 670, 8000 Bahía Blanca, Argentina.
e-mail: jecal@criba.edu.ar

² C.E.R.Z.O.S. Camino la carrindanga, km 7, 8000 Bahía Blanca, Argentina.

RESUMEN

Las ciudades costeras están expuestas a las tormentas originadas por los fuertes vientos provenientes del mar, y a las olas generadas por los mismos. Estas tormentas ocasionan daños en la infraestructura de la playa, casas próximas a la línea de costa y además inconvenientes en los servicios generales de la ciudad. La ciudad de Monte Hermoso sufrió los efectos de dos tormentas de distintas características, las cuales son comparadas en este trabajo. En una de ellas, prevalece la acción eólica de fuertes vientos, en la otra predomina la acción erosiva de las olas.

La tormenta de efecto eólico fue causada por un centro de baja presión localizado frente a la costa de la Provincia de Buenos Aires. Se generó fuertes vientos que inciden en la localidad con dirección Sur y ráfagas que alcanzan los 130 km/h. La duración de la tormenta fue de 12 horas. La tormenta de efecto erosivo se generó en un centro de baja presión ubicado al sur de las Islas Malvinas. Los vientos inciden sobre la costa con dirección Sudoeste con ráfagas que alcanzaron los 80 km/h. La duración de la misma fue de 40 horas lo que produjo apilamiento de aguas que fue la causante de la acción erosiva en la costa.

Los efectos producidos por la primera tormenta fue la caída de árboles, rotura de vidrios y voladuras de carpas e infraestructura de playa. La segunda produjo deterioros en viviendas costeras con descalce de cimientos, rotura del camino costero y erosión de playa. Estos eventos hasta ahora poco recurrentes, merecen ser estudiados en el marco del Cambio Global y del ascenso del nivel del mar, para evaluar su importancia futura en la utilización de la costa.

Palabras claves: Costa – Tormenta – Erosión.

ABSTRACT

Coastal cities are exposed to storms with strong winds coming from the sea, and to waves generated by them. This paper presents and compares the damages inflicted to the city of Monte Hermoso by two storms, with different characteristics. In one of them prevailed the eolic action of strong winds, in the other one the erosive action of the waves.

The storm defined as eolic one was generated by a low pressure cell, located opposite the coast of the Buenos Aires Province. Strong winds from the South blew over the coast with gusts reaching 130 km/h. This storm lasted for 12 hours. The other storm, with coastal erosive effects, developed in a low pressure cell located southwards from Malvinas islands. Southwesterly winds reached the coast with 80 km/h gusts. They blew for 40 hours, developing a piling up of the water and thus causing an erosive action of the coast. As a result of the first storm, trees were uprooted, shop windows were broken, shelters and facilities in the beach were blown off. The second storm produced the undermining of coastal housings foundations, the collapsing of a coastal road and a generalized beach erosion. These non-frequent events, deserve to be studied in the frames of the Global Change and Sea-Level Ascent to asses their future importance in the coastal management.

Keywords: Coast – Storm –Erosion.

1. INTRODUCTION

Las ciudades costeras están expuestas a diferentes peligros ambientales. Unos de los más frecuentes son los ocasionados por los fuertes vientos provenientes del mar. Las tormentas de viento y las olas generadas por el mismo, producen daños en las propiedades y amenazan la vida humana. Además la acción de los fuertes vientos marinos locales puede ser coincidentes con olas naturalmente altas, resultando alturas del mar por encima de las normales, con los consecuentes riesgos de inundación de las zonas bajas.

El objetivo del trabajo es evaluar las condiciones de tormentas que se registran en la localidad balnearia con el fin lograr un conocimiento de las situaciones sinópticas bajo las cuales se originan las mismas. Ello puede ayudar al pronóstico de situaciones similares, que serán de utilidad en el establecimiento de programas de mitigación de los efectos que las mismas producen en las obras ingenieriles y de infraestructura que se encuentran sobre la playa, y que generalmente son las mas afectadas. Así también se podrá utilizar toda la información en el establecimiento de pautas para el desarrollo urbano, contando con un programa de planificación que contemple los sectores que eventualmente pueden ser afectados por las tormentas.

2. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

La ciudad balnearia de Monte Hermoso se encuentra situada en SO de la Provincia de Buenos Aires, Long 61° 15' 55" y Lat. 38° 59' 33", sobre la costa a 120 km de la ciudad de Bahía Blanca, (figura 1). En este sector la costa tiene una dirección E-O. A la altura del faro Recalada la costa toma la forma de una pequeña saliente y hasta el Balneario Sauce Grande, situado a 14 km en dirección E, la costa toma una dirección N 280°. Desde allí comienza a tomar la forma de una curva suave hasta alinearse N 80°. La playa en general presenta un perfil característico de barras y canales con presencia de una playa alta constituida por médanos frontales (figura 2). Estos han sido reemplazados por construcciones y obras de infraestructura en algunos sectores como consecuencia de la urbanización no planificada.

En este sector de la costa, el ancho promedio de la playa varía entre valores cercanos a los 266 m con una pendiente de aproximadamente 2°. En el sector céntrico de la rambla, construida sobre los médanos costeros, y frente al Faro, donde se presenta una costa levantada formando una barranca, el ancho alcanza solamente 130 m.

3. METODOLOGIA

Se realiza en este trabajo la comparación de dos tormentas que afectaron la localidad balnearia de Monte Hermoso. Una de ellas, en el mes de febrero, en la que prevalece la acción eólica de fuertes vientos con la consecuencia de voladuras de techos, roturas de vidriería, caída de árboles y además caída de postes de líneas de luz y de comunicaciones. En esta ocasión, la caída de árboles produjo heridas en una persona en un camping de la zona. La segunda tormenta, en el mes de abril, con

Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso....

vientos provenientes del mar de menor intensidad que los anteriores, pero con la acción de ondas de tormentas, produjo una intensa acción erosiva sobre la costa, resultando en el descalce de cimientos de casas costaneras, de obras de infraestructura como el camino costero, inundación de obras de protección del camino y de calles perpendiculares a la línea de costa. El origen de ambas tormentas es analizado en este trabajo, y las conclusiones son dadas a efectos de pronosticar eventos similares que permitirán prevenir o eventualmente minimizar los inconvenientes generados por estos fenómenos.

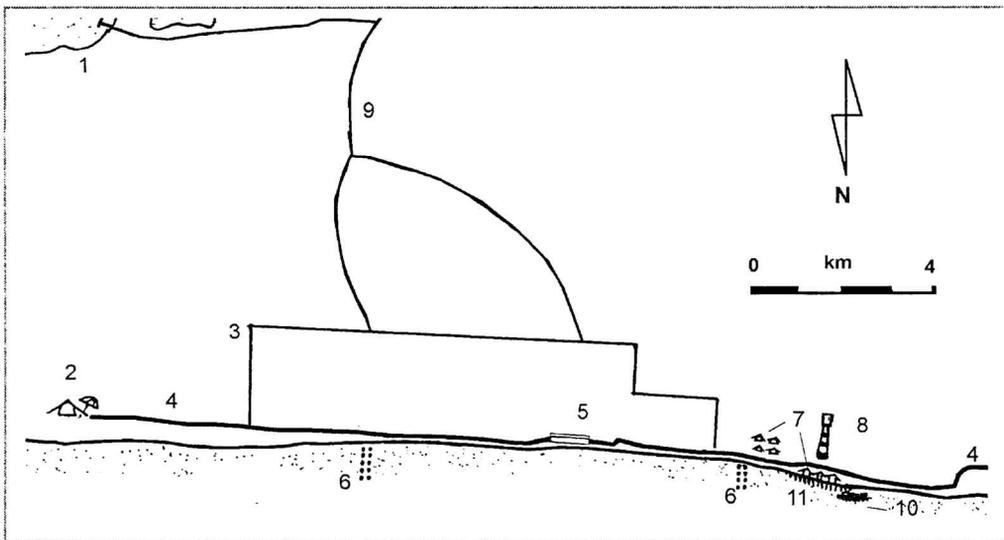
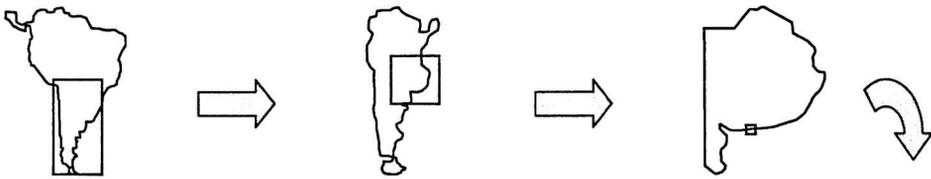


Figura 1. Ubicación del area de estudio. 1. Laguna Sauce Grande, 2. Camping, 3. Límite urbano, 4. Camino costero, 5. Rambla peatonal, 6. Espigones de pesca, 7. Barrios de viviendas, 8. Faro Recalada, 9. Ruta provincial de acceso, 10. Defensas costeras, 11. Zona de barrancas.

Para el desarrollo de este trabajo, se han realizado observaciones in situ de las tormentas, de los daños que ellas generaron en la playa, las obras ingenieriles y de infraestructura que se encuentran sobre la línea de costa.

La información oceanográfica de altura de olas y corrientes litorales, fue obtenida por la Estación Costera de Observaciones Ambientales (ECOA) mediante observaciones visuales (Littoral Environment Observations, LEO) según el método sugerido por

Schneider (1981). Los datos meteorológicos fueron tomados de la estación meteorológica local y los adquiridos a partir de las observaciones oceanográficas. Además se ha obtenido información de los periódicos locales y fotografías personales de los daños generados por la tormenta.

Los límites del fetch se calcularon siguiendo la metodología de la U.S. Navy Hydrographic Office (1951). La zona de fetch o la zona de generación y la zona de decaimiento se calcula según el método de SMB (Sverdrup, Munk, Bretschneider) en U.S. Army Corps of Engineers (1977) a partir de las situaciones sinópticas de ambas tormentas.

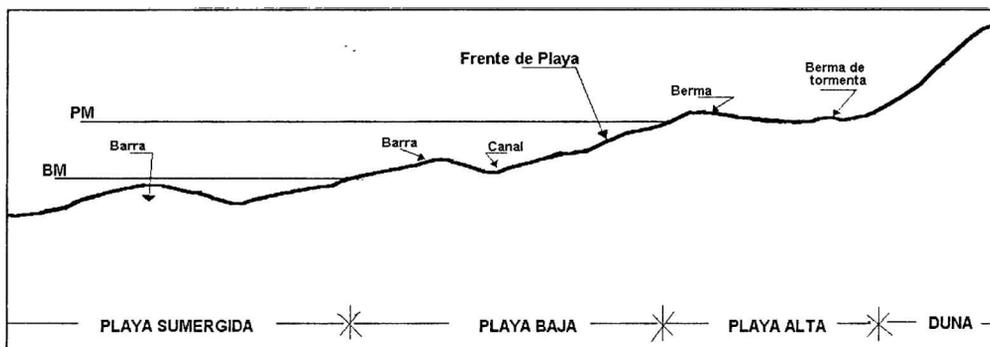


Figura 2. Perfil tipo de la playa del Balneario de Monte Hermoso.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS FENÓMENOS

A partir de la información meteorológica disponible, se describen las situaciones sinópticas de ambas tormentas. La situación sinóptica previa a la tormenta del mes de febrero (figura 3), muestra una intensa baja presión (999 mb) localizada en el mar, frente a la costa sur de la Provincia de Buenos Aires, conocida como la zona de El Rincón. El gradiente barométrico fue 15 mb. Esta extiende un frente frío que cruza la provincia hacia el norte del país y hacia la costa del Río de la Plata. Se generan fuertes vientos que soplan del sector sur en el punto de observación. La velocidad promedio del viento fue de 48 km/h, la velocidad máxima promedio 87 km/h, y las ráfagas alcanzaron los 130 km/h. El viento persistente hacia la costa elevó el nivel de las olas entre 4 y 5 metros.

La situación sinóptica previa al temporal del mes de abril (figura 3), mostró una intensa baja presión (987 mb) ubicada en proximidades de las Islas Malvinas, con un gradiente barométrico de 33 mb. Esta extendió un frente frío hacia el norte que cruzó toda la costa patagónica y el resto del país. Se generó así una circulación de vientos del Sur y Sudoeste. La velocidad promedio de estos vientos se mantuvo constante durante los días 3 y 4 de abril, oscilando entre los 40 y 50 km/h, con velocidades máximas absolutas que alcanzaron los 80 km/h. Según algunas informaciones periodísticas del

Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso...

lugar, se habrían alcanzado ráfagas de hasta 100 km/h. El viento persistente hacia la costa elevó el nivel de las mareas por acumulación de las mismas y produjo olas de rompiente de hasta 6 metros dando lugar a una severa erosión en la costa y médanos y en las obras de infraestructura, aún inundando calles aledañas a la costa. También causaron destrozos en viviendas ubicadas sobre el médano bordeando la playa y en las defensas del faro Recalada.

