

# PLANTACIONES DE *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden Y SU RELACION CON LA APTITUD DE LOS SUELOS EN COLÓN, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.

## PLANTATIONS OF *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden AND THE RELATION WITH LAND USE CAPACITY IN COLON, ENTRE RIOS PROVINCE.

Miriam Presutti<sup>1</sup>  
Marcelo Arturi<sup>1</sup>  
Juan F. Goya<sup>1</sup>

Fecha de recepción: 24/07/2008

Fecha de aceptación: 15/12/2007

1. Laboratorio de Investigación de Sistemas Ecológicos y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Diag.113 esq 61 N° 469 Piso 2 (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. [presutti@agro.unlp.edu.ar](mailto:presutti@agro.unlp.edu.ar)

### SUMMARY

One factor that influences the historic processes of land use change is the land use capacity. In a process of expansion of a given land use activity, more suitable sites are more likely to be transformed. In this work, changes in the forested areas due to the expansion of *Eucalyptus grandis* plantation were analyzed from 1985 to 2008 in Colón, Entre Ríos Province, Argentina. The forested area within different classes of land use suitability was determined in 1985 and 2008 from Landsat TM and CBERS-2B satellite data. Proportions of planted area located in each land use suitability class were not the same for both dates. Most of the planted area was located on the more suitable soils in 1985. However, in the studied period a greater increase was observed for the classes "suitable" and "moderately suitable" for forest activity. Since the economic rentability of *E. grandis* plantation remained constant, optimal soils are probably being used for a more rentable activity.

**Key words:** Landsat, CBERS-2B, soils, productivity index, eucalyptus

### RESUMEN

La aptitud de uso de la tierra es uno de los factores que incide en los procesos históricos de cambio en el uso de la tierra. Frente a la expansión de una determinada forma de uso de la tierra, los sitios más aptos presentan mayores probabilidades de transformación. En este trabajo se analizaron los cambios producidos entre 1985 y 2008 en la superficie forestal debidos a la expansión de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* en el departamento Colón, provincia de Entre Ríos, Argentina. Se utilizaron datos satelitales Landsat TM y CBERS-2B para la determinación de la superficie forestada por clases de aptitud de los suelos en 1985 y 2008. Las proporciones de área plantada en cada clase de aptitud de suelo no fueron las mismas en ambas fechas. La mayor proporción de área plantada se encontraba sobre los suelos más aptos en 1985. Sin embargo, la mayor expansión en el periodo analizado se produjo en suelos categorizados como "aptos" y "poco aptos" para la actividad forestal. Probablemente, los suelos de mayor aptitud sean usados para actividades más rentables, ya que la rentabilidad de las plantaciones de eucaliptos permaneció constante.

**Palabras clave:** Landsat, CBERS-2B, suelos, índice de productividad, eucaliptos

### INTRODUCCIÓN

El uso de la tierra produce cambios en la vegetación y en los suelos, puede afectar procesos como la circulación de agua y nutrientes así como modificar regímenes de disturbios (FORMAN Y GODRON, 1986; TURNER, 1989). La expresión espacial de esos cambios puede describirse mediante la estructura del paisaje. Los cambios de la estructura del paisaje, además de condicionar procesos como los mencionados, inciden sobre los movimientos de fauna y la dispersión de especies vegetales (MURCIA, 1995). El análisis de esos cambios constituye un elemento importante en el desarrollo de estrategias de manejo y conservación (FORMAN Y GODRON, 1986; MURCIA, 1995).

Los procesos históricos de cambio de uso de la tierra determinan tendencias de transformación que dependen de diferentes factores. Entre ellos, la aptitud de uso de la tierra es uno de los que incide en la probabilidad de cambio de un sitio dado. Frente a la expansión de una determinada forma de uso de la tierra, los sitios más aptos presentan mayores probabilidades de transformación.

En el caso de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en Entre Ríos, los suelos más aptos, ubicados en posiciones altas del paisaje, fueron los primeros en ser utilizados. En consecuencia las

plantaciones se encuentran concentradas en los mejores suelos.

El precio del producto obtenido incide en la rentabilidad del sistema y puede determinar límites en el proceso de expansión de una actividad en aquellas áreas que no presenten la productividad adecuada a los requerimientos financieros. De esta manera, los cambios de precio, suelen producir cambios en las áreas dedicadas a una determinada forma de uso de la tierra. Otras causas de los cambios en la expresión espacial de una actividad económica están relacionadas con cambios tecnológicos que pueden habilitar áreas que previamente resultaban inviables para la actividad. Ambos tipos de causas podrían haber determinado cambios en la estructura del paisaje debidos a las plantaciones con *E. grandis* en la zona de estudio.

