

MODELO ANUAL DE LA DINÁMICA SEDIMENTARIA EN UNA MARISMA MAREAL MEDITERRÁNEA

E. M. CASTELLANOS (1), F. J. NIEVA (2), C. J. LUQUE (2)
& M. E. FIGUEROA (2)

(1) Departamento de Ciencias Agroforestales. Facultad de Ciencias Experimentales.
Universidad de Huelva. 21071 Huelva.

(2) Departamento de Biología Vegetal y Ecología. Universidad de Sevilla. Apdo. 1095,
41080 Sevilla.

e-mail: verdugo@cica.es, cluque@cica.es, figueroa@cica.es

Resumen. Se ha detectado un patrón estacional en la dinámica sedimentaria en zonas de marisma baja, relacionado con la distribución anual de las precipitaciones característica del clima mediterráneo, que induce cambios en el caudal de los ríos y en la cantidad y distribución de los aportes de partículas finas que entran en el estuario. En este escenario se pone de manifiesto cómo la presencia de vegetación (*Spartina maritima*) favorece la acreción y estabilización de sedimentos. En planicies desprovistas de vegetación, los mayores niveles de acreción se registran durante primavera y principios de verano. Las lluvias otoñales determinan un aumento del caudal de los ríos, con un incremento en el aporte de sedimentos y removilización de éstos en las zonas desnudas. Parte de estos sedimentos quedarán entonces retenidos en las zonas provistas de vegetación. Durante este periodo de otoño es cuando esta vegetación alcanza sus mayores valores de biomasa, maximizando así su papel como estabilizador de sedimentos.

Palabras clave: acreción, erosión, clima mediterráneo, colonizadores primarios, *Spartina maritima*.

Summary. We have found a seasonal pattern operating on the lower areas of a tidal marsh, in relation to the characteristic annual distribution of the rainfall in a Mediterranean climate which induces changes in river flows and in quantity and distribution of loam sediments entering the estuary. Also, the presence of vegetation (*S. maritima*) favours the accretion rate and the sediment stabilization. Bare muds record the maximum values of accretion during Spring and early Summer. Autumn rainfalls increase the river flow what means a new input of sediments and the mobilization of the old ones from the bare muds; the vegetation raises the maximum biomass and it traps and stabilizes these sediments.

Key-words: accretion, erosion, mediterranean climate, early colonists, *Spartina maritima*.

1. Introducción

Las marismas muestran una alta dinámica geomorfológica, elevando su nivel topográfico a lo largo del tiempo (Ranwell, 1980), estando acompañado su crecimiento y evolución por distintas características fisiográficas (Long y Mason, 1983). El estuario común de los ríos Tinto y Odiel constituye un buen ejemplo de este tipo de sistemas dinámicos (Figueroa y Clemente, 1979). En este tipo de estuarios los sedimentos finos se acumulan en las zonas protegidas interiores, apareciendo depósitos de arena en forma de ganchos («spit») en las zonas más expuestas (Ranwell, 1972).

El objetivo de este estudio es analizar la dinámica de los procesos de sedimentación-erosión en dos áreas de marisma baja con diferentes características geomorfológicas y estructura vegetal, colonizadas parcialmente por la gramínea *Spartina maritima*, especie perenne, pionera y abundante en los estuarios de nuestras latitudes. La presencia o no de vegetación en cada una de las localidades, y la variación en el aporte de caudal del río Odiel debida a la estacionalidad de las precipitaciones propia del clima mediterráneo se relacionan con el patrón de sedimentación-erosión.

2. Material y métodos

Las Marismas del Odiel (Figura 1) se encuentran situadas en el complejo estuarino de los ríos Tinto y Odiel (Huelva, SW España). Su rango mareal (media equinoccial) es 2.97m (0.40-3.37m) sobre el cero hidrográfico, con un régimen semidiurno. El clima es Mediterráneo, aunque modificado por influencia atlántica (Castellanos *et al.* 1994). El estudio se prolongó durante un periodo que podemos considerar climatológicamente normal en relación a las precipitaciones registradas; sin fenómenos anómalos en el régimen mareal y caudal del río.