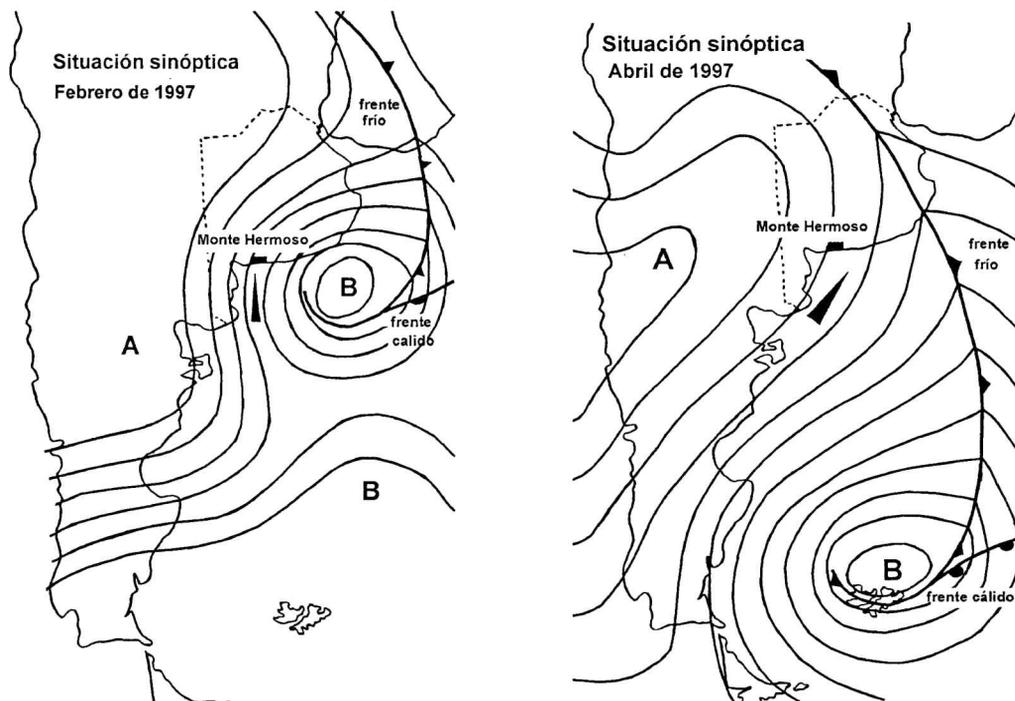


Figura 3. Situaciones sinópticas de las tormentas del mes de febrero y del mes de abril de 1997 en la ciudad de Monte Hermoso.

En la Tabla 1 se sintetizan las características principales de las dos tormentas, velocidad y dirección del viento, altura de las olas (LEO), duración y efectos de las mismas.

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Ambas tormentas generaron daños de distinta intensidad en la costa. Sin embargo la tormenta del mes de abril generó mayor erosión en la línea de costa, aunque la intensidad del viento fue menor que la del mes de febrero. La mayor diferencia entre ambas tormentas radica en que la del mes de febrero es de 12 horas de duración, en tanto que la del mes de abril tiene una duración de 40 horas.

Tabla 1: Características de las tormentas de febrero y abril de 1997 en la localidad balnearia de Monte Hermoso.

COMPARACIÓN DE LAS TORMENTAS		
	FEBRERO	ABRIL
Velocidad media del viento	48 km/h	45 km/h
Dirección del viento	SW	WSW
Velocidades máximas del viento (ráfagas)	130 km/h	80 km/h
Fetch	250 km	600 km
Altura de las olas (LEO)	2,5 m	5 m
Duración de las tormentas	12 horas	40 horas
Efectos producidos por las tormentas	Caídas de árboles, rotura de vidrios, voladuras de carpas y de infraestructura de playa.	Deterioros de viviendas, descalce de camino costero, erosión de playa.

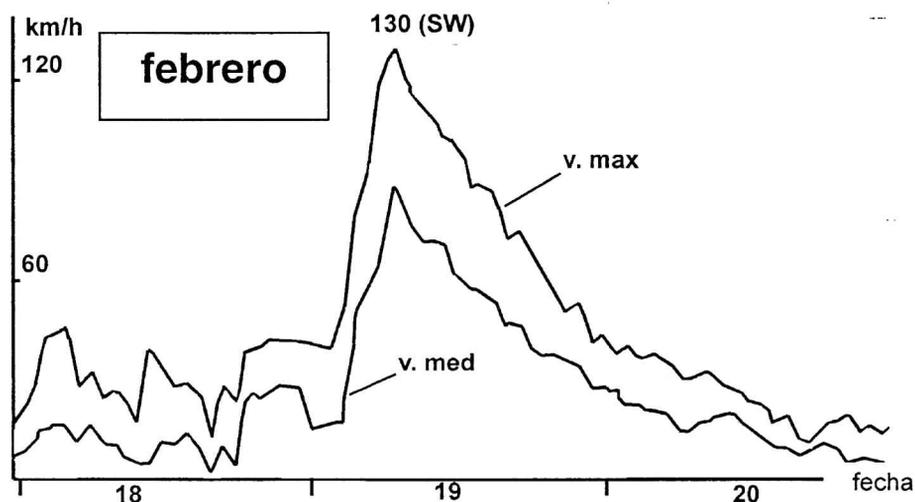
De acuerdo a la información disponible de los mapas sinópticos de ambas tormentas, se pudo estimar el fetch de la zona de generación y la zona de amortiguación según el método mencionado de SMB. Durante la tormenta del mes de febrero, el área de fetch es de aproximadamente 250 km con una longitud de amortiguación de 200 km. Pese a la distancia de amortiguación de las olas, estas llegan a la costa con una altura similar a la del área de generación. La altura de las olas en el área de generación alcanzarían los 5 a 6 metros, llegando al punto de observación con alturas de entre 4 y 5 metros.

Durante la tormenta del mes de abril, la zona de fetch se estima en 600 km con una longitud de amortiguación de 450 km. Las olas que en el área de generación son de aproximadamente 6 a 7 metros de altura que alcanzan la playa con olas de hasta 6 metros en la rompiente. La intensidad del viento que se mantuvo constante durante 40 horas y la acumulación de agua sobre la costa debido a la acción del viento y la acción de las mareas, serían las causantes de que las olas no disminuyan su altura en la costa pese a la distancia de amortiguación que recorrieron.

Si bien la velocidad promedio del viento es muy similar en ambas tormentas (48 y 45 km/h), la intensidad máxima del viento se logra en la tormenta del mes de febrero con ráfagas de 130 km/h. En el mes de abril las ráfagas alcanzan los 80 km/h (figura 4). La dirección dominante del viento en la tormenta de abril es en general del SW que es la que produce mayor efecto erosivo, en tanto que la de febrero tiene una dirección predominante del S. Se considera que la distancia mayor del fetch de la tormenta de abril, la mayor duración de la misma, conjuntamente con la acción de las mareas

Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso...

sucesivas y las olas de 6 metros de altura que se observaron en la costa fueron los procesos responsables del mayor efecto destructor de la misma. (figura 5).



Velocidad media y velocidad máxima absoluta del viento

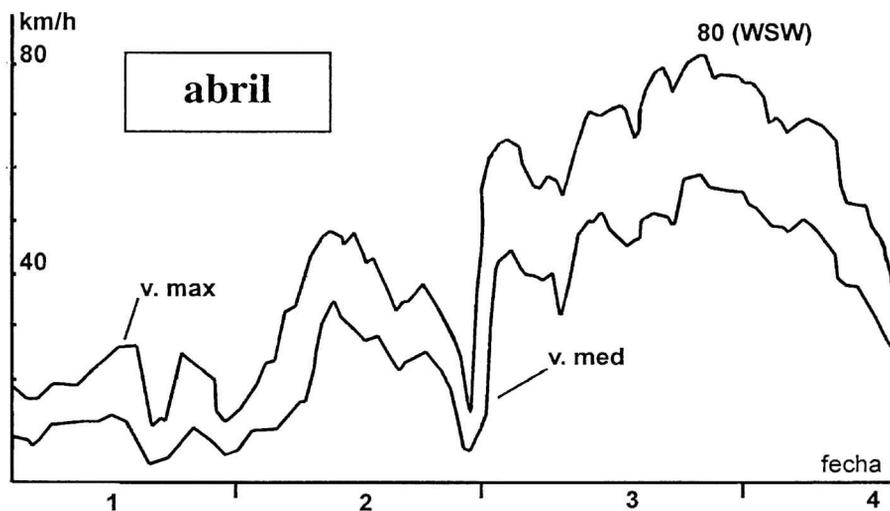


Figura 4: Velocidades medias y máximas del viento durante las tormentas de febrero y abril de 1997, según los registros de la estación meteorológica de la ciudad de Monte Hermoso.

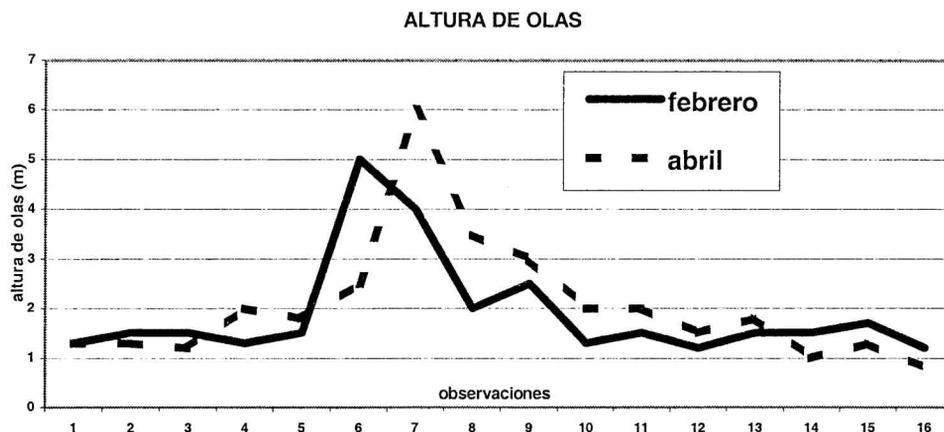


Figura 5: altura de olas durante las tormentas del mes de febrero y del mes de abril de 1997 según las mediciones del LEO.

Los efectos erosivos de la tormenta del mes de Abril se notaron fundamentalmente en el camino que une esta localidad con el balneario Sauce Grande, el cual fue cortado luego de que la acción de las olas superara la barrera protectora artificial que se encuentra al pie de las barrancas del Faro Recalada y arrastrara el material por detrás de la misma, produciendo el derrumbe del camino. En estas barrancas, también se vieron afectadas las viviendas construidas en el borde de las mismas que sufrieron los descalces de los cimientos. Algunas de estas casas que poseían sistema de defensas frontales superaron sin inconvenientes el temporal. En la zona costera céntrica de la ciudad, donde se encuentra una rambla, también se produjeron descalces de cimientos que deterioraron dicho paseo. En algunas calles perpendiculares a la línea de costa, el agua superó las bermas costeras y se introdujo por las mismas alcanzando en algunos casos los 100 metros hacia el interior de la ciudad.

Por el contrario, los daños que generó la tormenta correspondiente al mes de febrero fueron principalmente de voladuras de árboles, techos de chapa, roturas de vidrieras, infraestructura de playa (carpas, quioscos, etc.). No se observaron efectos de erosión costera, si bien el nivel del mar llegó hasta las edificaciones costeras.

6. CONCLUSIONES

Existe una problemática mundial centrada en el cambio global y el ascenso del nivel del mar puesta en evidencia por los estudios realizados a partir de programas internacionales como los de la UNESCO entre los que se pueden mencionar los siguientes: GOOS (Global Ocean Observing System), JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study), WOCE (World Ocean Circulation Experiment). El Comité Oceanográfico Internacional (COI) desarrolla el programa GLOOS (Global Sea Level Observing

Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso....

System). Organismos y programas como el BODC (British Oceanographic Data Center), LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone) y el IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change) desarrollan estudios en las zonas costeras. Como consecuencia de estos fenómenos, los efectos de las tormentas sobre las costas son mayores y agravados por la presión demográfica que tiende a modificar la conformación natural de las mismas.

En la localidad Balnearia de Monte Hermoso se observaron distintos efectos producidos por tormentas costeras. Una de ellas, en el mes de febrero de 1997, produjo daños causados por acción eólica tales como la caída de árboles, rotura de vidrios y voladuras de carpas y paradores de playa. La otra, en el mes de abril del mismo año, produjo daños causados por acción erosiva de las olas originando deterioros en viviendas costeras con descalce de cimientos, rotura del camino costero, erosión de la playa y de las dunas.

Del análisis de las mismas se observó que:

1. La tormenta del mes de febrero se originó en un fetch local (300 km) a partir de un centro de baja presión localizado sobre la costa de la Provincia de Buenos Aires que originó vientos que inciden en el punto de estudio con dirección sur. El gradiente barométrico fue de 15 mb. La duración de la misma fue de 12 horas.

2. La tormenta del mes de abril, se originó en un fetch de 600 km a partir de un centro de baja presión que se ubicó en las Islas Malvinas y que afectó toda la costa patagónica y los vientos incidieron en el punto de observación con dirección sudoeste. El gradiente barométrico fue de 33mb y la duración del fenómeno fue de 40 horas.

Estos eventos hasta ahora poco recurrentes, merecen ser estudiados en el marco del Cambio Global y del ascenso del nivel del mar, para evaluar su importancia futura en la utilización de la costa.

Agradecimientos: Se agradece al técnico observador Sr. Nelson Marquez por la toma diaria de la información oceanográfica y climatológica.

REFERENCIAS

- U.S. Navy Hydrographic Office. 1951. Manual on Amphibious Oceanography, R.L. Wiegel, ed., IER, Contract N7onr-29535, Washington, D.C. Pentagon Press. 1951.
Schneider C., 1981. The littoral environment observation (LEO) data collection program. Coastal Engineering Research Center, Technical Aid, 81-5, Vicksburg, Ms.
U.S. Army Corps of Engineers. 1977. Shore protection manual. 3 Vol.

PETROGRAFIA Y GEOQUIMICA DEL PLUTON ARROYO PAILEMAN,
MACIZO NORDPATAGONICO

Laura E. Grecco

CONICET, Dto. de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670. 8000 Bahía Blanca.
Argentina. e-mail: mlgrecco@criba.edu.ar

RESUMEN

El plutón Arroyo Pailemán se extiende en dirección noroeste en el sector nororiental del Macizo Nordpatagónico. Consiste principalmente en un granito rosado a gris claro cuya composición varía desde monzogranito hasta sienogranitos. Se encuentra intruyendo al plutón Arroyo Tembrao, ubicado al oeste y a un basamento metamórfico compuesto de esquistos, anfíbolitas y rocas calcáreas del Complejo Mina Gonzalito.