Una de las técnicas que permiten cuantificar esos cambios son las basadas en datos satelitales multiespectrales, que han demostrado su potencial en la detección, identificación y mapeo de los mismos en regiones extensas. Las imágenes CBERS-2B (*China-Brazil Earth Resources Satellite*) desarrollado entre INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) y CAST (Chinese Academy of Space Technology), presentan una resolución espacial de 20 m y fueron analizadas por varios autores para su aplicación en el monitoreo agrícola (BINGFANG *et al.* 2004), (CAMARGO *et al.* 2004), en el mapeo de zonas cítricas (PAYACAN CASTILLO y FORMAGGIO, 2005) y forestales (PRESUTTI Y ARTURI, 2007)

En este trabajo se analizaron los cambios en la estructura del paisaje debidos a la expansión de las plantaciones de *E. grandis* en el departamento Colón, provincia de Entre Ríos a través del análisis de imágenes satelitales y su relación con la aptitud de los suelos, derivadas del índice de productividad forestal. Se analizó la proporción de áreas plantadas con *E. grandis* en cada clase de aptitud de suelo para los años 1985 y 2008.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología aplicada en este trabajo consistió en el análisis cuantitativo de dos imágenes satelitales adquiridas por dos sensores diferentes separadas por 23 años entre una toma y otra. Una de las imágenes corresponde al sensor TM del Landsat 5 adquirida el 10 de junio de 1985 (Path y Row 225-82) y la otra fue tomada por el sensor CCD del satélite CBERS-2B el día 8 de enero de 2008.

El análisis consistió en la digitalización en pantalla de los polígonos correspondientes a plantaciones adultas en pie de eucaliptos en cada imagen individualmente. La composición color usada para Landsat fue RGB: 4,5,3 (NIR, infrarrojo medio y rojo) mientras que para CBERS-2B fue de RGB: 4,2,3 (NIR, verde y rojo) ya que este sensor carece de la banda en el infrarrojo medio (SWIR). La cámara

de alta resolución CCD del CBERS-2B, con una resolución espacial de 20m, tiene 3 bandas localizadas en la región del visible y del infrarrojo cercano, prácticamente en la misma región que el TM del Landsat. Las plantaciones fueron identificadas muy claramente, sobre todo en la imagen de invierno, utilizando para ello la textura que presentan y la sombra que proyectan hacia el oeste.

Por otra parte, fueron digitalizadas las unidades cartográficas de suelos correspondientes a la Carta de Suelos de la República Argentina, departamento Colón, elaboradas por el INTA, EEA Paraná. De este modo se generaron un total de 320 polígonos distribuidos en 24 unidades cartográficas de suelos más otras unidades misceláneas (zonas urbanas, bañados e islas, arroyos, parque nacional). Una vez que se obtuvieron estos polígonos se les adjuntó una tabla con los atributos de cada unidad cartográfica. En este trabajo se eligió el atributo correspondiente al Índice de productividad forestal específica para eucaliptos, asignándose a cada unidad una de las siguientes categorías: *Muy Apto*, *Apto*, *Poco Apto*, *Marginalmente Apto* o *No Apto*.

Finalmente, en un entorno SIG, se procedió a integrar los datos satelitales y edáficos, calculándose la superficie que ocupan las plantaciones adultas en cada clase de aptitud de uso forestal y para ambas fechas analizadas. Se evaluó mediante una prueba de Chi-Cuadrado si las proporciones de áreas plantadas en cada clase fueron las mismas en los dos momentos analizados o si, por el contrario, las condiciones de rentabilidad de la actividad en relación con otras actividades productivas provocó cambios en esas proporciones. El análisis se realizó para una tabla de contingencia con cuatro filas (clases de aptitud forestal) y dos columnas (años analizados). Se calcularon los residuos de la tabla como la diferencia entre las áreas observadas y las esperadas para una distribución en iguales proporciones entre años. Se identificaron para cada año las celdas en las cuales se produjeron los residuos positivos (mayor área que la esperada para iguales proporciones).