Se seleccionaron dos planicies intermareales fangosas, una en el interior de una laguna litoral protegida por ganchos arenosos y otra en el borde de un caño estuarino, eligiéndose en cada una de ellas zonas cubiertas de vegetación (*S. maritima*) y fangos desnudos. Estos enclaves son representativos de los hábitats de marisma baja de colonización primaria más frecuentes en las marismas mareales mediterráneas, caracterizados por una vegetación pionera, escasa pendiente y elevada dinámica geomorfológica. La laguna litoral se caracteriza por la presencia de grandes rodales (clones) de *S. maritima* de 1 a 3 m de diámetro, separados por fangos desprovistos de vegetación donde aparecen pequeños canales que drenan la laguna; la cobertura vegetal oscila entre 30 y 40 %. El borde de caño estudiado consiste en una pradera continua (cobertura total) de *S. maritima* conformada como una banda homogénea de 30 m de anchura, en la que no se distinguen clones independientes, paralela a la línea de marea, por encima de una franja de fangos desnudos (Castellanos, 1992).

En la laguna se colocaron cuatro varillas verticales de metacrilato en zonas colonizadas por *S. maritima*, y otras cuatro en fangos desprovistos de vegetación; ocupando las zonas cubiertas de vegetación una posición topográfica ligeramente superior (entre 10 y 20 cm) en relación con los fangos desnudos. En el borde de caño se situaron otras 12 varillas repartidas entre la Zona Baja desnuda y el pastizal homogéneo de *S. maritima* (Zona Media y Zona Alta). Las escasas diferencias topográficas entre las diferentes zonas elegidas, vegetadas o desprovistas de vegetación, junto con una buena funcionalidad en el sistema de drenaje, determinan que la incidencia mareal sea similar en los enclaves estudiados.

Las variaciones en altura absoluta (referidas al nivel inicial) y relativa (referida a la medida anterior) de la parte sobresaliente de las varillas se registraron entre marzo de 1988 y junio de 1990, asignándose un valor de referencia cero para el nivel inicial de sedimentos. Los registros de sedimentación, de precipitación y de caudal se analizan por ciclos anuales.

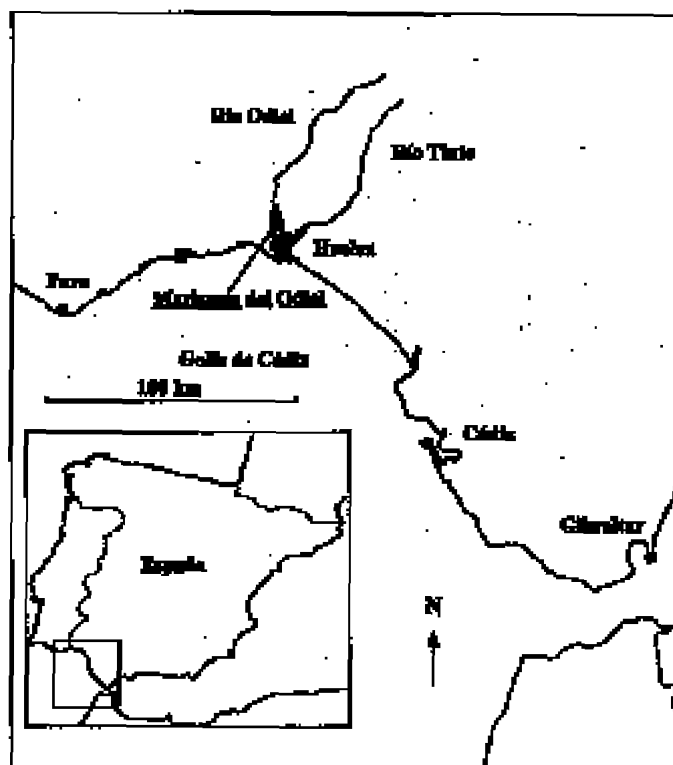


Figura 1. Localización de las Marismas del Odiel (Huelva, SW España).
Location of the Odiel Marshes (Huelva, SW Spain).

3. Resultados y discusión.

Contrastando la tasa de variación del nivel de sedimentos de la laguna litoral (Fig. 2a) y el borde de caño (Fig. 2b), se pone de manifiesto la dependencia del balance entre erosión y acreción tanto con la localización en el estuario como con las características geomorfológicas que definen a cada zona. La laguna, altamente protegida al abrigo de ganchos arenosos, muestra mayor acreción que la marisma de la orilla de caños estuarinos, más expuesta y sometida a fases erosivas.

