

Delimitación por SIG de un área de la ecorregión Chaco Húmedo a la margen derecha del río Paraguay

SIG delimitation of an area of the ecoregion Humid Chaco to the right bank of the Paraguay river

José Imaña Encinas^{1*}, Ricardo Campos da Nóbrega², Jong-Choon Woo³ y Natália Oliveira Ramos⁴

¹ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Producción y Conservación de Bosques. Costa Rica.

² Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Brasilia, Brasil.

³ Kangwon National University, Forestry Faculty. Corea del Sur.

⁴ Universidade de Brasília, Facultad de Tecnología, Carrera Ingeniería Forestal. Brasilia, Brasil.

***Autor para correspondencia:**
jose.imana@gmail.com

Conflicto de interés:
Los autores declaran no tener conflicto de interés.

Licencia:
Creative Commons CC-BY

Historial:
Recibido: 01/02/17;
Aceptado: 17/05/19

Periodo de Publicación:
Enero-Junio de 2019

RESUMEN

El objetivo del estudio fue clasificar 80.246 hectáreas de la margen derecha del río Paraguay pertenecientes a la ecorregión Chaco Húmedo. En dos ocasiones, en 2000 y 2016 se interpretó la cobertura vegetal y el uso del suelo de esa área. En el año 2000 a través del análisis de una carta imagen, en escala 1:50.000, por la teledetección fueron delimitadas y diferenciadas seis tipologías de paisajes. Se analizó 16 años más tarde, los posibles cambios ocurridos de las pertinentes superficies de las seis tipologías de paisaje. Para el año 2016, la superficie ocupada por el bosque húmedo chaqueño no inundable fue de 31.494 ha, bosque húmedo chaqueño inundable 27.986 ha, karanda y 9.190 ha, vegetación arbustiva de áreas inundadas 6.058 ha, área ocupada por asentamientos humanos 4.210 ha y los cuerpos de agua 1.308 ha. De ese total, 44% del área se identificó como permanentemente inundada, 16% temporalmente inundada y el área no inundable correspondió a 40%. Se verificó que, en el transcurso de 16 años, la superficie ocupada por los asentamientos humanos tuvo un aumento de más de tres mil porcientos, mientras que las demás tipologías de paisaje definidas no sufrieron consistentes alteraciones.

Palabras clave: Bosque húmedo, Chaco, ecología de paisajes, teledetección

ABSTRACT

The objective of the study was to classify 80,246 hectares on the right bank of the Paraguay river belonging to the Chaco Humid region. On two occasions, in 2000 and 2016, was interpreted the vegetal cover and the land use of this area. In the year 2000, through the analysis of the satellite image interpretation on a scale of 1:50,000 were delimited and differentiated six landscapes units. Sixteen years later, it was analyzed the possible changes occurring of the pertinent surfaces of the six landscape units. For the year 2016, the area occupied by non-flooded humid Chaco forest was 31,494 ha, flooded humid Chaco forest 27,986 ha, palm area - karanda y 9,190 ha, shrub vegetation of flooded areas 6,058 ha, anthropic area 4,210 ha and water reservoirs 1,308 ha. From the total area, 44 % of the was identified as permanently flooded, 16% temporarily flooded and the non-flooded area corresponded to 40%. It was verified that, over the course of 16 years, the area occupied by human settlements has an increase of more than three thousand percent, while the other defined landscape units did not show consistent changes.

Key words: Humid forest, Chaco, landscape ecology, remote sensing

INTRODUCCIÓN

El territorio del Paraguay posee cinco ecorregiones bien definidas: Bosque Atlántico, Cerrado, Chaco Seco, Chaco Húmedo y Pantanal (Dinerstein et al.,

1995), todas ellas con una abundante y significativa biodiversidad (Cartes, 2006; Salas-Dueñas & Facetti 2007). La región del Chaco Húmedo se localiza en la Región Occidental del Paraguay, se caracteriza por la presencia de extensas áreas de

sabanas, algunas de ellas dominadas por la especie karanda y (*Copernicia alba* Morong.) y enormes superficies de humedales además de presentar islas de bosques subhúmedos y una vegetación arbórea ribereña (Spichiger, Stauffer, Mereles, Soloaga & Loizeau, 2011).