### Descripción de los datos edáficos

Sobre el total de 320 polígonos, unos 45 son considerados **muy aptos** para el cultivo de eucaliptos, que corresponden a cuatro asociaciones de suelos: Mandisoví III, Los Charrúas, Mandisoví II y Puerto Yeruá II, con Índices de productividad para eucaliptos de 64, 62, 60 y 58 respectivamente. Las series de suelos que componen estas unidades son Mandisoví y Puerto Yeruá, clasificados taxonómicamente como Molisol e Inceptisol, ambos con texturas franco gruesa. Las limitantes encontradas en estos suelos son debido a la fertilidad reducida.

Los **suelos aptos**, están distribuidos en 58 polígonos correspondientes a 4 unidades cartográficas: Campo Nuevo, Hocker, Yuquerí Grande y Palmarito, cuyos Índices de productividad

son 56, 55, 50 y 26 respectivamente. Clasificados taxonómicamente como Vertisol, Entisol y Molisoles, de textura fina. Las limitantes más corrientes en estos suelos son presencia de un horizonte B2t, encharcamiento temporario y fertilidad reducida.

Los suelos poco aptos, que ocupan la mayor parte de la superficie del departamento, son 141 polígonos distribuidos en 8 unidades cartográficas (6 asociaciones y dos complejos) donde los suelos predominantes corresponden a Vertisoles y Molisoles de la familia fina y montmorillonítica. Los índices de productividad van desde 22 a 48, siendo las limitantes principales un horizonte superficial arcilloso, drenaje, encharcamiento, inundaciones y heterogeneidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La proporción de superficie ocupada por la clase de aptitud correspondiente a suelos poco aptos en relación a la superficie total del departamento (270.705 ha) es del 45 %, mientras que el 25.1% es ocupada por suelos aptos y 17.5% por muy aptos, el restante 12.3% corresponde a áreas marginales o no aptas para la implantación de eucaliptos y áreas misceláneas (urbanas o bañados e islas).

Estos datos se muestran en la Tabla 1 mientras que en la Figura 1 se observa su distribución en el departamento.

Al considerar la totalidad de las plantaciones adultas en pie relevadas en cada fecha por separado se obtuvo una extensión de 10.486 ha en junio de 1985 mientras que en enero de 2008 la superficie total fue de 19.087 ha. Estos datos arrojaron un 82% de aumento general de la superficie plantada en el lapso de los 23 años estudiados. Los suelos aptos y muy aptos representaron el 42 % del total (Tabla 1, Figura 1). El mayor porcentaje de incremento en el área plantada se observó en los suelos categorizados como "aptos", en segundo término se ubicaron los suelos "poco aptos" mientras que en los suelos "muy aptos", si bien hubo aumento, este fue menor a los dos anteriores (Tabla 2). Otros estudios llevados a cabo en la región arrojan otros resultados respecto de la superficie forestada en el departamento Colón, por

ejemplo, DÍAZ Y TESÓN (2002) reportan 26.379 ha distribuidas en 178 unidades de manejo forestal, donde se incluyen *Eucalyptus spp.* y *Pinus spp.*; GLADE (2001) 22.321 ha de *Eucalyptus grandis* y BRIZUELA (2004) registra 26.963 ha de plantaciones en pie para el verano 2003, de las cuales 24.440 ha son de *E. grandis* y 2.523 ha de *E. globulus*. Las diferencias observadas con estos estudios pueden deberse a que en este caso el énfasis fue puesto solamente en las plantaciones adultas en pie y no en aquellas áreas que fueron cosechadas y actualmente los rebrotes manejados incrementan la superficie forestal total.

Con el fin de determinar donde fueron localizadas las nuevas plantaciones, se analizaron en conjunto los polígonos correspondientes a las plantaciones existentes en ambas fechas, resultando que 6.138 ha son comunes en ambas, es decir, estaban plantadas tanto en el 1985 como en el 2008; 4.325 ha fueron cortadas entre ambas fechas (consideradas actualmente como rebrotes), mientras que 12.940 ha son plantaciones que aparecen solo en la última fecha. La localización general de estos tres estados de las plantaciones se muestra en el mapa de la Figura 2 y las superficies que ocupan distribuidas según aptitud de los suelos en la Tabla 3.

