

Elaboración de un sistema de información geográfica para el monitoreo de pólderes en el Bajo Delta Bonaerense durante el período 1985-2005.

Gaute, Matías^a; Mari, Nicolás^b; Borodowski, Esteban^a y Di Bella, Carlos^b

^(a) Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Pabellón Dasonomía. C 1417 DSQ, Capital Federal, Argentina.

^(b) Instituto de Clima y Agua, INTA Castelar

Los Reseros y las Cabañas s/n C/P 1712, Castelar, provincia de Buenos Aires, Argentina.

tesisdelta2006@yahoo.com.ar, nmari@cni.inta.gov.ar, borodows@gmail.com

cdibella@cni.inta.gov.ar

RESUMEN

En la región del Delta, a través de obras de polderización, los productores cuentan con una infraestructura que les permite llevar a cabo sus actividades productivas. No existen para la región registros de la evolución de dichas obras en el espacio y tiempo. Se creó un mapa temático con endicamientos georreferenciados a partir de un sistema de Información geográfica. Se determinó la evolución de la superficie polderizada durante el período 1985-2005 y se caracterizó la superficie de terrenos firmes e inundables para cada división política de acuerdo a distintos niveles de afectación espacio-temporales.

Palabras claves: Bajo Delta Bonaerense, pólderes, sistema de información geográfica,

ABSTRACT

Farmers from the Delta region, depends on the construction of dikes to maintain their productive activities. Actually, there is no information about the development of dike construction. We designed a thematic map concerning the evolution of dikes construction through the period 1985-2005. Using a Geographic information System and remote sensing tools, we measured the dikes surfaces and we characterized the different patterns of flooding affectation along the Lower Delta islands.

Keywords: Lower Delta Islands of Parana River, dikes, geographical information system.

Introducción

El comportamiento hidrológico del río Paraná condiciona el asentamiento humano, originando estrategias adaptativas para adecuar la producción a las cíclicas crecidas de las aguas (Prat *et al.*, 1998).

El dique es posiblemente la herramienta más efectiva que tiene el productor para recuperar los esteros, integrando los interiores de islas no utilizables, ampliar las opciones de especies

forestales a implantar con mayores tasas de crecimiento y precios en la industria maderera, dejando de lado el monocultivo de Salicáceas.

Asimismo, posibilita combinar los sistemas de producción forestales bajo sistemas silvopastoriles, muy difundidos en la región en los últimos años, donde se produce madera con mayor valor agregado destinado al aserrado y debobinado y la cría y engorde del ganado vacuno, entre otros sistemas agroforestales. Esta infraestructura, se correlaciona con una transformación fundamental del paisaje de las islas, tendientes a aprovechar al máximo las potencialidades productivas de estas tierras debido al subsidio constante de materiales aportados por el río pero evitando o disminuyendo los terribles efectos

negativos de las crecidas e inundaciones (Galafassi, 2004). Es importante destacar que, con el sistema de protección contra las inundaciones mediante endicamientos, se impide la llegada de nuevos materiales traídos por el río a los campos.

Mediante la utilización de imágenes satelitales es posible actualizar la cartografía relevada con respecto al estado real del uso de la tierra y, conjuntamente con otras capas de información construidas a partir de análisis multiespectrales, dentro de un sistema de información geográfica, argumentar y explicar la planificación territorial de una región (Navone *et al.*, 2003).

Asimismo, los sistemas de información geográfica (SIG), ocupan hoy en día un lugar prominente entre las herramientas disponibles y constituyen un apoyo invaluable en la toma de decisiones de problemas con una dimensión espacial (Maguire, 1991).

Para el caso puntual del Bajo Delta Bonaerense se han realizado varios trabajos tendientes a la discriminación de ambientes y vegetación con fines ecológicos, aunque no integrados en un sistema de información geográfica.

Este trabajo, servirá de base para integrar la información existente y generar nuevas capas de información, incrementando la información disponible, ordenándola y posibilitando la fundamentación y ejecución de futuros planes de acción en pos de un desarrollo sustentable en un ambiente complejo pero muy productivo como lo es la región del Delta.