El Chaco Húmedo, en su visión de paisaje natural, se extiende en llanuras planas con suaves pendientes. Por ese declive y su alto grado de precipitación máxima anual, superior a 1.200 mm, presenta áreas permanentes como temporales de inundación. En su topografía natural se pueden observar albardones elevados y áreas anegadas, presentando típica característica de los humedales. Los humedales están descritos como ecosistemas que dependen en su desarrollo por el proceso recurrente de las inundaciones y correspondiente saturación de sus suelos adaptados al condicionamiento de las cargas de agua superficial (Benzaquén et al., 2013; Rivera & Casallas, 2017). El proceso de colmatación y taponamiento dan lugar a la formación de los abanicos aluviales (Cartes, 2006).

La vegetación arbórea del Chaco Húmedo, de acuerdo con Morello y Adámoli (1968) y Morello y Adámoli (1974) se encuentra condicionada por los gradientes topográficos y de inundación. Las especies arbóreas que se destacan son: el quebracho colorado (*Schinopsis balansae* Engl.), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schlttdl.), guayacán (*Caesalpinia paraguariensis* (D. Parodi) Burkart), los algarrobos (*Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. y *Prosopis alba* Griseb.), mistol (*Ziziphus mistol* Griseb.) y el chañar (*Geoffroea decorticans* (Gilles ex Hook. & Arn.) Burkart).

En la ecorregión del Chaco Húmedo también se encuentran formaciones arbóreas de los bosques ribereños, selvas marginales o bosques de albardón, que forman comunidades arbóreas estrechas junto a los cursos de agua, donde se desarrollan especies leñosas intolerantes a las inundaciones. Entre los árboles de mayor porte predominan el timbó colorado (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong.) y el lapacho negro (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos) conforme a lo descrito por Morello y Adámoli (1968) y Morello y Adámoli (1974).

Los beneficios que proporcionan las coberturas arbóreas tanto a nivel local, regional como global resultan ser hoy en día de capital importancia,

principalmente para el mantenimiento de la biodiversidad natural como en la regulación del cambio climático, inclusive en la conservación de los recursos agua y suelo, indispensables para la sobrevivencia humana. Actualmente para América Latina se estima que se pierden anualmente más de cuatro millones de hectáreas de bosques (FAO, 2016). Con relación al Paraguay, la deforestación por la misma fuente define en 180 mil hectáreas/año. En ese contexto, se hace imperiosa la necesidad de poseer mayor conocimiento de los bosques, para su correspondiente conservación y manejo sostenido.

La teledetección dentro del sistema de información geográfica (SIG) permite crear consistentes herramientas de planificación de áreas y poderlas usar como automatizadores de ejecución cartográfica, permitiendo colocar en práctica el relevante potencial como soporte en la ordenación y manejo de la cobertura vegetal y el correspondiente uso del suelo. Meneses y Almeida (2012) muestran la importancia que trae la tecnología de los llamados sensores remotos, asociados a los actuales programas computacionales, que ofrecen un sólido potencial de producción de una amplia y consistente base de datos cartográficos con altas resoluciones en lo espacial, espectral y temporal.

Los resultados presentados en este trabajo podrán permitir orientar la ordenación diagnóstica de los niveles organizacionales del área de estudio, en sus componentes operacional, gerencial y estratégico, específicamente en lo que se refiere a la planificación del uso potencial del suelo y de los recursos naturales renovables allí existentes. En ese contexto, el objetivo de este trabajo fue clasificar cerca de 80.000 ha de la cobertura vegetal y del uso del suelo y sus respectivos cambios ocurridos en 16 años, de seis tipologías de paisaje de la ecorregión del Chaco Húmedo, localizado a las márgenes del río Paraguay en la Región Occidental de la República del Paraguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra localizado en el noreste de la Región Occidental, al norte de Fuerte Olimpo y próximo del Puerto Leda (Figura 1), específicamente en las coordenadas geodésicas de 3745000 a 3715000 norte, y entre 395000 y 350000 este, comprendidas entre las latitudes 20° 0' y 21° 30' sur y longitudes 57° 0' y 59° 0' oeste

de Greenwich. En dos ocasiones, en los años 2000 y 2016, el área de estudio fue analizada e interpretada a través de la teledetección.