Las rocas son fundamentalmente peraluminosas con afinidades calcoalcalinas relacionadas a procesos de diferenciación. El emplazamiento del plutón se produjo en un ambiente colisional.

Palabras claves: geoquímica, rocas graníticas, peraluminicas, Macizo Nordpatagónico.

ABSTRACT

Arroyo Pailemán Pluton trends northwest in the northeastern sector in the North Patagonian Massif. It consists mainly of a pinkish to light grey granite whose composition ranges from monzogranite to syenogranites. It intrudes Arroyo Tembrao Pluton to the west and a metamorphic basement composed of schists, amphibolites and calcareous rocks of the Mina Gonzalito Complex. The rocks are mainly peraluminous with calc-alkaline affinities related to a process of differentiation. Emplacement of pluton took place in a syncollisional environment

Keywords: geochemistry, granitic rocks, peraluminosity, Northpatagonian Massif.

1. INTRODUCCION

El plutón Arroyo Pailemán forma parte del grupo de los granitoides gondwánicos que afloran en el sector central y nororiental del Macizo Nordpatagónico (figura 1). En base a estudios de campo y petrográficos las rocas graníticas del área de Pailemán (Grecco *et al.*, 1994) fueron divididas en Granito Arroyo Pailemán (APG) y Granodiorita Arroyo Tembrao (ATGd). Diques graníticos aplíticos y pegmatíticos son comunes en el área y se encuentran intruyendo a las rocas metamórficas y a los plutones antes mencionados. Grecco *et al.* (1994) reportó edades Rb-Sr de 268 ± 3 Ma para el Granito Arroyo Pailemán (APG) y 258 ± 3 Ma para la Pegmatita Pailemán.

Por otro lado, la edad de la Granodiorita Arroyo Tembrao permanece aún incierta. No existen evidencias geoquímicas o isotópicas que permitan hablar de consanguinidad entre ella y el Granito Arroyo Pailemán, excepto que este último la intruye en forma neta y discordante. Sin embargo, ambos plutones, que cubren un área de aproximadamente 160 km^2 fueron intruidos en niveles poco profundos y durante el mismo episodio de actividad ígnea.

El basamento metamórfico está compuesto por esquistos micáceos, anfíbolitas y rocas calcáreas del Complejo Mina Gonzalito. Según Varela *et al.* (1998) las rocas

Petrografía y geoquímica del plutón arroyo Pailemán,...

reunidas en el Complejo Mina Gonzalito son parte de una corteza modificada en el Proterozoico superior tardío a Paleozoico inferior temprano; las edades U/Pb sobre circones y Rb/Sr en roca total ubican los procesos metamórficos en el entorno de los 500-600 Ma. Los granitoides de este sector junto con los de La Esperanza y Nahuel Niyeu constituyen una de las principales áreas del Batolito de Somoncurá que presentan el magmatismo ácido más extenso que se produjo en el Pérmico Tardío-Triásico Inferior. Rocas sedimentarias de edad Jurásico-Cretácico yacen discordantemente sobre rocas metamórficas y plutónicas al norte de la Sierra de Pailemán.

El objetivo de este trabajo es la caracterización petrológica y geoquímica del plutón Arroyo Pailemán y la definición de su ambiente tectónico.

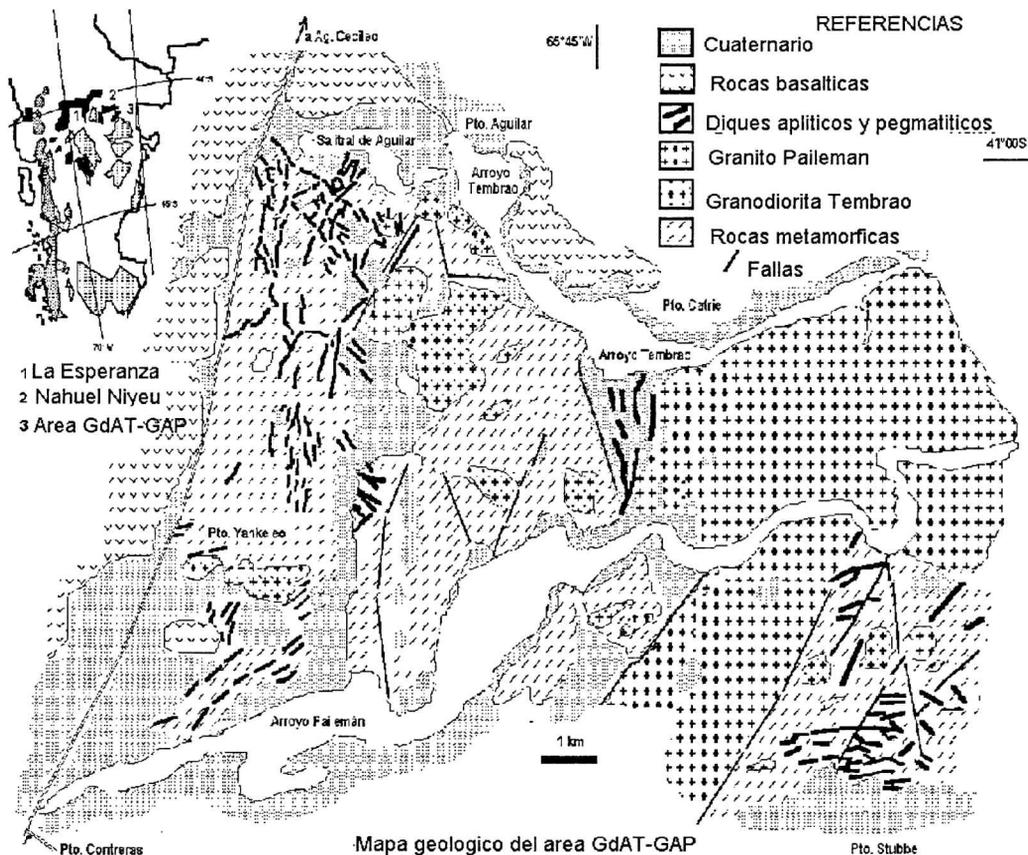


Figura 1. Mapa geológico del área Granodiorita Arroyo Tembrao-Granito Arroyo Pailemán.

2. PETROGRAFIA

El plutón Arroyo Pailemán constituye un cuerpo elongado de 10 km de longitud en dirección NW y 4 km de ancho. Presenta textura equigranular hipidiomórfica de grano

medio. En base a la mineralogía modal, el plutón presenta una composición principalmente monzo a sienogranítica (Grecco *et al.*, 1994). Está compuesto de microclino, cuarzo y plagioclasa. Muscovita es el mineral micáceo más abundante acompañada de escasa biotita. Como minerales accesorios aparecen granate, zircón, apatito y fluorita. Los intercrecimientos mirmequíticos de cuarzo y plagioclasa con formas bulbosas son comunes en los márgenes de los granos adyacentes al microclino.

El microclino es perítico, intersticial, ocupando espacios irregulares entre plagioclasa y cuarzo. Los granos más largos tienen inclusiones de plagioclasa, cuarzo y biotita, lo cual indica que se formó posteriormente en la secuencia de cristalización. La plagioclasa es generalmente subhedral con zonación. En base a determinaciones ópticas y análisis con microsonda se determinó su composición albíta-oligoclasa de composición entre An₁₂-An₁₆.

La muscovita se presenta en tres tipos texturales: en cristales subhedrales aislados, laminillas intercrecidas con biotita y muscovita sericítica (en plagioclasa). La biotita aparece en cantidades inferiores al 5% en la mayoría de las muestras y es característica de las granodioritas.

El granate (1-3%) se presenta en la mayoría de las muestras del plutón Arroyo Pailemán como cristales subhedrales y anhedrales, algunas veces con fracturas y anillos de reacción o inclusiones de biotita. El zircón se presenta principalmente como inclusiones en biotita, mientras que el apatito aparece como inclusiones o como granos aislados; fluorita incolora o púrpura rellena pequeñas cavidades.

3. GEOQUIMICA

Un total de 21 muestras pertenecientes al Granito Arroyo Pailemán fueron analizadas por elementos mayoritarios, minoritarios y traza (incluyendo REE). Los elementos mayoritarios y traza (incluyendo las REE) fueron realizados en los laboratorios ACTLABS (Canadá), mientras que los datos isotópicos fueron analizados en NIGL, Nottingham para geocronología Rb-Sr.

Sobre un diagrama QAP, usando la mineralogía normativa CIPW (figura 2), las muestras del plutón Arroyo Pailemán son principalmente monzogranitos pero varían desde monzonitas cuarcíferas (sur del Arroyo Pailemán) hasta sienogranitos y granitos alcalinos (norte del Arroyo Tembrao). Presentan una variación de SiO₂ entre 69.50 a 75.86%. Estos granitoides grafican en el campo subalcalino del diagrama de Bonin (1982) alcalis total versus sílice y son moderadamente peraluminosos a peralcalinos de acuerdo al diagrama de Shand (figura 3). Los contenidos de corindón normativo, al igual que la presencia de muscovita y granate, también reflejan su carácter peraluminoso.

En los diagramas de Harker, la Granodiorita Arroyo Tembrao, el Granito Arroyo Pailemán y los granitos aplíticos-pegmatíticos grafican en campos separados, distinguiéndose las granodioritas menos diferenciadas, de monzogranitos de grano medio a grueso y de las aplitas más diferenciadas. Los contenidos de hierro total, CaO y TiO₂ se correlacionan inversamente con la sílice sugiriendo una diferenciación consanguínea. Incrementos en TiO₂, CaO y Fe₂O₃ y disminución en Rb con aumento en

MgO son consistentes con un proceso de cristalización fraccionada; los incrementos en TiO₂ y Zr son consistentes con un fraccionamiento continuo de biotita y zircón en el Granito Arroyo Pailemán. La disminución de la relación Rb/Ba con el aumento de SiO₂ sugiere una importante cristalización de plagioclasa y feldespato potásico. El Granito Arroyo Pailemán está caracterizado por un enriquecimiento en LREE con respecto a HREE (figura 4). Las abundancias totales de REE disminuyen con el incremento de sílice, y generalmente aumentan cuando lo hacen los niveles de P₂O₅ y Zr.

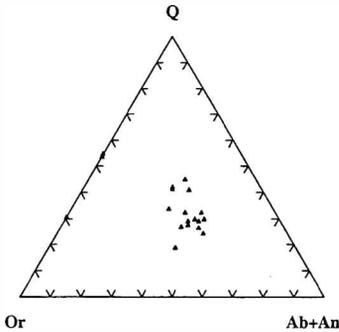


Figura 2.- Diagrama ternario normativo CIPW para las rocas del plutón Arroyo Pailemán.

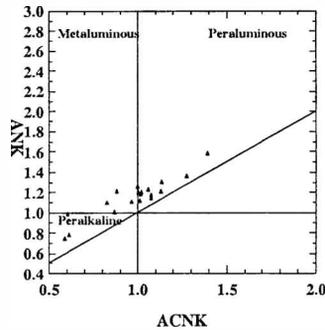


Figura 3.- Diagrama de Shand para las rocas del plutón Arroyo Pailemán

En base a lo expresado anteriormente, tanto las variaciones mineralógicas como las de elementos mayoritarios y traza observadas en el plutón Arroyo Pailemán, sugiere que las fases principales de fraccionamiento fueron la biotita y el feldespato. La carencia de una importante anomalía de europio puede interpretarse como que la biotita tuvo un rol mucho más importante que el feldespato, aunque el fraccionamiento de apatito puede haber enmascarado el desarrollo de la anomalía negativa de europio. Por otro lado, la presencia de granate en algunas muestras aumenta las tierras raras pesadas y origina diseño horizontal para las HREE (figura 4).

Cierto número de parámetros geoquímicos, así como también características petrográficas de las rocas, indican que las rocas del plutón Arroyo Pailemán son calcoalcalinas, así como también la tendencia en el diagrama AFM (figura 5) donde se observan las muestras del plutón con composiciones más evolucionadas. Sobre el diagrama discriminante Rb versus Y+Nb (figura 6) las muestras del plutón Arroyo Pailemán grafican en el límite entre los campos arco volcánico y colisional.

4. CONCLUSIONES PRELIMINARES

En base a la petrografía y composiciones químicas las muestras pertenecientes a este plutón son típicas de los granitoides tipo S (Chappell y White, 1974; White, A.J.R., *et al.*, 1983). Esto implicaría que el plutón habría derivado de fusión parcial de

una fuente metasedimentaria. La afinidad tectónica es consistente con un ambiente colisional.

Para comprender mejor el magmatismo pérmico del sector oriental del MNP y la naturaleza de las rocas fuente del plutón Arroyo Pailemán son necesarios estudios regionales y de detalle.

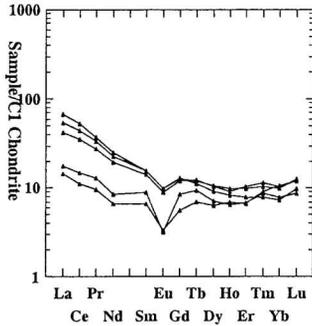


Figura 4.- Diagrama de tierras raras normalizado a condrita para el plutón Arroyo Pailemán.