Objetivo general

A partir de un sistema de información geográfica y el uso de información satelital se pretende: Monitorear y caracterizar las obras de protección. Asimismo se desea discretizar el área de estudio de acuerdo a grados de afectación por inundaciones.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica del delta

La región del delta del río Paraná se extiende en la porción inferior de este río, entre las latitudes 32° 5' S, al sur de la ciudad de Diamante Entre Ríos y 34° 29' S, próximo a la ciudad de Buenos Aires.

Área de estudio:

El Bajo delta del río Paraná se encuentra ubicado en la porción terminal de la Cuenca del Plata, abarcando aproximadamente 350.000 hectáreas. Se divide políticamente en secciones municipales. El análisis llevado a cabo aná-

lisis contempla las secciones pertenecientes a la provincia de Buenos Aires y a cuatro secciones pertenecientes a la provincia de Entre Ríos.

Paisaje

Se identifican tres unidades de Paisaje (Kandus, 1997). La unidad A, representada por una planicie deltáica con fuerte influencia del río Paraná y gran parte de superficie ocupada con bajos inundados permanentemente. La unidad B, representada por islas pequeñas, constituidas por un pajonal y un albardón perimetral. La unidad C, constituidas por bancos colonizados por juncales e islas jóvenes. Estas últimas dos unidades son influenciadas por las mareas y sudestadas del Río de la Plata. Es oportuno aclarar que la actividad humana ha modificado fuertemente las condiciones naturales del ecosistema.

Clima

La región se caracteriza por un tipo climático Cfa. templado con lluvias todo el año y temperatura media del mes más cálido superior a 22° C. de acuerdo a la clasificación climática de Köppen – Geiger. (Malvárez, 2001).

Descripción de los procesos relativos al agua, inundaciones

Las crecidas ordinarias del Río Paraná, son ocasionadas por las grandes lluvias primaverales, en la cuenca imbrífera del Paraná, en la región tropical. Son de carácter estacional, alcanzando a la región del Delta entre los meses de Febrero y Marzo, cubriendo las tierras del Delta Superior y Medio y la parte norte del Bajo Delta. Las crecientes extraordinarias, pueden encontrar su origen a causa de sudestadas del Río de la Plata, conjuntamente con una creciente del Río Paraná, pudiéndose sumar una creciente del río Uruguay, el cual posee un régimen propio, registrándose efectos devastadores en la economía y la salud de la población isleña. Las mareas comunes o repuntes, son fenómenos diarios debidos al ingreso de agua de mar en el Río de la Plata que levanta las aguas propagándolas hacia el bajo Delta.

Descripción de los procesos productivos

La rica productividad que ofrecen las tierras del Delta, sólo puede ser aprovechada mediante un trabajo de habilitación de las mismas. En principio, existen dos alternativas para el aprovechamiento de las tierras, utilizar sólo los albardones, sujetos a la ocurrencia de las inun-

daciones y descartar prácticamente el resto de la superficie, constituida por los bajos o pajonales; o bien habilitar estas tierras en su conjunto mediante obras de polderización del predio a explotar.

Confección de capas vectoriales de polígonos:

En primer lugar se emplearon imágenes aerotransportadas del año 2005 con resolución espacial de 1 m x 1 m utilizadas para el seguimiento a campo y la identificación visual de los establecimientos que cuentan con endicamientos. Para la cartografía de las explotaciones y superficies endicadas, se utilizó como base una imagen LANDSAT 5, (Path/ Row 225/84, RGB: 432) con fecha en abril de 2005. Mediante el apoyo de la información relevada a campo, la provista por las imágenes utilizadas y mapas municipales, se generó una capa vectorial de polígonos conteniendo las secciones bajo análisis, donde: La Sección Primera, corresponden al partido de Tigre, Sección Segunda y Tercera, corresponden al partido de San Fernando. Sección Primera, Segunda, Tercera y Cuarta a la provincia de Entre Ríos. Sección cuarta del partido de Campana. Cada obra se caracterizó teniendo en cuenta: Superficie en hectáreas y cota de coronamiento del dique con respecto a la cota cero del Riachuelo (MOP), la cual fue relevada mediante encuestas personales, en los distintos establecimientos (ver figura1)

