

## PRODUCTIVIDAD DE PASTIZALES SALINOS DEL ESTUARIO LENGA (CHILE) A ESCALA DE PAISAJE ECOLOGICO: ANALISIS DE IMAGENES LANDSAT TM Y EXPERIMENTOS *IN SITU*

### Salt-marsh productivity of Lenga Estuary (Chile) at ecological landscape scale: LANDSAT TM images and *in situ* experiment analysis

RICARDO FIGUEROA\* y CLAUDIO VALDOVINOS\*

#### RESUMEN

Se cuantificó la biomasa aérea y se estimó la productividad de la comunidad de "pastizales salinos" del Estuario Lenga, ubicado en el extremo sur de Bahía San Vicente (36°47'00"S; 73°10'00"W), a escala de paisaje ecológico. Se emplearon técnicas de sensoramiento remoto, utilizando imágenes satelitales LANDSAT TM, complementadas con mediciones y experimentos *in situ* realizados durante un ciclo anual, entre abril de 1991 y abril de 1992. La comunidad estuvo dominada por *Spartina densiflora*, con una biomasa aérea media de material vivo de 5120,7±1378,1 g-seco m<sup>-2</sup>. El análisis de las imágenes satelitales permitió determinar un área de *Spartina densiflora* de 2,2 km<sup>2</sup>, por lo que se estimó una biomasa aérea total de 11261,9±3030,8 toneladas-secas para abril de 1991. La productividad aérea media de *S. densiflora* fue de 141,7 ±40,4 g-seco m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>, por lo que para toda la superficie del pastizal se estimó una productividad media total de 311,6 ± 88,9 toneladas-secas año<sup>-1</sup>.

#### INTRODUCCION

La productividad de los pastizales salinos de marismas y estuarios, ha generado gran interés en los últimos años, por su significativo aporte en términos de biomasa y flujo alóctono de carbono orgánico al medio acuático (Cunha-Lana *et al.* 1991; Soriano-Sierra, 1992; Clarke & Jacoby, 1994;

#### ABSTRACT

The aerial biomass (standing crop) was quantified and the productivity of the "salt marshes" community from Lenga Estuary located at the South of San Vicente Bay (36°47'00"S; 73°10'00"W) was estimated at ecological landscape scale. Remote sensing techniques using LANDSAT TM satellite image was used and complemented with *in situ* measurements and experiments, during the annual cycle, from April 1991 to April 1992. *Spartina densiflora* was the dominant species in the community with a living aerial biomass of 5120.7±1378.1 g-dry weight m<sup>-2</sup>. Based on the satellite images the area for *S. densiflora* was 2.2 km<sup>2</sup>, which allow to estimate a total aerial biomass of 11261.9±3030.8 dry-ton for April 1991. The average aerial productivity of *S. densiflora* was 141.7±40.4 g-dry weight m<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup>. Therefore, the total average productivity estimated for all the salt-marsh was 311.6±88.9 dry-ton year<sup>-1</sup>.

KEYWORDS: Lenga Estuary. Productivity. *Spartina densiflora*. *Sarcocornia frutescens*. Remote sensing. Central Chile.

Taylor & Allanson, 1995). Parte de este material es depositado en los sedimentos, produciendo generalmente ambientes con una importante demanda biológica de oxígeno. Otra parte, dependiendo de los flujos de agua dulce y de las mareas, es transportado al océano principalmente como seston orgánico generando aguas de elevada turbidez, lo cual tiene una gran importancia para la producción biológica costera local (Stuardo *et al.* 1992a).

Los estudios realizados en Chile en este tipo de sistemas son escasos, pudiéndose citar para los últimos 30 años, los trabajos de Fischer (1961), Retamal (1967), Rivera *et al.* (1973), Hoffman

\*Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Casilla 156-C, Concepción, Chile.

(1978), Pino & Muslow (1983), Turner (1984), Rojas (1984), Bravo (1984), Jaramillo *et al.* (1984, 1985), Leighton (1985), Leighton *et al.* (1987), Stuardo & Valdovinos (1989), Stuardo *et al.* (1992a) y Valdovinos *et al.* (1993).

El Estuario de Lengua, es una pequeña cuenca costera de aproximadamente 3,2 km<sup>2</sup>, ubicada en el

extremo sur de Bahía San Vicente (36°47'00"S; 73°10'00"W), caracterizado por la presencia de pastizales salinos dominados por *Spartina densiflora*, que delimitan el área terrestre con fuerte influencia marina y que aparentemente, constituyen importantes fuentes de carbono orgánico para el sistema, las cuales no han sido evaluadas (Fig. 1).