Sin embargo, con independencia de la ubicación en la marisma, la presencia de *S. maritima* favorece la acreción de sedimentos en comparación con los espacios desnudos adyacentes. En la laguna (Fig. 2a), durante los dos primeros años las tasas de acreción fueron entre 1.5 y 2.2 veces superiores en áreas colonizadas (2.1 ± 0.2 y 2.8 ± 0.4 cm/año) que en zonas desnudas (1.4 ± 0.8 y 1.3 ± 0.2 cm/año). Estas diferencias eran significativas para el período completo de estudio ($n_1 = 42$, $n_2 = 42$, $F = 7.2$, $p < 0.001$). En el borde de caño estuarino (Fig. 2b), la presencia de vegetación, en clara dependencia con la posición topográfica, marca las pautas de sedimentación. La Zona Baja, desnuda y fuertemente expuesta al oleaje registró tasas de erosión entre $-1.4 (\pm 1.1)$ y $-3.2 (\pm 0.8)$ cm/año. Las zonas Media y Alta, con incremento paulatino de la densidad de vegetación, presentaron tasas de acreción entre $0.9 (\pm 0.2)$ y $0.1 (\pm 0.5)$, y entre $1.4 (\pm 0.1)$ y $1.0 (\pm 0.4)$ cm/año respectivamente. Para todo el período analizado, resultaron significativas las diferencias en las variaciones absolutas del nivel de sedimentos entre la Zona Baja, desnuda, y las zonas con vegetación: Zona Media ($n_1 = 42$, $n_2 = 42$, $F = 36.9$, $p < 0.0001$) y Zona Alta ($n_1 = 42$, $n_2 = 42$, $F = 53.6$, $p < 0.0001$). En general, las mayores tasas de sedimentación en marismas se dan en los niveles más bajos con cobertura vegetal (Zonas Media y Alta), cuyo efecto pantalla establece un control importante en la deposición de sedimentos (Adam, 1990).

Del análisis de las variaciones relativas de los niveles de sedimentos, el caudal del río Odiel y la precipitación para los períodos considerados (Figura 3 y Figura 4), en los dos enclaves estudiados se detec-