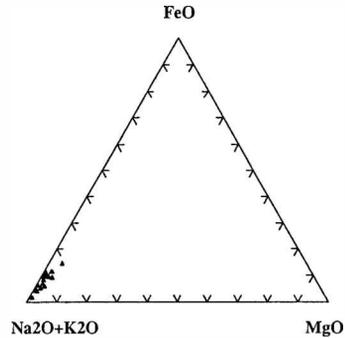


Figura 5.- Diagrama AFM, de Irvine y Baragar (1971)

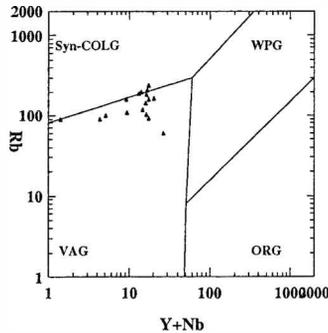


Figura 6. Diagrama discriminante Rb/Y + Nb

Agradecimientos: Este trabajo fue realizado mediante un subsidio otorgado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica PMT-PICT 0479/97 y la Universidad Nacional del Sur.

REFERENCIAS

Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types: Pacific Geology, 8, p.173-174.

Petrografía y geoquímica del plutón arroyo Pailemán,...

- Bonin, B., 1982. Les Granites des Complexes Annulaires. Manuels et Méthodes, vol. 4, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, France, 183pp.
- Grecco, L.E., Gregori, D.A., Rapela, C.W., Pankhurst, R.J. and Labudia, C.H. 1994. Peraluminous granites in the northeastern sector of the North Patagonian Massif: Actas 7 Congreso Geológico Chileno, II:1354-1359.
- Irvine, T. N. y Baragar, W. R. A., 1971. A guide to the chemical classification of the common rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, 8: 523-548.
- Varela, R., Basei, M.A.S., Sato, A.M., Siga Jr., O., Cingolani, C. and Sato, K. 1998. Edades isotópicas Rb/Sr y U/Pb en rocas de Mina Gonzalito y Arroyo Salado. Macizo Nordpatagónico Atlántico, Río Negro, Argentina: X Congreso Latinoamericano de Geología, Buenos Aires.
- White, A.J.R. and Chappell, B.W., 1983, Granitoids types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia: Geol. Soc. Am., Mem.159, p.21-34.

TECHNICAL NOTE

**HOURLY RAINFALL DISTRIBUTION IN EAST MALAYSIA DURING THE
SOUTHWEST MONSOON SEASON.**

Alejandro Livio Camerlengo and Andlim You Rang

Faculty Of Applied Sciences And Technology Universiti Putra Malaysia. 21030 Kuala
Terengganu. Malaysia. E-Mail: alejo@tm.net.my

ABSTRACT

The hourly rainfall pattern during the southwest (SW) monsoon season is addressed. For this purpose, hourly rainfall data of nine selected stations are analyzed. The study period was thirty-one years. The results of this investigation show that four main mechanisms are responsible for the daily rainfall distribution in East Malaysia. These mechanisms are: (a) convergence of land breezes, (b) increase of the atmospheric lapse rate during the night, (c) convection and (d) sea breeze. For example, these four mechanisms may be important in a particular station in a given month and not in the following one or the precedent one. Or it may just be that one mechanism is important for a different station in a given month.

Keywords: Precipitation – Monsoon – Atmospheric flow

RESUMEN

Se presenta la distribución horaria de precipitación en nueve estaciones localizadas en el Este de Malasia durante el Monsoon del Sudeste. El período de estudios consta de 31 años. Los resultados de la investigación muestran cuatro factores que afectan la precipitación en esa zona, pero estos no afectan en la misma estación del año ni simultáneamente en las mismas estaciones. Estos factores son: a) convergencia ocasionada por la brisa de tierra, b) incremento de del gradiente vertical de temperatura.

Palabras claves: Precipitaciones – Monzón – Circulación atmosférica.

1. INTRODUCTION

The poleward advancement of the SW monsoon starts in early May in the southern part of Peninsular Malaysia. The SW monsoon season extends itself well into September. The hourly rainfall distribution during August in Peninsular Malaysia has been addressed (Ramage, 1964). To the authors' knowledge no other significant study regarding this matter has been conducted for that specific area. Taking into consideration global warming, it is expected that a substantially different result in the daily rainfall distribution may be obtained. Therefore, a new complete study with a larger number of stations than the previous one in Peninsular Malaysia is both pertinent and mandatory.

The Malaysian states of Sabah and Sarawak are also known as East Malaysia. These two states are located in the northern part of the island of Borneo. The network of meteorological stations in this specific region is quite recent. Therefore, the objective of this particular manuscript is to learn the hourly distribution of precipitation in East Malaysia during the SW monsoon season. Understandingly, this study focuses the daily rainfall distribution from the month of May through September.

2. DATA

Hourly rainfall data from Kuching, Sri Aman, Sibü, Bintulu, Miri, Kota Kinabalu, Kudat, Sandakan and Tawau has been obtained from the "Monthly Summary of Meteorological Observations" published by the Malaysian Meteorological Service (1964-95). The location of the stations is indicated in Table 1 and figure 1. Standard statistical methods were used.

Table 1. Name of the selected stations chosen for this study.

No	STATION:	Latitude	Longitude	Height(m)
1	Kuching	110 ^o 20'	1 ^o 29'	22
2	Sri Aman	111 ^o 27'	1 ^o 13'	10
3	Sibu	111 ^o 58'	2 ^o 15'	31
4	Bintulu	113 ^o 02'	3 ^o 12'	3
5	Miri	113 ^o 59'	4 ^o 20'	17
6	Kota Kinabalu	116 ^o 03'	5 ^o 56'	2
7	Kudat	116 ^o 50'	6 ^o 53'	4
8	Sandakan	118 ^o 04'	5 ^o 54'	10
9	Tawau	117 ^o 53'	4 ^o 16'	20

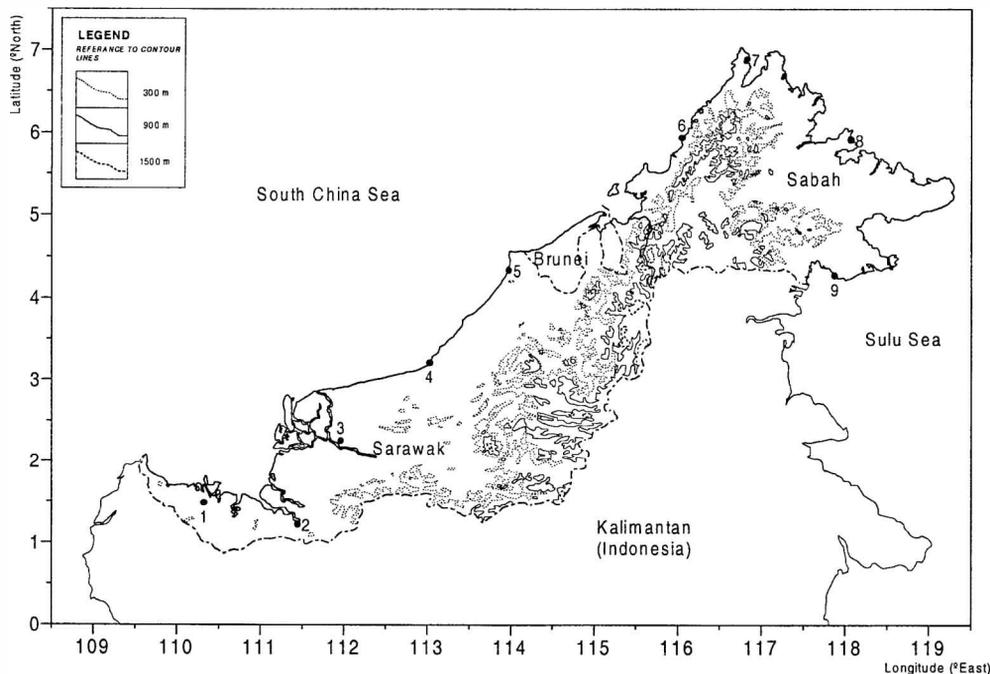


Figure 1. Location of the selected stations chosen for this study.

3. DISCUSSION AND RESULTS

May represent the passage of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ) in East Malaysia. It may be viewed as the boundary zone in advance of the poleward migration of the Southwest (SW) monsoon. Heavy rainfall activity is observed within this boundary zone. A principal maximum of rainfall, attributable to both the sea breeze and convection, is observed in Kuching and Sri Aman at 16 h while in Sibul it is reported at 19 h (figure 2a). In all these three stations a secondary maximum, more significant in Sri Aman, is also noticed in the early hours of the day. This maximum is due to two factors: (a) the cooling due to outgoing longwave radiation (ORL) from the top of the clouds and (b) the warm sea surface. These two combined factors contribute to increase the lapse rate of the atmosphere. Thus, the air mass becomes increasingly unstable. Lesser precipitation is noticed in these stations in the early daylight hours where a minimum is recorded at midday.

Kota Kinabalu registers an outstanding maximum at 17 h, which is mainly due to convection and the sea breeze effect (figure 2b). On the other hand, at that same time, minimum rainfall is perceived both in Miri and in Bintulu where a secondary maximum, induced by convection, is observed at 13 h. Moreover, larger amount of precipitation is noticed in the early hours of the day in these two coastal stations where a principal maximum is recorded at 4 h. It may be stated that the daily rainfall distribution of Miri and Bintulu are quite similar. Thus, they are governed by the same dynamics.

Lesser rainfall is noticed in Kudat and in Sandakan in the early daylight hours where a minimum is recorded at 10 h (figure 2c). Convection is largely responsible for the principal maximum that is recorded in Kudat at 19 h and Sandakan at 21 h. Rainfall activity is also high during the night in Sandakan and Tawau. The principal maximum is more pronounced in Kuching in June than in the previous month (figure 3a). Convection also plays a larger role in Sri Aman than in the antecedent month. Precipitation in the early hours of the day is also significant in Sri Aman where a secondary maximum is observed at 6 h as well as in Sibul. It may be stated that in Sri Aman and in Sibul convection plays the major role in the hourly distribution of rainfall while the increase of the lapse rate of the atmosphere, during the night hours, plays the secondary role. No major differences are noticed in the daily rainfall pattern in Bintulu and in Miri in comparison with the antecedent month (figure 3b). It is also interesting to observe that convective activity is less significant in Kota Kinabalu as compared with previous months where an increase of rainfall activity during the night is noticeable.

The "build up" starting at 14 h leads to an absolute maximum observed in Sandakan, at 21 h, which is attributable to convection (figure 3c). Larger amounts of rainfall, during the night, in Tawau and Kudat, may be due to the convergence of their respective land breezes. In the first station the land breeze are the ones of Kalimantan and Sabah. This same convergence of land breezes has also been observed in Malacca¹. Minimum rainfall noticed in the early daylight hours is attributable to the inverse correlation between wind and rainfall.

Hourly rainfall distribution in east Malaysia during the ...

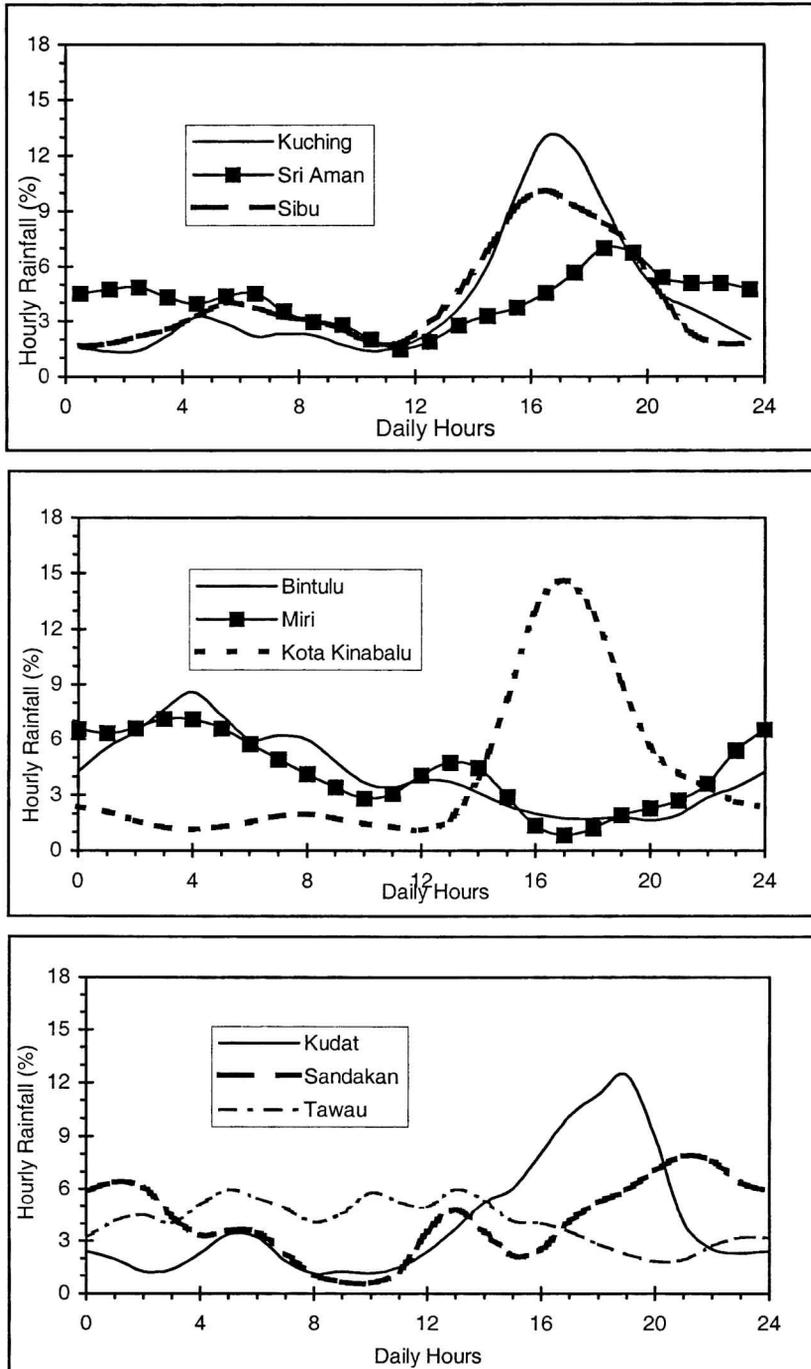


Figure 2. May hourly rainfall distribution of : (a) Kuching, Sri Aman and Sibul, (b) Bintulu, Miri and Kota Kinabalu, and (c) Kudat, Sandakan and Tawau.