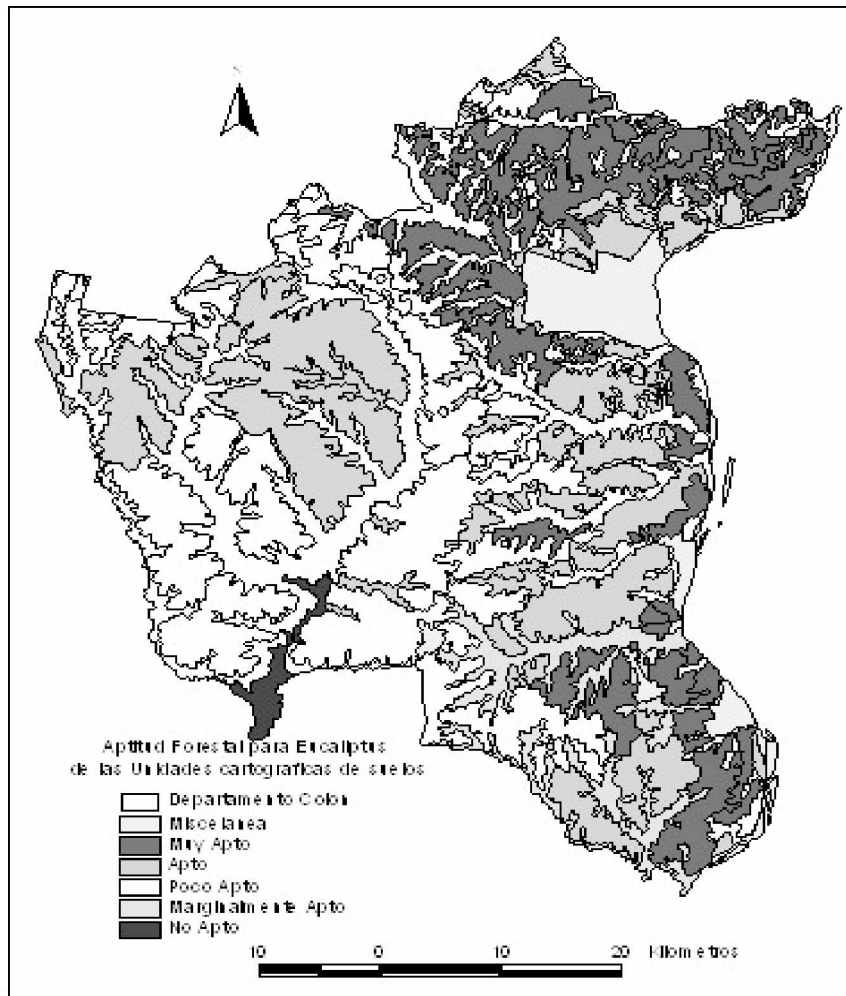
En cuanto a las plantaciones en pie que aparecen en ambas fechas en el mismo sitio, puede tratarse de la misma plantación o bien del rebrote de cortas anteriores que han crecido lo suficiente como para que en el año 2008 sea otra vez una plantación adulta. Por otra parte, las plantaciones presentes en el año 1985 y no en el 2008, serían aquellos lotes donde actualmente se están manejando los rebrotes pero aún no se detectan como plantaciones adultas y finalmente las plantaciones nuevas son las que no estaban en el 1985 y si en la última fecha.

La superficie total con plantaciones de eucaliptos fue de 23.405 ha, de las cuales 12.940 ha fueron efectivamente nuevas plantaciones realizadas a partir de 1985 (Tabla 3). Considerando solamente estas nuevas plantaciones el 43% de ellas se realizaron en los mejores suelos ("muy aptos"), el 35% en "aptos" y 16% en suelos "poco aptos".

**Tabla 1: Superficie de los suelos en el departamento Colón según aptitud de uso forestal específica para eucaliptos.**

**Table 1: Area of soils by suitability for forest use specifically eucalyptus in Colon department.**

Productividad	Superficie (ha)	Número de polígonos
Áreas misceláneas	17.725,45	60
Muy Apto	47.240,45	45
Apto	67.944,99	58
Poco Apto	121.985,85	141
Marginalmente Apto	13.347,80	13
No Apto	2.460,94	3
<b>Total</b>	<b>270.705,48</b>	<b>320</b>



**Figura 1: Unidades cartográficas de suelos y su aptitud forestal específica para eucalipto, en función de sus índices de productividad.**