Con relación a la temperatura, a través de datos extrapolados, el área de estudio se caracteriza por una media anual en la isoterma de 24°C. Por la clasificación de Köppen, el área de estudio pertenece al tipo Aw recibiendo influencia del clima

tropical caliente de la sabana del centro-oeste brasileño y del Chaco paraguayo, con dos estaciones bien marcadas, pudiendo alcanzar temperaturas mayores a 40°C en los meses de septiembre/octubre, y una media de las mínimas superior a 15°C en los meses de junio y julio. La media de las precipitaciones anuales permanece entre 970 a 1.400 mm (Ministerio das Minas e Energia, 1982) incluida en la isoyeta de 1.000 mm.

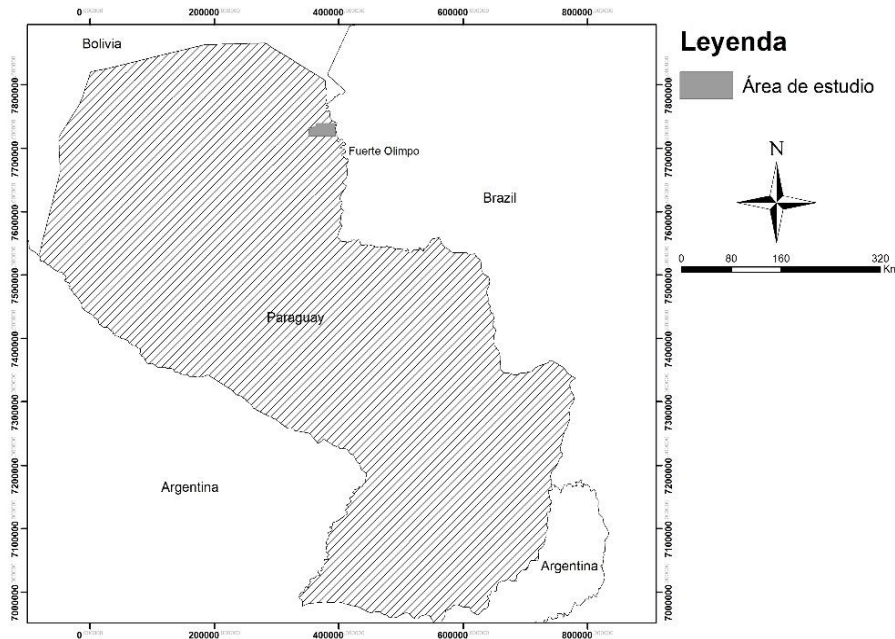


Figura 1. Localización del área de estudio.

En el año 2000, se realizaron trabajos correspondientes sobre la localización geográfica del área de estudio, que fue identificada en los mapas índices del Brasil y del Paraguay. Fueron escogidas y adquiridas las cartas: MI 2545 – Nabileque, MI 2581 – Río Nabileque y MI 2617 – Barranco Branco, producidas en escala 1:100.000 por la Dirección del Servicio Geográfico del Ejército Brasileño, y otras dos cartas en escala 1:50.000, hojas 5279-I Puerto Leda y 5280-II Puerto Esperanza, producidas por el Instituto Geográfico Militar del Paraguay (DISERGEMIL, 1999). En el año 2000 además de las interpretaciones realizadas en las cartas indicadas, se trabajó con imágenes Landsat 5. En el año 2016 sobre el mapa base producido en 2000, se trabajó exclusivamente sobre imágenes Landsat 8 sensor OLI.