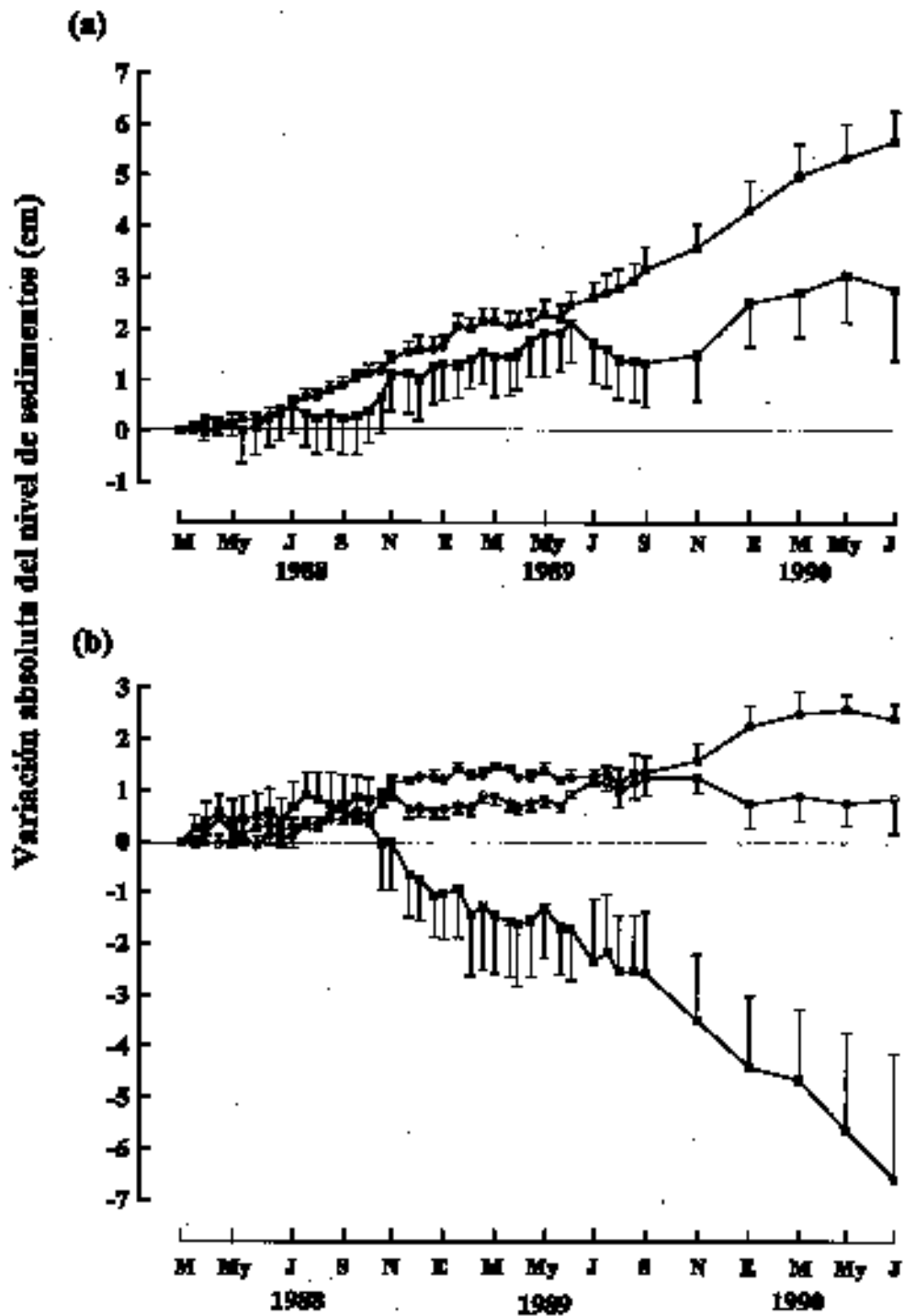


Figura 2. Variaciones absolutas en el nivel medio de sedimentos (\pm SE, $n = 4$) debidas a acreción y erosión, entre junio de 1988 y julio de 1990: (a) laguna litoral, (●) área con *Spartina*, (□) fangos desnudos adyacentes; (b) borde de caño estuarino, (●) Zona Alta con *Spartina*, (○) Zona Media con *Spartina*, (□) Zona Baja desnuda.

Variations in mean sediment level (\pm SE, $n = 4$) through accretion and erosion between June 1988 and July 1990: (a) a littoral lagoon, (●) *Spartina* Zone, (□) adjacent bare mud; (b) seaward edge of a estuarine channel, (●) *Spartina* High Zone, (○) *Spartina* Medium Zone, (□) Bare Low Zone.

ta un patrón estacional similar en la dinámica de deposición/erosión, con independencia del balance neto anual. En zonas desprovistas de vegetación, tanto en la laguna litoral protegida por ganchos arenosos (Figura 3), como en áreas más expuestas de orillas de caños estuarinos (Figura 4), los mayores niveles de acreción se registran entre primavera y verano, detectándose una marcada tendencia erosiva a partir del momento de máxima deposición. Este período erosivo alcanza su valor más alto en los fangos desnudos de bordes de caños estuarinos durante los meses de otoño e invierno, iniciándose en la primavera siguiente un nuevo ciclo deposicional. Paralelamente, en zonas desnudas de enclaves protegidos, tras un máximo erosivo a finales del verano, se detecta un segundo pico de acreción (Figura 3) coincidente con el seno erosivo de los espacios sin vegetación de la orilla de caños (Figura 4). Este fenómeno podría explicarse por el fuerte carácter protector de los ganchos arenosos sobre el agua remansada durante el período de inundación, que permite la deposición de sedimentos movilizados en el estuario durante otoño e invierno (Castellanos, 1992). Los períodos de mayor erosión en zonas expuestas y el segundo pico de acreción en áreas protegidas coinciden con los períodos de máxima precipitación mensual y con el caudal del río más elevado, que aporta nuevos sedimentos y removiliza los de las zonas desnudas. Los pequeños desfases internuales observados en la tendencia anual de los picos de erosión en la laguna costera (Figura 3) y el intenso proceso erosivo detectado en julio de 1989 (Figura 4) podrían explicarse en base a una distorsión en los ciclos estacionales producida por periodos de oleaje intenso provocados por el viento; futuros estudios sobre la dinámica sedimentaria en estos ambientes deberían profundizar en la incidencia de esta variable.