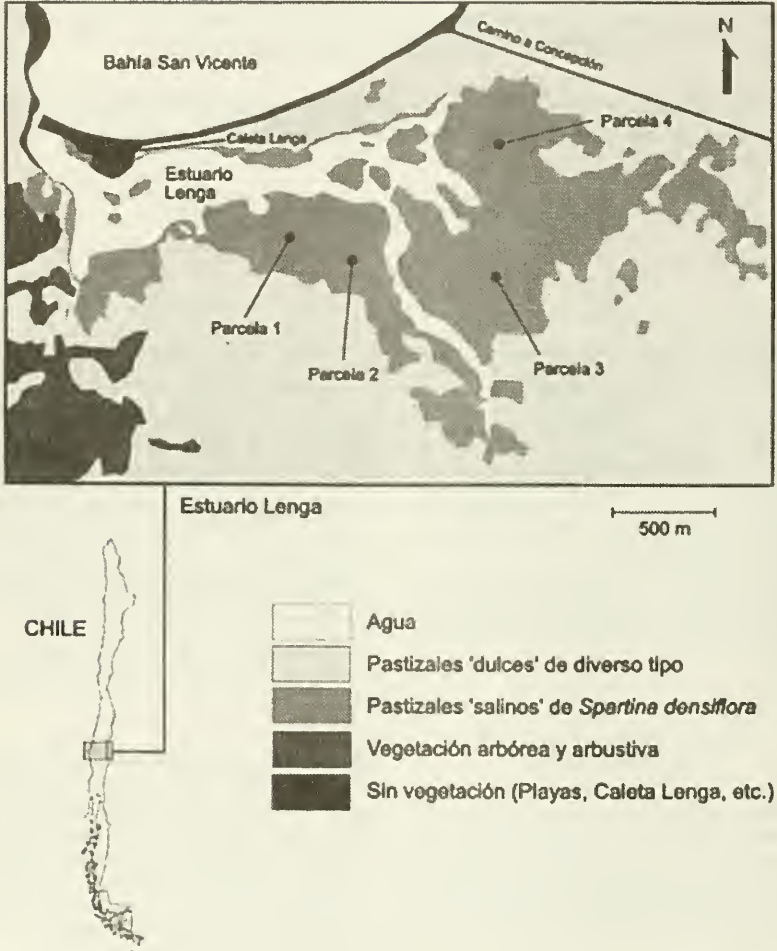


FIGURA 1. Ubicación geográfica del Estuario de Lengua (Chile central), y posicionamiento de las 4 parcelas de estudio. Los distintos tonos de gris muestran los resultados obtenidos en la clasificación de imágenes LANDSAT TM obtenidas el 6 de enero de 1990 y procesadas digitalmente mediante la combinación de canales 3R-2G-1B.

A pesar de formar parte de un área silvestre protegida, este sistema presenta una fuerte presión antrópica, siendo empleada en la actualidad como: a) caleta de pescadores, b) fuente de carnadas para la pesca (*Callinassa uncinata*), c) área de cultivo de algas (*Gracilaria chilensis*), d) cuerpo receptor de aguas de lluvia y de descargas domésticas, e) área de extracción esporádica de arena para rellenos y f) ganadería (en sectores de pastos "dulces"). Hasta 1977, este sistema recibía directamente descargas industriales, actualmente ello no ocurre, a pesar de su proximidad a grandes complejos industriales que descargan sus efluentes al río Biobío y a Bahía San Vicente.

El objetivo de este estudio, ha sido estimar la biomasa aérea y la productividad aérea de la comunidad de "pastizales salinos" del Estuario Lengua a escala de paisaje ecológico, empleando técnicas de sensoramiento remoto, complementadas con mediciones *in situ* durante un ciclo anual.

## MATERIALES Y METODOS

Las estimaciones de biomasa aérea (sin considerar la biomasa radicular) de los pastizales de *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa* del Estuario Lengua (Fig. 1), se realizaron combinando imágenes satelitales LANDSAT TM con muestreos directos de la vegetación durante un ciclo anual, realizados en abril de 1991 y abril de 1992.

Las imágenes fueron obtenidas el 6 de enero de 1990 y procesadas digitalmente con el software RESOURCE versión 2.3 (Jaffe & Mills, 1990). La caracterización y cuantificación de la cubierta vegetal del sistema, se realizó siguiendo a Fosberg (1979) mediante la combinación de canales 3R-2G-1B, la cual dio mejor resultado en la teledetección de la comunidad estudiada, que los índices vegetacionales (canales 4/3 y sus variaciones). La clasificación fue de tipo supervisada mediante el método de máxima similitud, considerando un nivel de confianza de 70%.