La georreferenciación fue realizada en el Laboratorio de Manejo Forestal de la Universidad de Brasilia. Las imágenes fueron procesadas por el programa ENVI,

que permitió ejecutar las correcciones geométrica y atmosférica, el realce de la imagen y la correspondiente clasificación supervisada. Para la corrección geométrica fueron colectadas coordenadas de 87 puntos de control. El método clasificador utilizado fue el de la interpolación del vecino más próximo también conocido como el de máxima verosimilitud (Meneses, 1995; Chuvieco, 2008). El datum horizontal en la georreferenciación fue el *Chua Astro* constante de la base cartográfica de las hojas del Paraguay, y la Proyección Transversal de Mercator – UTM en el huso horario 21. El error medio acumulado (RMS) encontrado en la geo-referenciación fue de 7,84 m para la interpretación del año 2000 y 6,98 m para el año de 2016. En las dos ocasiones la demarcación del perímetro del área de estudio fue ejecutada en el software Arc/View y la digitalización del material cartográfico fue realizada en el software Arc/Info.

La técnica del cuerpo oscuro se utilizó para la identificación de los cuerpos de agua limpia. La

identificación de los píxeles fue realizada por el método del Realce por Ampliación Lineal de Contraste, ejecutado de acuerdo con la descripción de Meneses (1995), Chuvieco (1995) y Chuvieco (2008). La evaluación de la calidad del resultado de la clasificación de los píxeles fue realizada en el software ENVI a través del análisis de la acuracidad (Meneses, 1995; Martínez-Vega & Martín, 2010), obteniéndose 95% de concordancia en la identificación de los píxeles pertinentes. La interpretación definió y clasificó las clases de cobertura y del uso del suelo en la composición colorida RGB 453 para la clasificación del año 2000 y RGB 564 para la clasificación del año 2016.

Concluida la elaboración de los mapas base y temáticos, en ambos períodos, el área accesible próxima al río Paraguay fue verificada por mediciones y observaciones en tierra. En el año 2000 cerca del 97% del área de estudio era inaccesible. Además de las visitas de campo, en ese año se efectuaron seis sobrevuelos sobre el área total. Tres de los sobrevuelos realizados a mayores altitudes permitieron delimitar los padrones fitofisionómicos y los de baja altitud las estructuras florísticas de las unidades ecológicas definidas. En el año 2016 el área de estudio en su sector oeste y parcialmente en su sector sur ya era accesible, debido al establecimiento de correspondientes asentamientos humanos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interpretación realizada por la teledetección delimitó el área de estudio en 80.246 hectáreas. Por las condicionantes ecológicas y los factores ambientales existentes en el área de estudio se describió a la cobertura natural vegetal como característica de la ecorregión Chaco Húmedo que se la denominó de *bosque húmedo chaqueño*, comprendida en el ecosistema del Pantanal (Imaña-Encinas, Woo, Campos, Jacinto & Paula, 2001). De acuerdo con la clasificación de Sánchez (1977) el área de estudio quedó incluida en el denominado Pantanal de Nabileque.

El área de estudio presentó las siguientes tipologías de paisaje: bosque húmedo chaqueño no inundable, bosque húmedo chaqueño inundable, comunidades vegetales de la palmera karanda'y, vegetación ribereña de áreas inundadas, áreas ocupadas por comunidades humanas y espejos de agua. Las cuatro comunidades vegetales se las consideró como unidades ecológicas vegetales. En la literatura

esas comunidades vegetales son denominadas de formaciones de la sabana estépica (Trochain, 1957; Morello & Adámoli, 1974; Ministerio de Minas y Energías, 1982).