En la laguna litoral (Figura 3), al abrigo de ganchos arenosos, el agua remansada durante largos períodos y el efecto pantalla de *S. maritima* (Castellanos, 1992) son determinantes para la continua deposición de sedimentos en estos espacios colonizados por la vegetación, y presentan su máximo a la vez que se registra el segundo pico de acreción en los fangos desnudos adyacentes. En espacios colonizados por *S. maritima* en márgenes de caños estuarinos (Figura 4), los valores deposicionales más altos coinciden con las fuertes movilizaciones de sedimentos de las áreas desnudas próximas, que parecen ser la fuente directa de los aportes (Ranwell, 1972).

El análisis de la dinámica de los procesos de erosión confirma la importancia de *S. maritima* en el inicio de la dinámica morfosedimentaria de áreas de fangos intermareales de reciente deposición. Primero como captadora de sedimentos en suspensión, aún en periodos con escaso aporte de sedimentos e incluso erosión para áreas desnudas. Segundo, minimizando los períodos erosivos del refluo mareal.

Nuestro estudio ilustra el fenómeno clásico descrito en diferentes estudios sobre la dinámica geomorfológica de las marismas, reflejando como los colonizadores primarios tienen una función dominante en la formación de estos ecosistemas. En nuestro caso particular se pone de manifiesto como *S. maritima*, principal especie colonizadora primaria de sedimentos en las marismas de nuestras latitudes, desempeña un destacado papel no sólo como generadora sino también como estabilizadora de marismas, fijando depósitos, previniendo fenómenos erosivos, y permitiendo una mayor y más rápida sedimentación, que conlleva una progresiva elevación de las cotas topográficas de un enclave dado dentro de la marisma, facilitando de esta forma la implantación de nuevas especies pertenecientes a etapas sucesionales posteriores (Castellanos *et al.* 1994).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto PB94-1455, financiado por la DGICYT.