Sistema de información geográfico

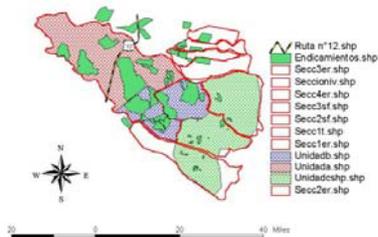


Fig. 1. Sistema de información geográfica conteniendo divisiones políticas, obras de endicamientos y unidades de paisaje descritas por Kandus et al (1997).

Desarrollo espacio - temporal del proceso de polderización (1985-2005)

Se trabajó con imágenes del satélite LANDSAT 5 georeferenciadas, Path/ Row 225/ 084, del mes de marzo de 1985, marzo de 1997, marzo

de 2000, febrero de 2002, abril de 2003, diciembre de 2003, marzo de 2004, abril de 2005, bandas TM 1 a 7, provistas en soporte CD – ROM por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). A partir de las cuales se detectó el incremento en tiempo y espacio de las superficies endicadas en el área de estudio. Generándose las siguientes capas de endicamientos: Capa endicamientos al año 1985, al año 1997, al año 2000, al año 2003 y al año 2005 (ver figura 2).

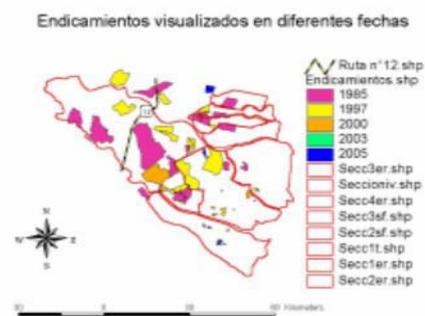


Fig. 2 Pólderes identificados de acuerdo a la fecha de visualización en las correspondientes imágenes Landsat.

Capa conteniendo niveles de afectación por inundaciones.

En el laboratorio del Área de Teledetección y Sig. del instituto de Clima y Agua, INTA Castellar se procesaron las imágenes del satélite LANDSAT 5, Path/Row 225/84 de marzo de 1997, abril de 1999 y diciembre 2005. A partir de un análisis multitemporal, se buscó alternar fechas correspondientes a acontecimientos de inundaciones y épocas secas.

Utilizando áreas de interés, de 3 x 3 píxeles, se realizó una clasificación multispectral supervisada, con ENVI 3.6, bajo el método de clasificación de mínima distancia. Las categorías empleadas fueron: áreas forestales, áreas con cuerpos de agua superficiales, áreas sin presencia de agua en superficie, cursos de agua permanente, ríos o arroyos.

Posteriormente con Erdas 8.4 se llevó a cabo un modelo relacional, utilizando las capas raster generadas en el proceso de clasificación. El producto de este modelo es una nueva capa raster con tres niveles de afectación de la superficie dada por la presencia de agua superficial a lo largo de las tres fechas de análisis, re-

sultando en un grado máximo en aquellas superficies con agua superficial en las tres fechas analizadas. Grado moderado en aquellas superficies afectadas con agua superficial en dos de los tres años analizados y grado mínimo en aquellas superficies afectadas con agua superficial en una sola de las tres fechas analizadas (ver figura 3).

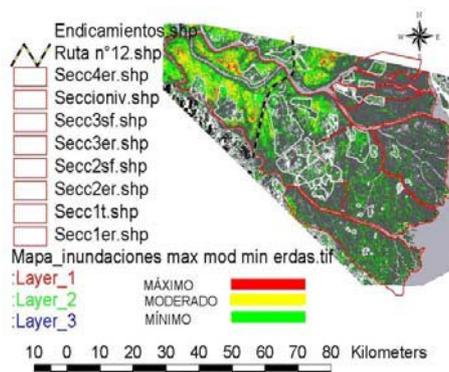


Fig. 3 Imagen con grados de afectación espacio temporal por inundaciones.