Para las estimaciones *in situ* de la biomasa y productividad aérea (*standing crop*) de *S. densiflora* y *S. fruticosa*, se utilizó el método de parcelas (Brown, 1984).

Este consistió en la obtención de muestras el 23 de abril de 1991 mediante la tala rasa de 4 parcelas delimitadas por un cuadrante de aluminio de 1 m<sup>2</sup>, cuya ubicación en el pastizal fue determinada por sorteo. El material de cada muestra fue clasificado en 4 componentes: a) *S. densiflora* viva, b) detritus de *S. densiflora*, c) *S. fruticosa* viva y d) detritus de *S. fruticosa*. Para cada componente se determinó el peso seco, mediante el secado de las muestras en una estufa Memmert ULM-500 a 110°C durante 48 horas y posteriormente pesadas en una balanza electrónica Sartorius L2200S de 0.01 g de sensibilidad. Luego de un año, el 28 de abril de 1992 fueron muestreadas de igual forma las mismas parcelas, para la determinación de la productividad aérea.

## RESULTADOS

La Figura 1 muestra el resultado de la clasificación de la imagen LANDSAT TM del Estuario de Lengua, en la cual se destaca el área de distribución de la comunidad de "pastizales salinos". El área de esta comunidad, determinada mediante el procesamiento digital de la imagen es de 2,2 km<sup>2</sup>.

La comunidad estuvo dominada por *S. densiflora*, con una biomasa media de 5120,7 ± 1378,1 g-seco m<sup>-2</sup> (Tabla I). Esta especie aportó una gran cantidad de detritus orgánico, con un valor medio de 670,9 ± 133,5 g-seco m<sup>-2</sup>. *S. fruticosa*, presentó una biomasa media de 1,1 ± 0,6 g-seco m<sup>-2</sup> y con bajos aportes de detritus. Considerando que esta especie tuvo una baja biomasa en el sistema y que además presentó una distribución claramente agregada, fue excluida de los análisis posteriores ya que se requeriría un mayor número de réplicas para un muestreo más representativo de esta especie.

Tomando en cuenta el área total que cubre la comunidad de pastizales salinos (2,2 km<sup>2</sup>) y la

TABLA I. Biomasa aérea (g-seco m<sup>-2</sup>) de *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa* registrada en 4 parcelas estudiadas en el Estuario Lengua, el 23 de abril de 1991.

Biomasa aérea (g-seco m <sup>-2</sup> )	<i>Spartina densiflora</i>		<i>Sarcocornia fruticosa</i>	
	Material vivo	Detritus	Material vivo	Detritus
Parcela 1	1243,0	985,4	0,0	0,0
Parcela 2	7651,3	528,3	2,5	0,1
Parcela 3	5323,0	785,0	1,7	0,0
Parcela 4	6265,5	385,2	0,5	0,0
$\bar{X} \pm ES$	5120,7 ± 378,1	670,9 ± 133,5	1,1 ± 0,6	0,0 ± 0,0

biomasa media de *S. densiflora*, se estimó para esta especie una biomasa aérea total de  $11261,9 \pm 3030,8$  toneladas-secas y  $1475,5 \pm 293,6$  toneladas-secas de detritus orgánico.

La biomasa aérea de renovales de *S. densiflora* y *S. fruticosa* registrada en las mismas parcelas anteriores, luego de año después de haber sido

taladas a ras de suelo, se presenta en la Tabla II. La productividad media de *S. densiflora* (material vivo + detritus) fue de  $141,7 \pm 40,4$  g-seco  $m^{-2}$  año $^{-1}$ . Si se extrapola este valor a toda la superficie del pastizal salino se estima una productividad aérea media total de  $311,6 \pm 88,9$  toneladas-secas año $^{-1}$ .

TABLA II. Biomasa aérea (g-seco  $m^{-2}$ ) de renovales de *Spartina densiflora* y *Sarcocornia fruticosa* registrada en 4 parcelas estudiadas en el Estuario Lengua, el 28 de abril de 1992, aproximadamente 1 año después de haber sido taladas a ras de suelo.