**Figure 1: Cartographical soil units and its suitability for eucalyptus, according to its productivity indexes.**

**Tabla 2: Superficie en ha ocupada por plantaciones adultas según aptitud de suelos para cada fecha estudiada.**

**Table 2: Area in ha of adult plantations according to soil aptitude, in each studied date**

<b>Aptitud de suelos/ Fechas</b>	<b>1985</b>	<b>2008</b>	<b>% de diferencia</b>
Áreas Misceláneas	397,71	820,53	106,31
Muy Apto	5462,01	8751,24	60,22
Apto	2997	6434,73	114,71
Poco Apto	1509,03	2917,71	93,35
Marginalmente Apto	122,94	155,43	26,43
	<b>10488,69</b>	<b>19079,64</b>	<b>81,91</b>

Pero teniendo en cuenta la superficie plantada en 1985, los incrementos fueron de 102% en suelos “muy aptos”, 150% en “aptos”, 143% en “poco aptos” y 77% en suelos considerados “marginalmente aptos”.

El cambio en el área plantada analizado por clases de aptitud indicó que si bien hubo un aumento en

todas las clases, la proporción representada por cada clase no fue igual en ambas fechas (Tabla 4). En 1985 se observó una mayor proporción que la esperada en las tierras muy aptas y en menor medida en las tierras marginalmente aptas. En 2008 los residuos positivos se observaron en las tierras aptas y poco aptas. Estos resultados indicaron que aumentó la

proporción representada por las plantaciones en tierras aptas y poco aptas.

Estos resultados indican que si bien las plantaciones forestales se han realizado en sitios donde los índices de productividad forestal para eucaliptos son altos, el incremento en el área es aún mayor en suelos menos productivos. Si consideramos

que la superficie total de suelos muy productivos es de 47.240 ha y la superficie actualmente plantada en esos suelos es de 8.750 ha, permanecerían suelos “muy aptos” sin ser ocupados por plantaciones forestales, esto se debe a que son dedicados a otras actividades probablemente más rentables.

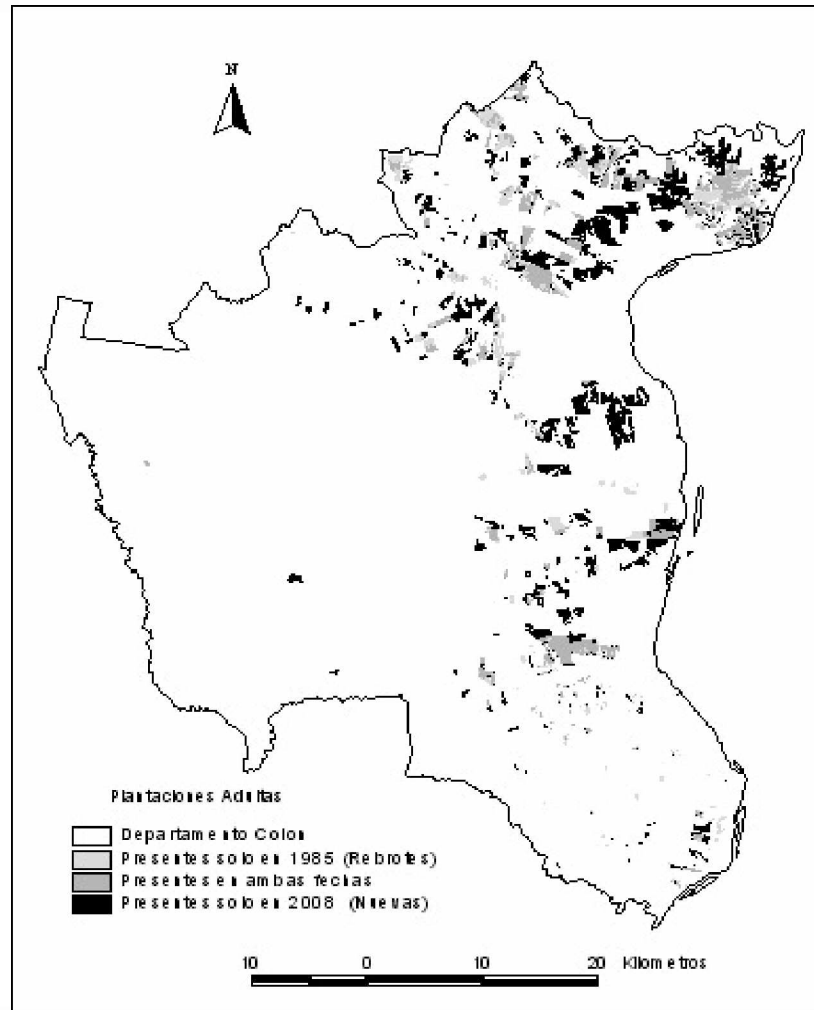


Figura 2: Localización general de las plantaciones adultas de eucaliptos en el departamento Colón para las dos fechas relevadas.