Resultados y Discusión

Análisis descriptivo al año 2005.

Con respecto a la superficie polderizada se encuentran endicadas aproximadamente 48.073 hectáreas, correspondiendo al 16,5% de la superficie estudiada (ver tabla 1). El 85,96% de estas hectáreas se encuentran en la Cuarta Sección del partido de Campana y Segunda Sección del partido de San Fernando.

Con respecto al número de endicamientos, se encuentran emplazados una totalidad de 51 diques distribuidos en las diferentes secciones. El 62,75 % de los diques se encuentran en la Cuarta Sección del partido de Campana y Segunda Sección del partido de San Fernando. Resulta destacable resaltar que el 94,12 % de estas obras se encuentran ubicadas por debajo de la ruta nacional N°12 (ver tabla 2).

Con respecto al desarrollo espacio - temporal del proceso de polderización durante el período 1985-2005 en el área estudiada, se observa que la Segunda sección de San Fernando reflejó el mayor crecimiento porcentual en número y en superficie aunque desproporcional entre ambas variables. La Primera sección de Tigre mostró un crecimiento proporcional tanto en número como en superficie pero inferior a la sección mencionada anteriormente.

La tercera sección de San Fernando mostró un menor crecimiento porcentual en el número de diques y en la superficie endicada con respecto al resto de la secciones del Bajo Delta Bonaerense, esto puede deberse a que en esta sección se encuentra la Reserva de Biosfera Delta del Paraná, en donde no se permite la antropización de los lotes para la explotación agropecuaria y forestal. La Cuarta sección de Campana tuvo mayor crecimiento para ambas variables en el sector ubicado por debajo de la ruta nacional N° 12, prevaleciendo el crecimiento en número por sobre el crecimiento en superficie (ver tabla 3). En el caso de las secciones pertenecientes a la provincia de Entre Ríos, La Primera y Tercera sección no reflejaron crecimientos en ninguna de las variables. La Segunda y Cuarta sección presentaron igual crecimiento porcentual en el número de diques siendo mayor el crecimiento porcentual en superficie endicadas en la Cuarta sección con respecto a la Segunda sección de esta provincia. En cuanto a las tasas de crecimiento para el período 1985-2005, la Segunda sección de San Fernando y la Cuarta sección de Campana, mostraron las mayores tasas de crecimiento por año tanto en superficie polderizada como en el número de diques construidos (ver tabla 4).

Asimismo dentro de esta última sección en el sector ubicado por encima de la ruta nacional N°12 ambas tasas fueron inferiores a las registradas en el sector ubicado al sur de esta vía.

Es importante resaltar que la tasa de crecimiento para este período dista de ser una constante en todas las divisiones políticas, tal cual se aprecia en la figura 4 y solo se la ha calculado para tener un parámetro de confrontación entre las distintas secciones.

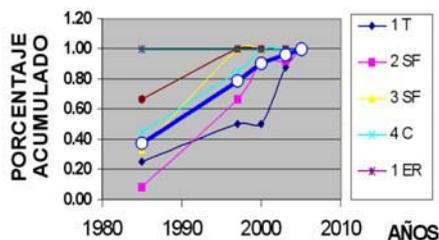


Fig. 4 Evolución porcentual del número de endicamientos durante el período 1985-2005.

Análisis de grados de afectación espacio temporal

Con respecto a los grados de afectación espacio temporal, la Cuarta sección de Campana presentó el mayor porcentaje de superficie con máximo grado de afectación.

Asimismo dentro de esta sección el sector ubicado por encima de la ruta nacional n° 12 presentó mayor cantidad de hectáreas con este grado de afectación con respecto al sector ubicado por debajo de dicha ruta (ver tabla 5 y 5b). Estos sectores de mayor grado de afectación se correlacionan positivamente con la presencia de sub-unidades de paisaje A1 y A2 de la unidad de paisaje A descritas por Kandus *et al.* (1997) y presentan en consecuencia menor número de endicamientos establecidos (ver figura 5 y 6).