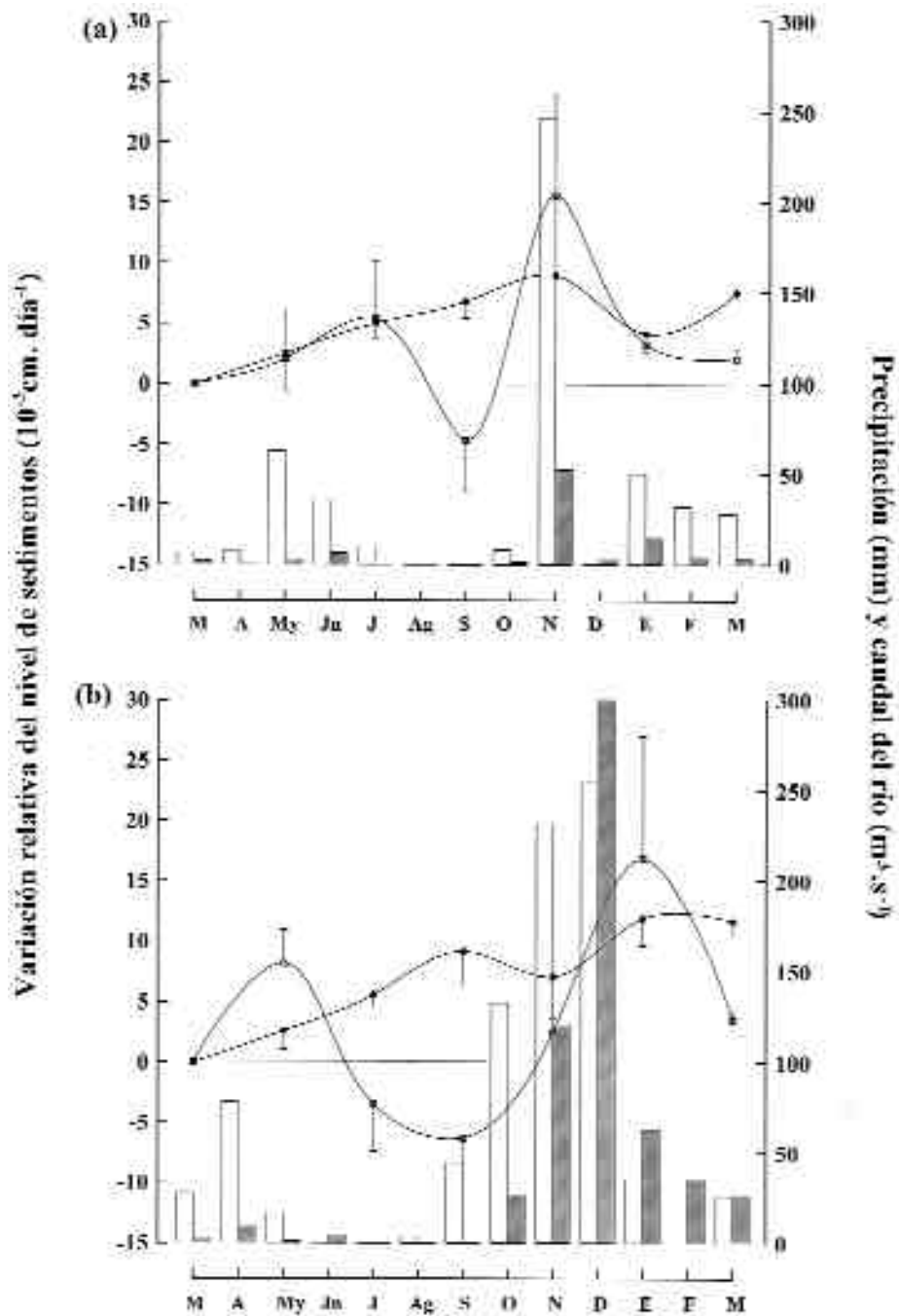


Figura 3. (□) Precipitación mensual (mm), (■) caudal mensual ($m^3 \cdot s^{-1}$) y variaciones relativas en el nivel de sedimentos ($cm \cdot día^{-1} \pm SE$, $n = 4$) debidas a acreción y erosión, en una laguna litoral en las Marismas del Odiel (Huelva, SW España). (●) área con *Spartina*, (□) fangos desnudos adyacentes. (a) marzo 1988 - marzo 1989; (b) marzo 1989 - marzo 1990. Factor de ajuste = 2 para las variaciones relativas del nivel de sedimentos (Grapher for Windows versión 1.09).

(□) Monthly rainfall (mm), (■) monthly river flow ($m^3 \cdot s^{-1}$) and relative variations in mean sediment level ($cm \cdot day^{-1} \pm SE$, $n = 4$) through accretion and erosion in a litoral lagoon at Odiel Marshes (Huelva, SW Spain). (●) *Spartina* Zone, (□) adjacent bare muds. (a) March 1988 - March 1989; (b) March 1989 - March 1990. Spline tension factor = 2 for relative variations of sediment level (Grapher for Windows version 1.09).