Biomasa aérea (g-seco $m^{-2}$ )	<i>Spartina densiflora</i>		<i>Sarcocornia fruticosa</i>	
	Material vivo	Detritus	Material vivo	Detritus
Parcela 1	95,3	8,2	0,0	0,0
Parcela 2	201,8	30,2	1,2	0,0
Parcela 3	169,0	12,3	5,6	0,1
Parcela 4	45,1	5,0	0,0	0,0
$\bar{X} \pm ES$	127,8 $\pm$ 35,4	13,9 $\pm$ 5,6	1,7 $\pm$ 1,3	0,0 $\pm$ 0,0

## DISCUSION

La estimación de la biomasa y de la productividad aérea de la comunidad de "pastizales salinos" del Estuario Lengua, puede ser abordada con bastante facilidad a escala espacial de paisaje ecológico mediante sensoramiento remoto, utilizando imágenes LANDSAT TM, complementadas con experimentos *in situ*. En este sentido, las técnicas de sensoramiento remoto han ido adquiriendo gran importancia e interés, en estudios realizados a esta escala espacial, especialmente porque: a) permiten obtener una visión integrada de un amplio territorio con una buena resolución espacial, b) proveen datos multiespectrales, y c) la información puede ser procesada digitalmente mediante computadores, permitiendo obtener información periódica (Stuardo *et al.* 1992b).

Los resultados obtenidos en el presente estudio sugieren que la presencia de *S. densiflora* en este sistema tiene una gran importancia para la zona costera, ya que sería responsable de un importante flujo de carbono orgánico a la Bahía de San Vicente, al igual como ocurre en otros sistemas similares (e.g. Taylor & Allason (1995), han registrado valores de hasta  $16$  g-C  $m^{-2}$  año $^{-1}$  en el Estuario de Kariega de Sudáfrica).

En términos de productividad aérea, los valores registrados en este estudio, de  $141,7 \pm 40,4$  g-seco  $m^{-2}$  año $^{-1}$  de *S. densiflora* y  $1,7 \pm 1,3$  g-seco  $m^{-2}$  año $^{-1}$

para *S. fruticosa*, son inferiores a los encontrados en otros estuarios, como en Gironde (Francia), con valores productividad aérea de  $813$  g-seco  $m^{-2}$  año $^{-1}$  para *S. maritima* y  $784$  g-seco  $m^{-2}$  año $^{-1}$  de *S. fruticosa* (Soriano-Sierra, 1992), lo cual estaría asociado fundamentalmente a las grandes diferencias climáticas existentes entre estos dos estuarios (e.g. temperatura, radiación).

Existe evidencia que los "pastizales salinos" tienen un gran impacto en las características del Estuario de Lengua (Valdivinos *et al.* 1993). El estrechamiento artificial producido en la boca del estuario (ca. 15 m de ancho) y la moderada diferencia de mareas (valores extremos de 1,8 y 0,5 m), determinan un bajo hidrodinamismo en el interior del estuario, por lo que gran parte del material producido por los pastizales salinos queda atrapado en el interior del estuario produciendo fondos reductores con un alto contenido de materia orgánica (>10%), lo cual se traduce en una baja abundancia y biomasa de macroinvertebrados bentónicos. Por el contrario, la fauna ribereña de los sectores arenosos próximos a la desembocadura, donde existe mayor hidrodinamismo por efecto de las mareas, parece verse favorecida por los aportes de materia orgánica. Los decápodos *Hemigrapsus crenulatus*, *Callinassa uncinata*, y algunos anfípodos, tienen una gran abundancia y formarían parte importante de la dieta de aves (más de 23 especies) y peces del estuario (e.g. *Mugil cephalus* y *Eleginops maclovinus*).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Centro Interuniversitario per la Cooperazione Scientifica Europa-América Latina, al Centro EULA-Chile, y a la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción (P.I. 953101411) por financiar este estudio. De la misma manera se agradece al Dr. José Stuardo, Dra. Patricia Pacheco, Gloria Vidal, Dr. Oscar Parra y a Sergio Arévalo por su apoyo en las distintas etapas de este estudio.