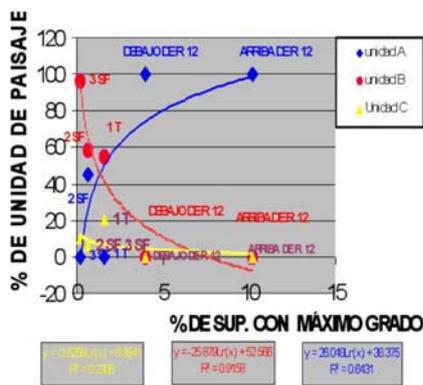


Fig. 5. Relación entre el porcentaje de superficie conteniendo unidades de paisaje y el grado de afectación espacio temporal

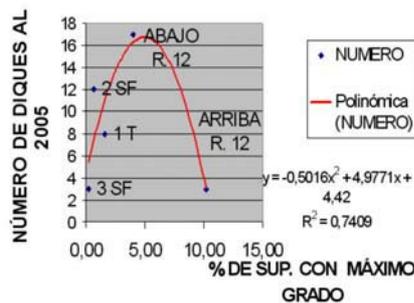


Fig. 6. Relación entre el número de pólderes presentes al año 2005 y el grado de afectación espacio temporal

Tabla 1. Descripción de la superficie endicada al año 2005 en el área estudiada.

SECCIONES	SUPERFICIE EN HA	HA ENDICADAS	% ENDICADO	%(Aporte/ total endicab)
1T	38960	457	1,17%	0,01
2SF	52330	8742	16,71%	0,18
3SF	36632	529	1,34%	0,01
4C	117509	32581	27,73%	0,68
1ER	15889	1189	7,48%	0,02
2ER	9400	1551	16,50%	0,03
3ER	8287	1647	19,87%	0,03
4ER	9432	1377	14,60%	0,03
TOTAL	291339	48073	16,50%	1,00

Tabla 2. Descripción del número de endicamientos al año 2005 en el área estudiada.

Ubicación	Número	% de N° Total	Cota MOP
ARRIBA RUTA	3	5,88	3,5
4 CAMPANA			
ABAJO RUTA	17	33,33	3,76
4 CAMPANA			
2 SF	12	25,53	3,5
3 SF	3	5,88	4
1T	8	15,69	2
1 ER	1	1,96	3,5
4 ER	3	5,88	2,6
2 ER	3	5,88	sin dato
3 ER	1	0,2	sin dato
Total	51	100	

Tabla 3. Descripción del crecimiento porcentual en el número de diques y la superficie polderizada durante el período 1985 –2005.

SECCIONES	% NUM	% SUP	PROPORCIÓN	CRECIMIENTO
1 T	300,00	304,42	0,99	SUPERFICIE
2 SF	1100,00	1604,09	0,69	SUPERFICIE
3 SF	200,00	37,76	5,30	EN NÚMERO
4 C	122,22	54,29	2,25	EN NÚMERO
1 ER	0,00	0,00	0,00	SIN CREC
2 ER	50,00	18,40	2,72	EN NÚMERO
3 ER	0,00	0,00	0,00	SIN CREC
4 ER	50,00	63,93	0,78	SUPERFICIE
ARRIBA R. 12	50,00	34,29	1,46	EN NÚMERO
ABAJO R. 12	142,86	2216,00	0,06	EN NÚMERO
TOTAL AREA	168,00	73,31	2,29	EN NÚMERO

Tabla 4. Tasas de crecimiento en el número de diques y hectáreas durante el período 1985-2005.

Ubicación	Tasa N° diques/ año	Tasa Ha/ año
Arriba ruta 12	0,05	110,8
Abajo ruta 12	0,5	462,4
4 C	0,55	573,2
2 SF	0,55	411,45
3 SF	0,1	7,25
1 T	0,3	17,2

Tabla 5. Descripción del valor porcentual de la superficie afectada con cada grado de afectación por inundación en cada división política.