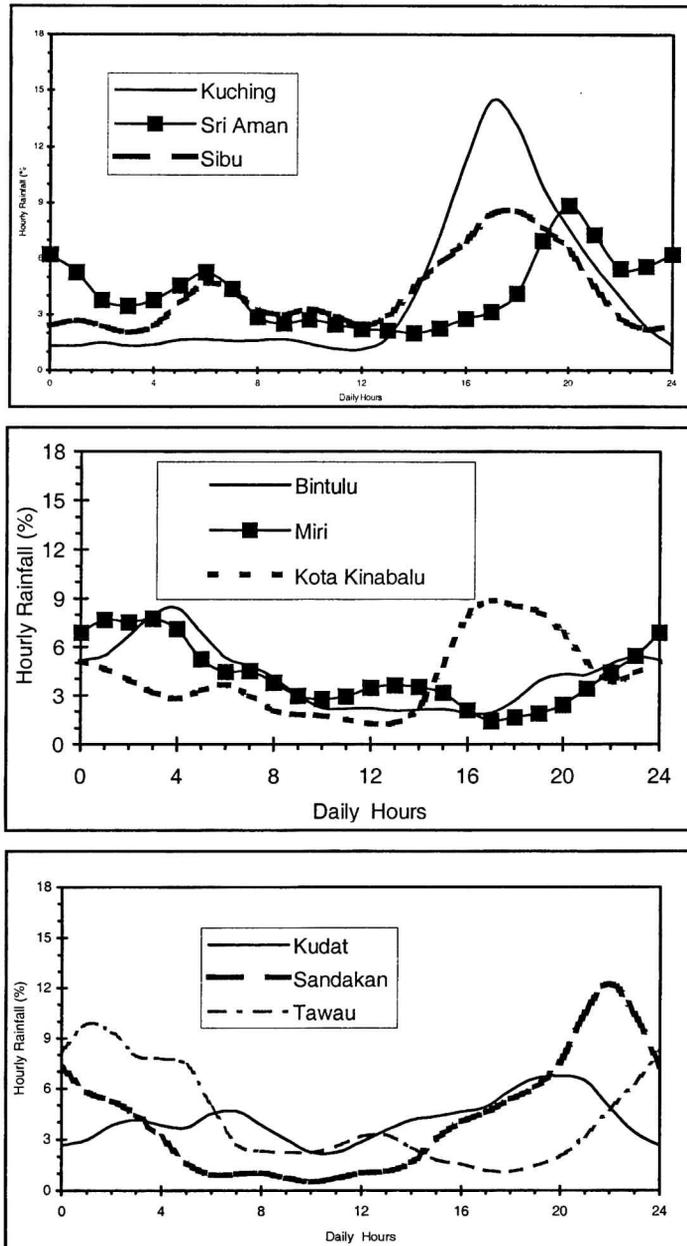


Figure 3. June hourly rainfall distribution of : (a) Kuching, Sri Aman and Sibuh, (b) Bintulu, Miri and Kota Kinabalu, and (c) Kudat, Sandakan and Tawau.

The convective activity as well as the sea breeze effect is significant in the southernmost stations in July (figure 4a). However, the rainfall activity is somewhat equally relevant during the night in Sri Aman and in Sibuh.

Hourly rainfall distribution in east Malaysia during the ...

As in the previous month the hourly rainfall distribution of Bintulu and Miri are quite similar (figure 4b). It may be stated that the daily rainfall distribution of these two stations is out of phase with the one of Kota Kinabalu in the afternoon.

A sharp (slight) increase of rainfall activity is noticed in Sandakan (Kudat) starting at 16 h where a maximum is reached at 20 h (figure 4c). This attributable to convection. The rainfall activity in the coastal station of Tawau, attributable to both the convergence of land breezes of Sabah and Kalimantan and the instability due to the increase of the lapse rate of the atmosphere is only significant during the night. On the other hand, the daily rainfall distribution of Kudat is more uniform as compared with Tawau and Sandakan. The primary role of rainfall activity in the former station is given by convection while the secondary role is given by the atmospheric instability during the night (Dale, 1959, Nieuwolt, 1981).

A significant increase of rainfall is perceived during the night in Kuching and in Sri Aman in August in comparison with the previous months (Figure 5a). In particular, this instability is relatively more important than convective activity in Sri Aman. A similar situation is noticed in Miri and in Bintulu (figure 5b). (No major differences are recorded in both stations with respect to the antecedent month.) The main difference is that lesser values are perceived between 17 and 19 h in these two stations. A slight increase of rainfall activity during the night is observed in Kota Kinabalu. Therefore, the influence due to convection and the sea breeze is somewhat attenuated in contrast with the precedent month. The nightly rainfall activity in Tawau is completely determined by the convergence of the land breezes of Kalimantan and Sabah as well as the instability induced by the increase of the lapse rate of the atmosphere (figure 5c). Rainfall activity during daylight hours is insignificant at this particular station.

It is interesting to observe that the daily rainfall distribution of Tawau lags the one of Sandakan by four hours. However, both daily distributions are driven by different dynamics. In effect, precipitation increases due to convection and the sea breeze effect at 13 in the latter station. The instability observed during the night hours sustains the rainfall frequency at higher values where a sustained decreased is noticed to start at midnight. The rainfall activity of Kudat is determined, in first instance, by convection where a principal maximum is reached at 18 h. For the same reasons as explained above it is observed that the precipitation during the night is also of secondary importance.

The distribution of Kuching is somewhat similar in September as the precedent month (figure 6a). In a similar fashion as in the previous month the nightly precipitation of Sri Aman is more significant than its convective activity. Furthermore, the rainfall activity at night is larger in Sri Aman than in Kuching and in Sibiu. In contrast with the previous month the daily rainfall distribution of Sibiu approximately equally dominated by convection as well as by the precipitation during the night in September. The abatement of convective activity observed in Kota Kinabalu in the previous month is sustained in September (figure 6b). Furthermore, the atmospheric instability at night is still more significant in Miri and in Bintulu than convective activity.

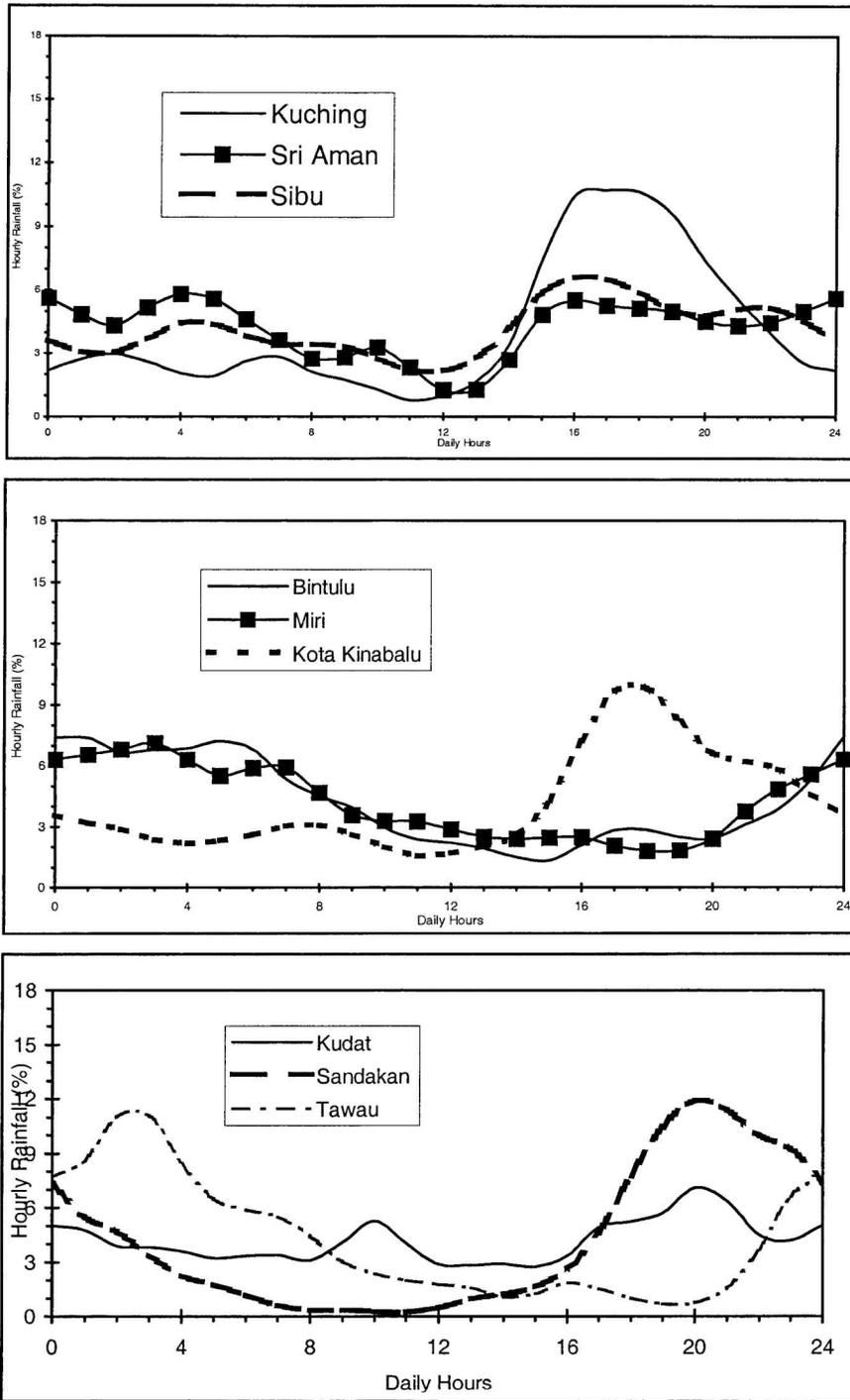


Figure 4. July hourly rainfall distribution of : (a) Kuching, Sri Aman and Sibul, (b) Bintulu, Miri and Kota Kinabalu, and (c) Kudat, Sandakan and Tawau.

Hourly rainfall distribution in east Malaysia during the ...

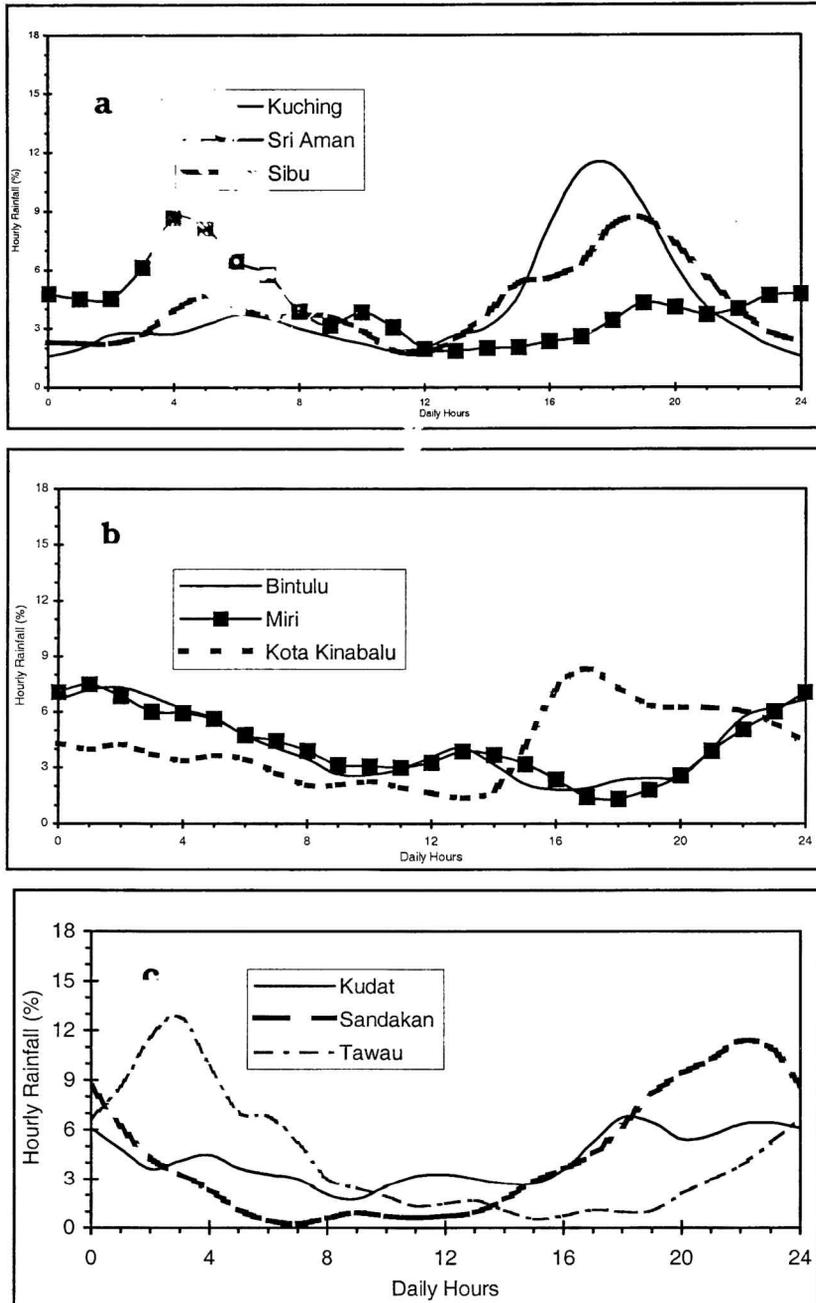


Figure 5. August hourly rainfall distribution of : (a) Kuching, Sri Aman and Sibiu, (b) Bintulu, Miri and Kota Kinabalu, and (c) Kudat, Sandakan and Tawau.