## BIBLIOGRAFIA

- Bravo, A. 1984. Distribución de la macroinfauna submareal en los fondos blandos de la Bahía de Queule y Estuario del río Queule. *Medio Ambiente*. 7: 37-46.
- Brown, M.S. 1984. Mangrove litter production and dynamics. In: *The mangrove ecosystem: research methods*, Samuel Snedaker y Jane Snedaker, Eds. *Monographs on Oceanographic Methodology*, Unesco. 15: 231-238.
- Clarke, P.J. & C.A. Jacoby. 1994. Biomass and above-ground productivity of salt-marsh plants in south-eastern Australia. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 45 (8):1521-1528.
- Cunha-Lana, P., C. Guiss & S. Trevisan-Disaro. 1991. Seasonal variation of biomass and production dynamic for above and belowground components of *Spartina alterniflora* marsh in the eutaline sector of Paranagua Bay (SE Brazil). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 32 (3): 231-241.
- Fischer, W. 1961. Die Fische des Brackwassergebietes Lenga bei Concepción (Chile). *Int. Revueges. Hydrobiol.* 48 (3): 419-511.
- Fosberg, F.R. 1979. A Classification of vegetation for general purposes. En: G.F. Peterken (Ed.). *Guide to the Check Sheet for IBP Areas*. IBP Handbook N°4. Blackwell Scientific Publ. Oxford and Edinburgh.
- Hoffman, W. 1978. Distribución del mercurio como contaminante en el agua, sedimento y organismos del Estero Lenga y áreas adyacentes en la bahía San Vicente. Concepción, Chile. Tesis Depto. de Oceanología, Universidad de Concepción, 163 pp.
- Jaffe, S. & B. Mills. 1990. Resource GIS and image processing users manual: Release 3.3. Decision Images Inc., Skillman, NJ, USA. 220 pp.
- Jaramillo, E., S. Mulsow, M. Pino & H. Figueroa. 1984. Subtidal benthic macroinfauna in an estuary of south Chile: Distribution pattern in relation to sediment types. *Marine Ecology*. 5: 119-133.
- Jaramillo, E., S. Mulsow & R. Navarro. 1985. Intertidal and subtidal macroinfauna in the Queule River Estuary, South of Chile. *Rev. Chilena Hist. Nat.* 58: 127-137.
- Leighton, G. 1985. El manejo de ecosistemas de desembocaduras de ríos y estuarios. *Ambiente y Desarrollo*. 2: 149-154.
- Leighton, G., E. Lobos & R. Ugarte. 1987. Estructuras ambientales en los sistemas de desembocadura de ríos y esteros de la zona central de Chile (V Región). *Rev. Biol. Mar.* 23(2): 139-157.
- Pino, M. & S. Mulsow. 1983. Distribución defacias granulométricas en el estuario del río Queule. IX Región: Un análisis de componentes principales. *Rev. Geol. Chile*. 18: 77-85.
- Retamal, M.A. 1967. Estudios bionómicos en una población de *Hemigrapsus crenulatus* (H. Milne Edwards), 1837, Lenga (36° Lat. S.). Informe de tesis para optar al grado de Licenciado en Biología. Instituto Central de Biología, Departamento de Zoología. Universidad de Concepción. 68 pp. (Mimeografiada).
- Rivera, P., O. Parra & M. González. 1973. Fitoplancton del Estero Lenga, Chile, Gayana, Botánica. 23: 1-93
- Rojas, C.F. 1984. Dinámica anual del seston en el estuario del río Queule. IX Región. *Rev. Biol. Mar., Valparaíso*. 20(2): 139-157.
- Soriano-Sierra, E.J. 1992. Standing crops and primary production of Aracachon Basin salt marshes (Gironde, France). 1 degree: *Spartina maritima* (Curt.) Ternald; *Halimione portulacoides* (L.) Aellen et *Sarcocornia frutescens* (L.) A.J. Scott. *J. Rech. Oceanogr.* 16 (3-4): 59-65.
- Stuardo, J. & C. Valdovinos. 1989. Estuarios y lagunas costeras: Ecosistemas importantes de Chile central. *Amb. y Des.* 5 (1): 107-115.
- Stuardo, J., C. Valdovinos, R. Figueroa & A. Occhipinti. 1992a. Ambientes costeros del Golfo de Arauco y áreas adyacentes. *Publ. EULA-Chile. Ser. Mon. Cient.* 12:1-14.
- Stuardo, J., C. Valdovinos & C. Pampaloni. 1992b. Remote sensing of polluting focal points and coastal disturbances in the Gulf of Arauco and adjacent bays, central Chile. *PORSEC (Okinawa), Conference for Pacific Ocean Environments & Probing*. 2:892-897.
- Taylor, D.I. & B.R. Allanson. 1995. Organic carbon fluxes between a high marsh an estuary, and the inapplicability of the outwelling hypothesis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 120 (1-3): 263-270.
- Turner, A. 1984. Zonación y estratificación de la macroinfauna intermareal del estuario del río Queule (IX Región, Chile). *Medio Ambiente*. 7(1): 29-36.
- Valdovinos, C., Stuardo, J. & R. Figueroa. 1993. Caracterización ambiental del Estuario de Lenga (VIII Región, Chile). *Planificación y gestión de la zona costera. Serie Planificación Territorial*. *Publ. EULA-Chile. Universidad de Concepción*.:27-29.