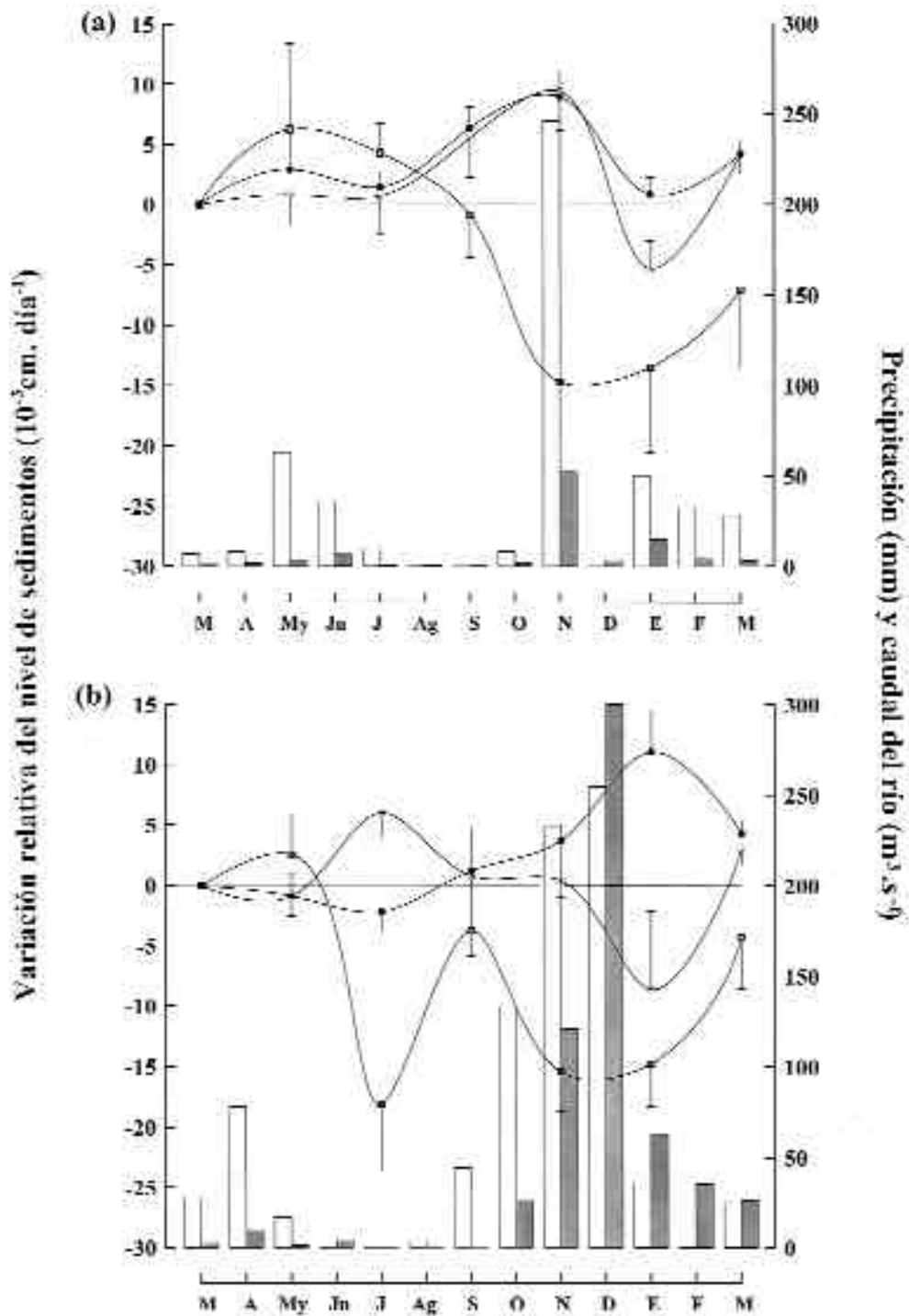


Figura 4. (□) Precipitación mensual (mm), (■) caudal mensual ($m^3 \cdot s^{-1}$) y variaciones relativas en el nivel de sedimentos ($cm \cdot día^{-1} \pm SE$, $n = 4$) debidas a acreción y erosión, en un borde de caño estuarino en las Marismas del Odiel (Huelva, SWEspaña). (●) Zona Alta con *Spartina*, (○) Zona Media con *Spartina*, (□) Zona Baja desnuda. (a) marzo 1988 - marzo 1989; (b) marzo 1989 - marzo 1990. Factor de ajuste = 2 para las variaciones relativas del nivel de sedimentos (Grapher for Windows versión 1.09).

(□) Monthly rainfall (mm), (■) monthly river flow ($m^3 \cdot s^{-1}$) and relative variations in mean sediment level ($cm \cdot day^{-1} \pm SE$, $n = 4$) through accretion and erosion in a seaward edge of a estuarine channel at Odiel Marshes (Huelva, SW Spain). (●) *Spartina* High Zone, (○) *Spartina* Medium Zone, (□) Bare Low Zone. (a) March 1988 - March 1989; (b) March 1989 - March 1990. Spline tension factor = 2 for relative variations of sediment level (Grapher for Windows version 1.09).

Referencias bibliográficas

- Adam, P.** (1990): *Saltmarsh Ecology*. Cambridge; Cambridge University Press, 461 p.
- Castellanos, E.M.** (1992): *Colonización, dinámica poblacional y papel en la sucesión de Spartina maritima (Curtis) Fernald en las Marismas del Odiel*. Sevilla; Universidad de Sevilla (Tesis Doctoral), 213 p.
- Castellanos, E.M., Figueroa, M.E. & Davy, A.J.** (1994): Nucleation and facilitation in saltmarsh succession: interactions between *Spartina maritima* and *Arthrocnemum perenne*. *Journal of Ecology*, 82, pp. 239-248.
- Figueroa, M.E. & Clemente, L.** (1979): Dinámica geomorfológica del estuario de los ríos Tinto y Odiel (Huelva). En *Actas de la IV Reunión Nacional para el Estudio del Cuaternario*. Bañolas, pp. 79-95.
- Long, S.P. & Mason, C.F.** (1983): *Saltmarsh Ecology*. Glasgow; Blackie, 160 p.
- Ranwell, D.S.** (1972): *Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes*. London; Chapman & Hall, 258 p.
- Ranwell, D.S.** (1980): Marshland, a value resource. En *Jornadas de estudio sobre el futuro de las marismas. Huelva*; Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.