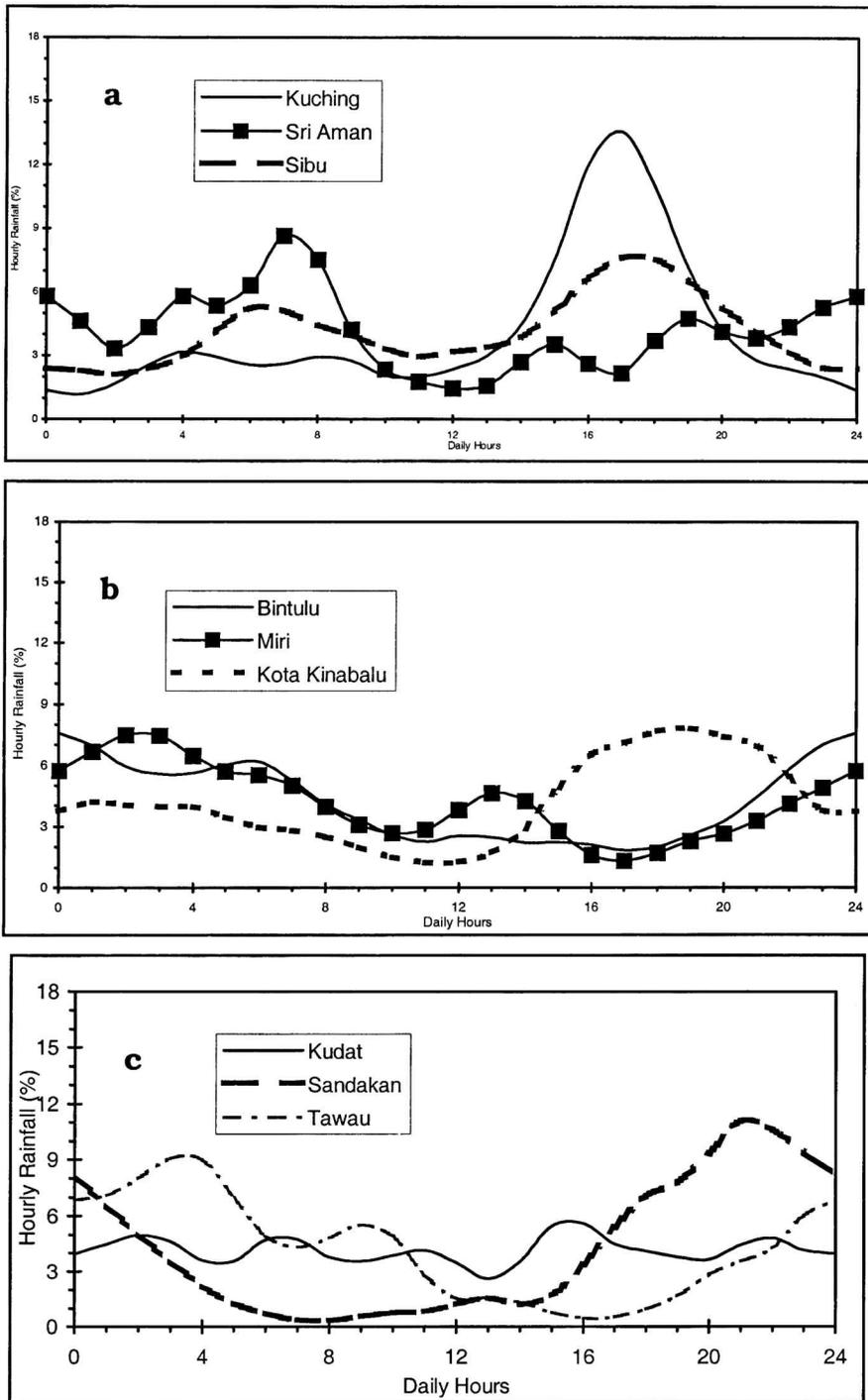


Figure 6. September hourly rainfall distribution of : (a) Kuching, Sri Aman and Sibul, (b) Bintulu, Miri and Kota Kinabalu, and (c) Kudat, Sandakan and Tawau.

Hourly rainfall distribution in east Malaysia during the ...

Not a significant departure from the previous month is noticed in Sandakan in September (figure 6c). The only difference is that the maximum of rainfall is observed at 21 h. On the other hand, the rainfall activity during the night is as significant as the one due to convection in Kudat. In this respect, the daily rainfall distribution differs from the one of the previous month. It is also interesting to observe, in contrast with the precedent month, that a significant amount of rainfall is observed in the early daylight hours in Tawau. At the same time, the nightly principal maximum is not as relevant in September as in the previous month.

CONCLUSIONS

The aim of this paper is to shed some light into the hourly rainfall distribution of East Malaysia. For this purpose, thirty-one years of data of nine selected stations has been analyzed.

The results of this investigation show that there are four main mechanism that may trigger rainfall in our area of interest. These mechanisms are: (a) convergence of land breezes, (b) increase of the atmospheric lapse rate during the night, (c) convection and (d) sea breeze. It may happen that all four mechanisms are equally important in a single month for a particular station. Or it may just be that two or three are significant.

Acknowledgments. This study was supported by the IRPA grant No. 51030. Our thanks are also extended to the Malaysian Meteorological Service for providing us the necessary data to carry out this investigation.

REFERENCES

- Dale, W. L., 1959: The rainfall of Malaya, I. *J. Trop. Geogr.*, **13**, 23-37. Malaysian Meteorological Service (1964-95). Monthly Summary of Meteorological Observations. Issued under the authority of the Director General, Malaysian Meteorological Service, Petaling Jaya, Malaysia.
- Nieuwolt, S., 1981: The climates of continental Southeast Asia. Chapter 1. *World Survey of Climatology*. Elsevier Scientific Publishing Co., Takahasi & Arakawa (eds.), 1-37.
- Ramage, C. S., 1964: Diurnal variation of summer rainfall in Malaya. *J. Trop. Geogr.*, **19**, 62-68.

NOTA TECNICA
DIFERENCIAS CLIMÁTICAS EN EL AREA COSTERA DE LA CIUDAD DE
MAR DEL PLATA

Leonardo Giampietri¹ y María Cintia Piccolo²

¹Subsecretaría de Gestión Ambiental. Municipalidad de Mar del Plata (M.G.P.) La Rioja 1650-B
7600 Mar del Plata - Grupo de Estudios de Ordenación Territorial (G.E.O.T.) Universidad
Nacional de Mar del Plata.

²Instituto Argentino de Oceanografía. Casilla de Correo N 804. 8000 Bahía Blanca
Depto de Geografía, Universidad Nacional del Sur.

RESUMEN

Se comparan los datos climatológicos obtenidos en dos estaciones meteorológicas localizadas en diferentes sitios de la ciudad de Mar del Plata. Una estación está en la costa y otra a 4,4 km de la misma. El estudio correspondió al período 1971-1980. Las dos estaciones poseen microclimas diferentes. Durante el año las temperaturas medias máximas y mínimas fueron superiores en la estación más alejada de la costa. Se identifican diferencias importantes en los días con heladas y precipitaciones permitiendo establecer la influencia del mar en la estación localizada sobre la costa. Se observó una diferencia anual de 52 mm entre ambas estaciones. La brisa del mar, refleja su importancia en los meses estivales con una marcada predominancia del viento del sector NE registrado en el área costera.

Palabras claves: clima, zona costera, Mar del Plata.

ABSTRACT

Climatological data from two stations located along the coast of Mar del Plata are compared. One station is situated on the coast and the other 4,4 km from it. The study period is from 1971 to 1980. The main objective is to establish differences in both coastal microclimates. During the year the mean maximum temperatures were higher in the station location inside the continent, meanwhile the mean minimum temperatures were lower in the station situated on the coast. Important differences were also found in the number of freezing days and precipitation. An annual difference of 52 mm were found between both stations. During the summer months the influence of the sea breeze is important.

Keywords: climate, coastal zone, Mar del Plata

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MAR DEL PLATA Y SU CLIMA

La ciudad de Mar del Plata se halla situada al sudeste de la Provincia de Buenos Aires (figura1) lindando al este con el océano Atlántico, a los 38° de latitud sur y 57° de longitud oeste. Es una ciudad de aproximadamente 600.000 habitantes, cantidad que se duplica con la afluencia del turismo en la temporada estival. El relieve es suave, poco marcado, conformando un conjunto de lomas chatas y bajas. Las lomas son cortadas abruptamente o escalonadamente por frentes rocosos acantilados de constitución ortocuarcítica (del Río *et al.*, 1995).

Diferencias Climáticas en el Area Costera de la Ciudad de Mar del Plata

Argentina se encuentra dentro de una zona templada, caracterizada por una gran variabilidad de los estados del tiempo (Capitanelli, 1992). Cuatro sistemas de tiempo ejercen su influencia en el país y esta varía según la época del año. Estos sistemas de tiempo son los anticiclones subtropicales del Atlántico y Pacífico, la depresión del NO y el surco de bajas presiones de la extremidad sur del país (Capitanelli, *op. cit.*). En este contexto la localización geográfica de la ciudad de Mar del Plata, la posiciona bajo la influencia de los frentes fríos, provenientes de la Patagonia y los frentes cálidos, que suelen ingresar por las provincias de Misiones y Corrientes (García, 1999). Debido a este hecho, el área suele sufrir la alternancia de influencia de las masas de aire involucradas en cada uno de los frentes citados.

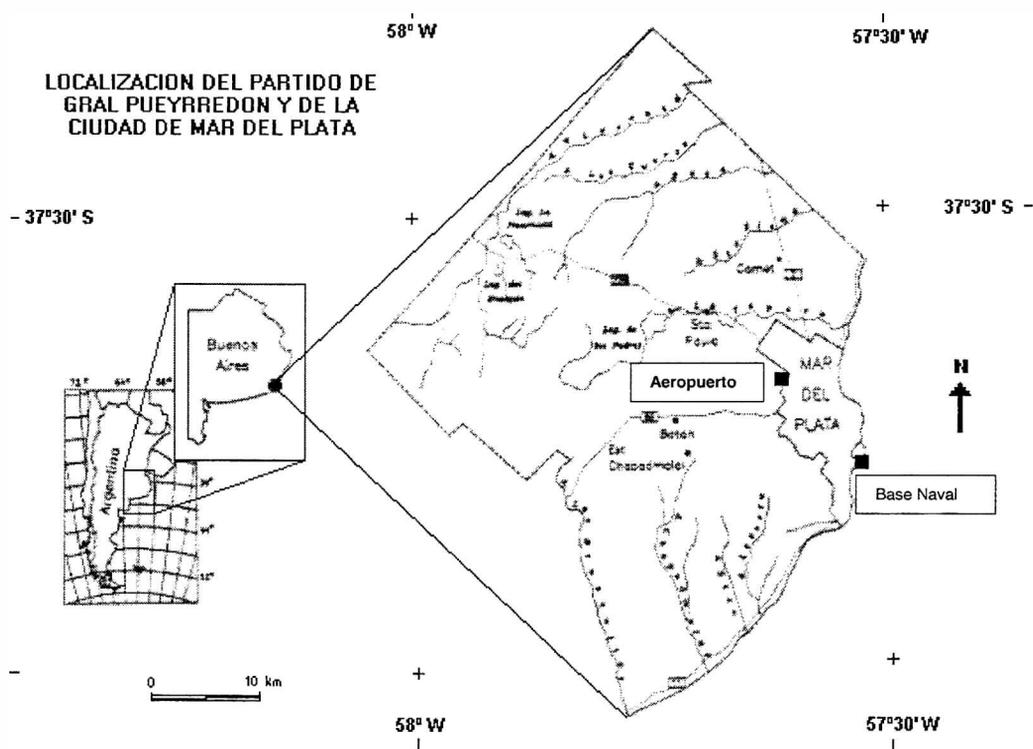


Figura 1: Ubicación relativa de la ciudad de Mar del Plata y de las estaciones meteorológicas Base Naval y Aeropuerto.

Estas condiciones sinópticas generales determinan que Mar del Plata, según la clasificación de regiones climáticas de Köppen-Geiger (Strahler *et.al.*, 1989), corresponde al tipo templado, con precipitación suficiente todos los meses del año y con temperatura media del mes más cálido superior a 22° C. Capitanelli (1992) lo define dentro del clima templado, dominado por las masas de aire subtropical

marítimas, cálidas y húmedas del anticiclón semipermanente del Atlántico, con una de variación térmica pequeña, lo que explica que el mismo autor lo denomine “sin verano térmico” por la influencia de la corriente fría de Malvinas (Giampietri, 1995). Mar del Plata y su zona, por su ubicación geográfica frente al océano, sin accidentes orográficos, abierta hacia la llanura pampeana y con un importante frente marítimo la convierten en un área de gran variabilidad meteorológica en general y eólica en particular.

La temperatura media anual es de 14°C y las precipitaciones alcanzan los 920 mm anuales. Los meses invernales son de menor precipitación, que junto a una menor evapotranspiración, provoca un balance hídrico negativo que se invierte desde octubre hasta marzo.

Los vientos locales en la región son los que soplan desde el mar a tierra durante la tarde (brisa de mar) y a la inversa durante la noche (brisa de tierra). Se originan cuando existen diferencias de temperatura entre la tierra y el mar especialmente en época estival. En Mar del Plata, la brisa de mar sopla como viento del NE (Celemín, 1984). Por tratarse de sistemas de vientos locales, pueden reforzarse o anularse por los vientos de escala sinóptica (Celemín, *op cit.*).