Figure 2 : General location of adult plantation of eucalyptus in both studied dates

Tabla 3: Superficies en ha ocupadas por las plantaciones según aptitud de uso  
Table 3: Area in ha occupied by plantations by land use capacity

PLANTACION	Misceláneas	Muy Apto	Apto	Poco Apto	Marg. Apto	Total
Presente en ambas fechas	246,96	3146,13	1905,21	778,50	61,38	6138,18
Presentes solo en 2008 (Nuevas)	581,40	5591,61	4527,81	2143,80	95,40	12940,02
Presentes solo en 1985 (Rebrotos)	150,75	2315,16	1081,17	718,38	61,56	4327,02
<b>Total</b>						<b>23405,22</b>

**Tabla 4: Diferencia entre el área plantada en cada año y la esperada para una situación de igual proporción de área entre años. Se resaltan los residuos positivos.  $\chi^2=121.86$   $df=3$   $p=0.0000$ .**

**Table 4: Difference between planted area in each date and that expected in a situation of equal proportion of areas between years. The positive residues are accentuated.  $\chi^2=121.86$   $df=3$   $p=0.0000$ .**

Clase de aptitud	1985	2008
Muy Apto	399.4	-399.4
Apto	-358.9	358.9
Poco Apto	-64.7	64.7
Marginalmente Apto	24.2	-24.2

## CONCLUSIÓN

Del análisis realizado surge que en el departamento Colón, provincia de Entre Ríos, la mayor expansión del área plantada con *Eucalyptus grandis* entre los años 1985 y 2008 no se observó en tierras clasificadas como “muy aptas”. Si bien se han realizado plantaciones en sitios donde los índices de productividad forestal para eucalipto son altos, el mayor incremento se observó en aquellos sitios de menor productividad, en suelos con texturas más finas, clasificados taxonómicamente como Vertisol, Entisol y Molisoles. Dado que la rentabilidad de la actividad no disminuyó se concluye que la disminución de la proporción de esas tierras ocupadas por plantaciones se debe a que están siendo dedicadas a actividades productivas más rentables.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) por la provisión de las imágenes satelitales utilizadas a través de su sitio en Internet (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

## BIBLIOGRAFÍA

- BINGFANG Wu, Wenbo Xu, Yong Zhang, Yichen Tian, Jianxi Huang. 2004. Evaluation of CBERS-2 CCD Data for Agricultural Monitoring. 0-7803-8742-2/04 IEEE. 4025-4027 pp.
- BRIZUELA, A.B., Milera S. y Mestres, J. 2004. Plantaciones de Eucaliptos y Pinos en los departamentos del este de Entre Ríos INSUGEO 12: 153 – 160 pp.
- CAMARGO ARCE, E., Rudorff, B., Sugawara Berka L., Carrasco Pereira P. 2005. Imágenes Landsat y CBERS en la identificación del uso del suelo con cultivos agrícolas. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, pp 41-48.

- DIAZ, D.E. y Tesón, N. 2002. Unidades de Manejo Forestal en los Departamentos Federación, Concordia y Colón, del Nordeste de Entre Ríos. INTA E.E.A. Concordia Centro Regional Entre Ríos
- FORMAN, R.T. T. y Godron, M.. 1986. Landscape Ecology. John Wiley New York. 619 pp.
- GLADE, J. 2001. Proyección de la Oferta y Demanda de Madera rolliza en el Nordeste de Entre Ríos y Sudeste de Corrientes 2001-2020. SAGPyA. Proyecto Forestal de Desarrollo. Buenos Aires.
- MURCIA, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology & Evolution. 10 (2) : 58 – 62 pp.
- PAYACAN CASTILLO, S. , Formaggio A. 2005. Evaluación de datos del satélite CBERS para mapeamiento de áreas citricolas a nivel municipal. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, INPE, pp 865-872.
- PRESUTTI, M. y Arturi M. 2007. Integración de Datos Multisensor y Aplicación de la Técnica de Rotación Radiométrica en el Monitoreo de Plantaciones Forestales. XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata, Argentina. Actas CD 21 – 24 pp
- TURNER, M.G. 1989. Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. Annual Review of Ecology and Systematics 20 : 171 – 197 pp.