% de cada categoría	4 C	2 SF	3 SF	1 T	1 ER	2 ER	4 ER
GRADO MÍNIMO	78.57	91.16	94.30	93.95	95.30	96.40	98.04
GRADO MODERADO	15.22	8.22	5.50	4.48	4.52	3.50	1.88
GRADO MÁXIMO	6.22	0.61	0.20	1.57	0.18	0.10	0.08
Total	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 5b. Descripción del valor porcentual de la superficie afectada con cada grado de afectación por inundación en dos sectores de la Cuarta sección de Campana con respecto a la ruta nacional N° 12.

% de cada categoría	Arriba	Abajo
	ruta.12	ruta.12
Grado mínimo	62.93	77.97
Grado moderado	26.88	18.05
Grado máximo	10.19	3.98
Total	100	100

Conclusiones

Gracias a las herramientas que ofrece la teledetección espacial fue posible identificar y georreferenciar superficies protegidas con obras de endicamientos, cuantificando la evolución y el crecimiento de dichas obras, en el área estudiada, posibilitando posteriores análisis espacio temporales sobre estos y otros parámetros a través de la actualización e incorporación de la capa vectorial generada conteniendo pólde-res, a diversas capas temáticas preexistentes y futuras dentro del marco de análisis que brindará el sistema de información geográfica generado para el área estudiada. Asimismo, se logró identificar y cuantificar la variabilidad espacio-temporal de las divisiones políticas con respecto al grado de afectación por inundaciones, plasmándola en una nueva capa de zonificación del área de estudio. Esta valiosa información debería ser considerada a la hora de tomar decisiones sobre la incorporación y acondicionamiento de superficies destinadas a la explotación forestal y ganadera en dichas zonas, así como también a la hora de planificar endicamientos, de modo que cumplan su función eficientemente procurando el desarrollo sustentable de la actividad.

Agradecimientos

El autor expresa su agradecimiento al departamento de SIG e inventario forestal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) por aportar las imágenes satelitales para poder llevar a cabo el estudio.

Al Lic. Nicolás Mari y al Dr. Carlos Di Bella por su colaboración en el procesamiento de las imágenes, a los Ing. Agr. Juan Manuel García Conde, Esteban Borodowski y Raúl Marsán por el aporte de información valiosa de la región y a todos los isleños que hicieron posible el desarrollo de los controles a campo.

Referencias

- Aceñolaza, P., Sione, W. F., Serafini M. C., Antes, M.E. 2005. Determinación de unidades homogéneas de vegetación en el Parque Nacional Pre-Delta. Argentina. CICYTTP, CONICET, UNER- FCA, UNL, FAA. 11págs.
- Galafassi, G. 2004. Actividades productivas, organización labor y medio ambiente en el Bajo Delta del Paraná, Centro de Estudios de Investigaciones Laborales, CONICET, Buenos Aires, Argentina. 208 págs.
- Kandus, P.1997. Análisis de patrones de vegetación a escala regional el Bajo Delta del Río Paraná (Argentina). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 200 págs.
- Malvárez, I. 2001. El Delta del Río Paraná como mosaico de humedales. Laboratorio de Ecología Regional, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 18 págs.
- Maguire, D. J. 1991. Geographic Information Systems (GIS). 1er. Edition. ESRI. An overview and definition of GIS. 1: 9- 21.
- Navone, E., Marlenko, N., Maggi, A., Raed, M., López, M. 2003. Sensores remotos aplicados al estudio de los recursos naturales. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 183 págs.
- Prat, M., Salomon, J. 1998. Le Delta du Parana. Aspects naturels et anthropiques. Convenio entre l'aratoire de géographie physique appliqué del institut de géographie Louis Papy de la Universidad Michel de Montaigne y el Instituto de Geografía de la Universidad de Bueno Aires. 113 págs.
- Speranza, F. C., Zerda, H. R. 2005. Potencialidad de los índices de vegetación para la discriminación de coberturas forestales. Proyecto Picto 12931, INTA Manfredi. Córdoba. Argentina. 10 págs.