El objetivo principal de este trabajo es identificar y comparar las diferencias en microclimas costeros de la ciudad de Mar del Plata. En particular, describir las diferencias en los elementos del clima para su posterior utilización en el desarrollo de planeamiento urbano.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se analizaron comparativamente las series de datos estadísticos de temperaturas, días con heladas, precipitaciones, humedad, presión atmosférica, velocidad y frecuencia de vientos del período 1971-1980 de las estaciones meteorológicas “Aeropuerto” perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) distante aproximadamente 4,4 km de la costa (estación interior) y “Base Naval” (estación costera) dependiente de la Armada Argentina (ARA) sobre la línea de costa. Esta última desafectada del servicio en la década próxima pasada. Ubicada la primera a 21m s.n.m. al NO (37°56’S), la segunda a 5m s.n.m. (38°03’W) al SE y aproximadamente 8 y 6 km del centro comercial de la ciudad, respectivamente. Ambas están a 11 km de distancia entre sí. En la estación interior la influencia del tránsito aéreo no es importante como para afectar los datos obtenidos. Se calculó el gradiente anual espacial de temperatura, heladas y precipitaciones entre ambas estaciones. En el procesamiento de los datos se utilizaron técnicas estadísticas estándar.

3. DIFERENCIAS CLIMÁTICAS EN EL AREA COSTERA DE LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA

La comparación de los promedios anuales y mensuales de los diferentes parámetros meteorológicos del Aeropuerto y Base Naval de la ciudad de Mar del Plata,

Diferencias Climáticas en el Area Costera de la Ciudad de Mar del Plata

muestra diferencias significativas debido a los diferentes microclimas en los cuáles se hallan localizadas.

Las temperaturas medias mínimas en Aeropuerto son siempre menores (figura 2) que las calculadas en la Base Naval y se encontró una diferencia máxima (T aeropuerto-T B.N.) de 2,1° C en el mes de abril. Las diferencias son opuestas para máximas y mínimas. Es decir, las temperaturas medias máximas son siempre mayores en la estación interior que en la localizada en la costa propiamente dicha. En cambio las temperaturas medias mínimas son menores. Las mayores diferencias en las medias mínimas corresponden a los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio (Tabla 1). En promedio la diferencia anual de las medias mínimas es 1,6° C mayor en la Base Naval.

Tabla 1. Promedios mensuales, anuales y diferencias de las temperaturas medias máximas, mínimas y medias de Aeropuerto y Base Naval correspondientes al período 1971-1980 (Fuente: S.M.N.)

	T° C media de las máximas			T° C media de las mínimas			T° C medias		
	<i>Aerop.</i>	<i>B. N.</i>	<i>Dif.</i>	<i>Aerop.</i>	<i>B. N.</i>	<i>Dif.</i>	<i>Aerop.</i>	<i>B. N.</i>	<i>Dif.</i>
Enero	26,1	24,6	1,5	14,5	15,9	-1,4	17,3	16,9	0,4
Febrero	25,8	24,6	1,2	14,1	16	-1,9	17,2	17,4	-0,2
Marzo	24	23,2	1	13,2	15	-1,8	16,1	16,3	-0,2
Abril	20,6	20,1	0,5	9,6	11,7	-2,1	12,8	13,4	-0,6
Mayo	16,6	16,1	0,5	7,2	8,8	-1,6	10,2	10,7	-0,5
Junio	13,6	13	0,6	4,4	6,2	-1,8	7,3	7,9	-0,6
Julio	13,5	12,8	0,7	4,4	5,6	-1,2	7,2	7,5	-0,3
Agosto	14,7	13,9	0,8	4,3	5,6	-1,3	7,4	7,6	-0,2
Septiembre	16,5	15,2	1,3	5,8	7	-1,2	9,1	8,8	0,3
Octubre	18,8	17,7	1,1	8,1	9,4	-1,3	11,5	11,3	0,2
Noviembre	21,5	20,4	1,1	9,7	11,1	-1,4	13,1	12,7	0,4
Diciembre	24,8	23,3	1,5	13,1	14,4	-1,3	15,9	15,6	0,3
AÑO	19,7	18,7	1	9	10,6	-1,6	12,1	12,2	-0,1

Las temperaturas medias máximas (figura 3) indican que los meses de verano y primavera son más cálidas en la estación interior. En los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto se registran las menores diferencias. El promedio anual de las temperaturas medias máximas indica que la estación Aeropuerto obviamente más alejada de la costa presenta temperaturas más elevadas que la estación localizada directamente sobre la costa a largo de todo el año. Sin embargo, los registros de las temperaturas medias (figura 4) muestran que no existe diferencia entre ambas estaciones.

En la Tabla 2 se presentan los valores medios mensuales de los siguientes parámetros meteorológicos: humedad, precipitación, presión atmosférica, días con heladas, velocidad y dirección de vientos.

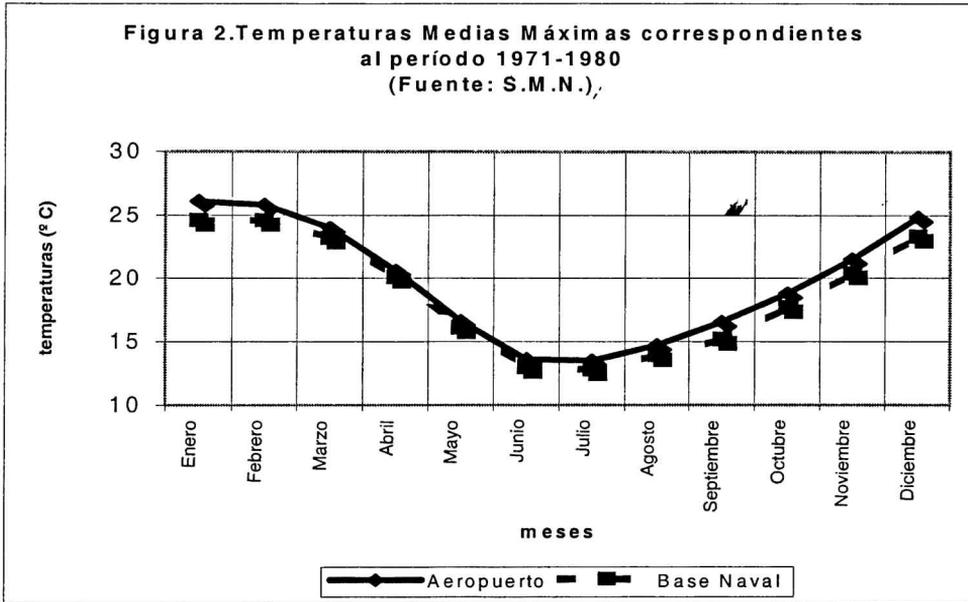


Figura 2. Temperaturas medias máximas correspondientes al período 1971-1980.

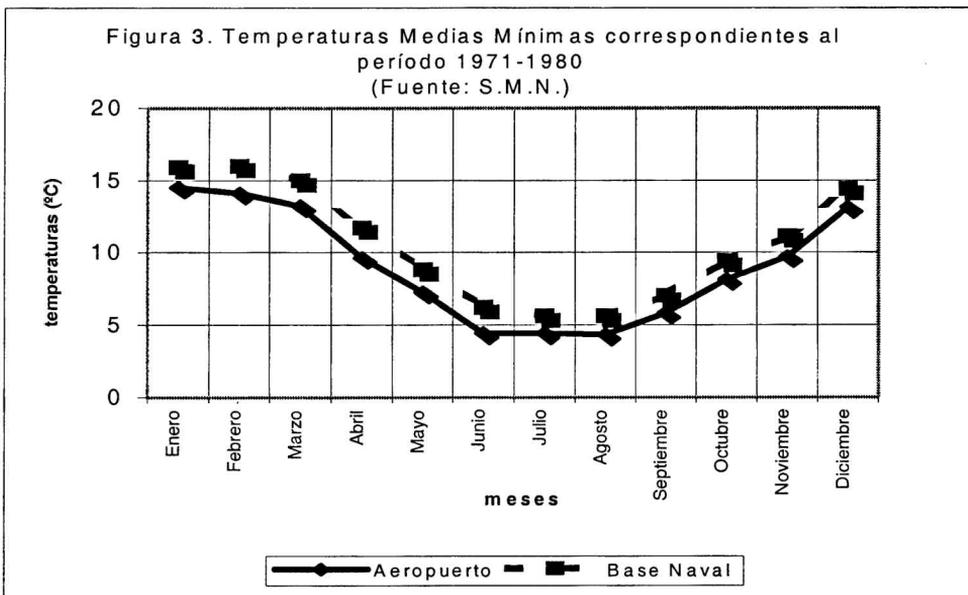


Figura 3. Temperatura Medias Mínimas correspondientes al período 1971-1980.

Diferencias Climáticas en el Area Costera de la Ciudad de Mar del Plata

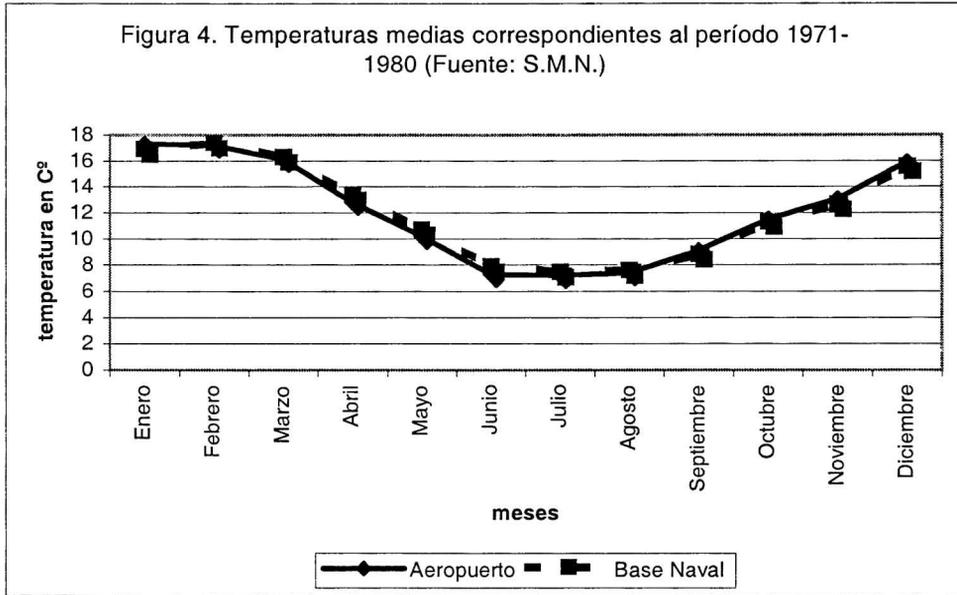


Figura 4. Temperaturas medias correspondientes al período 1971-1980.

Tabla 2. Promedio mensuales y anuales de humedad, precipitación, presión atmosférica, velocidad del viento y días con heladas de Aeropuerto y Base Naval correspondientes al período 1971-1980. (Fuente: S.M.N.)

	Humedad Relativa			Precipitación			Presión Atmosférica			Velocidad Viento			Días con Heladas		
	Aer.	B.N	Dif.	Aer.	B.N	Dif.	Aer.	B.N	Dif.	Aer.	B.N	Dif.	Aer.	B.N	Dif.
Enero	75	73	2	88	101	-13	1008	1011	-2,4	21	18	3	0	0	0
Febrero	77	77	0	78	82	-4	1010	1012	-2,2	20	19	1	0	0	0
Marzo	79	77	2	112	113	-1	1012	1014	-2,2	17	16	1	0	0	0
Abril	80	77	3	98	108	-10	1013	1015	-2,3	16	15	1	0,1	0	0,1
Mayo	83	79	4	77	76	1	1013	1015	-2,3	16	14	2	1	0	1
Junio	83	78	5	60	69	-9	1013	1015	-2,2	17	16	1	5	0,1	4,9
Julio	83	81	2	64	63	1	1013	1015	-2,1	17	15	2	5	1	4
Agosto	80	78	2	44	49	-5	1014	1017	-2,2	18	16	2	4	1	3
Septiem.	79	77	2	61	72	-11	1015	1017	-2,3	18	17	1	4	0,2	3,8
Octubre	79	78	1	88	94	-6	1013	1015	-2,2	19	17	2	0,8	0	0,8
Noviem.	75	73	2	75	73	2	1010	1012	-2,1	21	19	2	0,1	0	0,1
Diciem.	75	74	1	114	111	3	1010	1011	-1,1	21	20	1	0,1	0	0,1
ANO	79	77	2	959	1011	-52	1012	1014	-2,3	18	17	1	20,1	0,5	19,6

No existen diferencias significativas en los siguientes parámetros medios: humedad relativa 2% y velocidad del viento. La humedad relativa promedia el 78% entre ambas estaciones correspondiendo en los meses de otoño y del invierno los mayores porcentajes en relación a los de primavera y verano. El viento muestra una velocidad promedio de 18 y 17 km/h en las estaciones Aeropuerto y B.N. respectivamente, denominándolo moderado según la escala Beaufort. Asimismo, noviembre, diciembre, enero y febrero son los meses en que la velocidad de viento alcanza los 21 km/h, considerándose del tipo moderado.

Por otro lado, la presión atmosférica muestra una diferencia de 2,3 hPa (Tabla.2) siendo escasamente más alta en Base Naval. Las precipitaciones en Base Naval registran una media anual de 1011 mm mientras que en el Aeropuerto se observa 959 mm, estableciendo una importante diferencia de 52 mm anuales entre ambas estaciones (figura 5). Ello se podría explicar por la acción del mar cercano a la costa en la cual puede producir mayores lluvias convectivas. Las lluvias se distribuyen uniformemente durante todo el año y alcanzan sus valores máximos durante las estaciones de otoño y verano

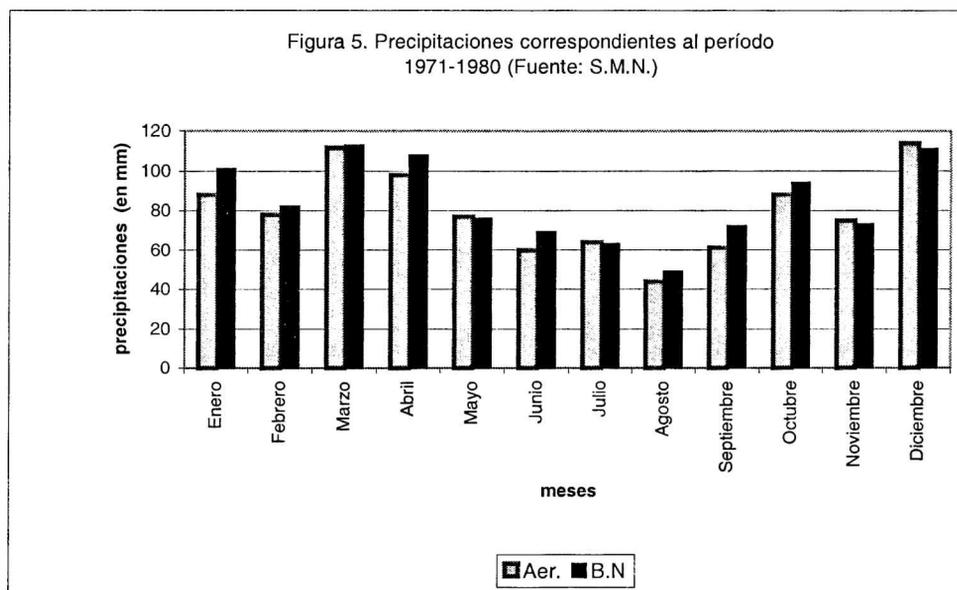


Figura 5. Precipitaciones correspondientes al período 1971-1980.

El invierno es la época del año en que las heladas son más en frecuentes. En cuanto a los días con heladas (figura 6) es significativo la diferencia de 20 días en Aeropuerto y 0,5 días de promedio anual en Base Naval. Ello también podría explicarse por la acción del mar en esta última estación.

Si se considera la dirección predominante del viento, no puede establecerse una dirección en particular. Sin embargo se observan vientos relevantes en las siguientes

Diferencias Climáticas en el Area Costera de la Ciudad de Mar del Plata

direcciones N, NO, O y S, con una velocidad promedio de 21 km/h. La influencia de la brisa marina en la estación Base Naval, se evidencia en los vientos del sector NE, en los meses de septiembre, octubre y noviembre intensificándose en diciembre, enero, febrero y marzo (figura 7).

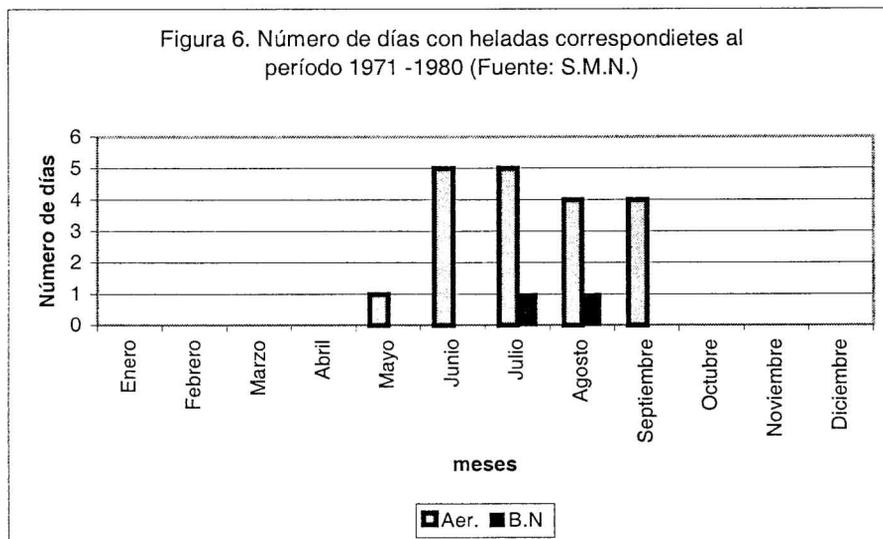


Figura 6. Número de días con heladas correspondientes al período 1971-1980.

4. CONCLUSIONES

Se analizaron las variaciones de temperaturas, días con heladas, precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y frecuencia de vientos en una zona costera, donde obviamente la influencia del mar es importante. Si bien los dos sitios costeros analizados no estaban perpendicularmente alineados con respecto a la costa, la escasa distancia entre ellos, comparando la extensión de la ciudad de Mar del Plata, permitió establecer diferencias de dos microclimas costeros diferentes.

El promedio anual de las diferencias entre las máximas y mínimas temperaturas es 1°C y $-1,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Además se observa $10,7^{\circ}\text{C}$ de amplitud térmica anual en la estación Aeropuerto y $8,1^{\circ}\text{C}$ en la estación más próxima a la costa demostrando la influencia térmica del mar adyacente. La diferencia en las temperaturas medias es nula ($0,1^{\circ}\text{C}$). No se registraron variaciones importantes en los valores de humedad relativa, presión y velocidad de vientos.

La brisa del mar, refleja su importancia en los meses estivales con un marcado predominio del viento del NE en la estación Base Naval. Los vientos predominan del sector N, NO, O y S, respectivamente. El número de días con heladas registrado en

Aeropuerto contrasta elocuentemente con la casi inexistencia de este fenómeno en Base Naval.

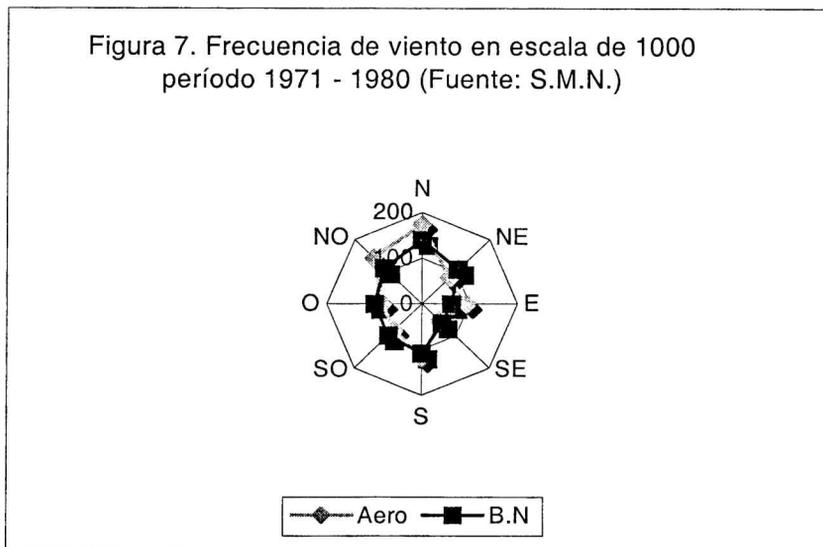


Figura 7. Frecuencia de vientos en escala de 1000. Período 1971-1980

Las diferencias observadas en el campo térmico, frecuencia de heladas y la velocidad del viento difieren significativamente en una distancia de 4, 4 km de la costa. Si bien es conocida la importancia de la influencia del mar, en el caso particular de la ciudad de Mar del Plata es importante. Este estudio es preliminar, dado que se debe seguir investigando la variación en otras escalas de tiempo, la distancia de penetración de la brisa de mar en el continente y la influencia de la urbanización en el área adyacente al Aeropuerto.

REFERENCIAS

- del Rio J. (Coordinador); Bernasconi M; Bó J; Cabria F; Camino M; Cionchi J; Farenga M; Ferraro R; López De Armentia A; Malizia A; Malvares M; Martínez G; Martínez Arca J; Martínez M; Massone H; Müller M; Navarro L; Olszewsky A; Osterrieth M; Sagua M; Tomás M; Vassallo A; Vega L. 1995. "Carta Ambiental del Partido de Gral. Pueyrredon. Tomo I. Etapa de Inventario". Universidad Nacional de Mar del Plata. Municipalidad de Gral. Pueyrredon. pp 33 - 34.
- Capitanelli R.G., 1992. "Los ambientes naturales del territorio argentino". En "La Argentina: geografía general y sus marcos regionales". Planeta. Editorial. Bs. As. 2ª. Edición pp. 71 - 92 - 93 - 143.
- Celemín A.H., 1984. "Meteorología Práctica". Edición del Autor. Mar del Plata. pp 282.
- García, M.C., 1999. *El Régimen de Vientos de la Ciudad de Mar del Plata y sus Implicancias Turístico - Ambientales*. Nexos Año 6, N°10. Secretaría de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Universidad Nacional de Mar del Plata. pp18.

Diferencias Climáticas en el Area Costera de la Ciudad de Mar del Plata

Giampietri L.H., 1995. "*Calidad del Paisaje de la Cuenca del Arroyo y Laguna de Los Padres (Pcia. de Bs. As.) Su Aplicación a Recomendaciones de Usos Turísticos*". Universidad Nacional de Mar del Plata. pp13.

Servicio Meteorológico Nacional. *Datos Estadísticos Aeropuerto Mar del Plata. Periodo 1971-1980.*

Servicio Meteorológico Nacional. *Datos Estadísticos Base Naval Mar del Plata. Periodo 1971-1980.*

Strahler Arthur; Strahler Alan, 1989. "*Geografía Física*". Ediciones Omega. Barcelona. Lámina C.4; pp152.

Normas para los autores

1. Los trabajos deben ser enviados al Editor de GEOACTA, CC. 804 – 8000 Bahía Blanca, Argentina.
2. A fin de dar continuidad a la edición de la revista, se solicitará un canon de \$ 40, si el trabajo es de un solo autor, \$ 50 si es de 2 autores y \$ 70 si es de tres autores o más.
3. La presentación de los manuscritos será en castellano, francés o inglés. Se escribirán dos resúmenes, uno de ellos en el idioma del texto y otro en castellano. Si el idioma del texto es castellano, el segundo resumen se redactará en inglés. El resumen se escribirá sin indentación, colocando en primer lugar el que correspondiera al texto. Se escribirán no más de cinco palabras claves a continuación de cada resumen.
4. Se enviarán tres copias del manuscrito, junto con la dirección completa de los autores para la corrección del trabajo. La versión final se entregará en diskette 3.5" con procesador Microsoft Word.
5. Se utilizará papel Carta (21,59 x 27,94). Los márgenes superior, inferior, derecho e izquierdo serán iguales a 4 cm. La letra será Times New Roman, 11 puntos. El resumen, el abstract, las palabras claves, las referencias y las leyendas de las figuras se escribirán en 10 puntos. El título del trabajo debe ir en mayúscula y en negrilla, los autores y dirección en mayúscula y minúscula, todo irá centrado. Los autores se escribirán en negrilla. Dentro del texto los títulos irán numerados y en mayúsculas, y los subtítulos en mayúscula y minúscula, en ambos casos en negrilla y sobre el margen izquierdo. Los títulos deben ir separados por un solo espacio y no se debe dejar espacios entre párrafos.
6. Las figuras y tablas no excederán los límites de una caja de 15cm x 11cm. Se entregarán en copias listas para su reproducción o en archivos tipo TIF. Las leyendas de las figuras irán en hoja aparte. En el texto deben ser mencionadas como figura n. Las fotos deberán ser claras y de buen contraste. Las figuras y fotos en colores serán publicadas siempre que el autor asuma los gastos que estas demanden. Se sugiere establecer el lugar donde serán insertados en el texto.
7. Las referencias se detallan en orden alfabético de acuerdo al ejemplo:

REFERENCIAS

- Gomez, R.A., 1990. La dinámica costera de la localidad de Monte Hermoso. Geoacta, vol. 3, 133-140.
- Lowell Wine, R., 1966. Statistics for Scientist and Engineers. Prentice-Hall, U.K. pp 671.
- Hart, B.S., 1995. Delta fornt estuaries. En: Geomorphology and Sedimentology or Estuaries. Perillo G.M.E. (Ed). Elsevier, Amsterdam, 207-226.

GEOACTA, 25, 2000

Estudio de la marea en el borde de la barrera Larsen, Mar de Weddell Noroccidental. <i>Jorge Speroni, Walter Dragani, Enrique D'Onofrio, Michael Drabble y Carlos Mazio</i>	1
Concreciones y rodados orgánicos presentes en el Golfo San José, Chubut, Argentina. <i>Roberto Schillizzi, Jorge Spagnuolo y Edgardo Gelós</i>	12
Episodios ENSO y su relación con las anomalías de precipitación en la pradera pampeana. <i>Beatriz Scian</i>	23
Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso, Argentina. <i>Jorge Caló, Elba Fernández, Angel Marcos, Héctor Aldacour y Pedro Varela</i>	40
Petrografía y geoquímica del plutón Arroyo Paileman, Macizo Nordpatagónico. <i>Laura Grecco</i>	49
Notas Técnicas	
Hourly rainfall distribution in East Malaysia during the Southwest Monsoon season. <i>Alejandro Camerlengo and Andlim You Rang</i>	55
Diferencias climáticas en el área costera en la ciudad de Mar del Plata. <i>Leonardo Giampietri y Maria Cintia Piccolo</i>	65

La presente edición de GEOACTA ha sido parcialmente financiada por el Departamento de Geología de la UNS y el Instituto Argentino de Oceanografía