El *bosque húmedo chaqueño no inundable* está localizado preferencialmente próximo al río Paraguay, en el sector oeste del área del estudio (Figura 2). Esta formación ocupando más de un tercio del área de estudio (Tabla 1), se presentó con una cobertura forestal densa (Figuras 2 y 3), cuyos árboles alcanzaban alturas entre 8 y 18 m, con DAP hasta 50 cm, copas amplias y con muchas ramas gruesas. Esta formación arbórea quedó formada por las especies: *Schinopsis balansae* Engl. de la familia Anacardiaceae, presentando madera pesada, con densidad básica mayor a 1 g/cm³; *Prosopis ruscifolia* Gris.; *Prosopis rubriflora* Hassler y *Prosopis fiebrigii* Harms. Con presencia reducida fue encontrada la especie: *Albizia polyantha* (Spreng.) Lewis. Otras especies con menor frecuencia de ocurrencia fueron: *Amburana sp.*, *Astronium sp.*, *Chorisia sp.*, *Piptadenia sp.* El estrato inferior estuvo compuesto de gramíneas formando abultamientos mezclados con las especies leñosas de los géneros *Ziziphus*, *Celtis*, *Acacia* y *Cereus*.

El bosque húmedo chaqueño no inundable presentó una estructura semicaducifolia. Cerca del 50% de las especies quedaron constituidas por árboles y arbustos con espinas. Su composición y estructura florística aún está muy bien preservadas, manteniendo su estado natural primitivo.

La comunidad vegetal formada por el *bosque húmedo chaqueño inundable* se presentó preferencialmente en locales próximos a las márgenes del río Paraguay. En algunos locales formó la transición del bosque húmedo chaqueño no inundable con el karanda'y. El estrato herbáceo quedó dominado por las especies: *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa* (Mart. ex Choisy) D.F. Austin, *Croton corumbensis* Moore, *Commelina nudiflora* L., *Mimosa chaetosphaera* Benth., *Croton glandulosus* (L.) M. Arg., *Euphorbia thymifolia* L., *Bromelia balansae* Mez y *Opuntia bergeriana* Weber.

Esta formación se presentó menos densa cuando comparada con el bosque húmedo chaqueño no inundable, corroborando la descripción del Radam-Brasil (Ministério de Minas y Energia, 1982), que indica ser una formación vegetal de latizales espinosos con alfombra de gramínea continua y estacional. Presentó una cobertura vegetal arbórea

de estructura abierta con varias especies del bosque húmedo chaqueño no inundable, sin embargo, con individuos distribuidos bastante espaciados. Los algarrobales se mostraron típicos de esta

comunidad vegetal. En algunas áreas la palmera *Copernicia alba* Morong (karanda'y) se presentó mezclada con los individuos arbóreos.



Figura 2. Bosque húmedo chaqueño no inundable junto a canales naturales de drenaje.
Fuente: José Imaña y Ricardo Campos



Figura 3. Canal natural de drenaje con karanda'y y bosque húmedo chaqueño no inundable.
Fuente: José Imaña y Ricardo Campos

El *karanda'y* se desarrolla principalmente en el sector central del área de estudio en una estructura de simbiosis con el bosque chaqueño húmedo, formando grandes poblaciones homogéneas (Figura 4) corroborando las observaciones realizadas por Fava, Bueno, Pontara, Salamão & Seleme (2008), Negrelle y Degen-Naumann (2012) y Amador, Damasceno-Junios, Casagrande & Sartori (2012). Esta comunidad vegetal en la literatura también es

conocida como sabana estépica parque (Da Silva, Mauro, Mourão & Coutinho, 2000) o sabana hidromórfica o humedal de *Copernicia* (Mereles 2005). Los factores hídricos y edáficos delimitaron claramente el límite entre las formaciones forestales y los *karanda'y*. El *karanda'y* en las áreas observadas alcanzaba alturas entre 10 y 12 m, presentando hojas cubiertas de diminutos puntos rojos en sus dos lados, con ramas rectas y filiformes

de hasta 5 cm de largo y con hojas dispuestas en pequeños glomérulos. El estrato herbáceo de esta formación se presentó denso, dominado por ciperáceas, gramíneas, portulacáceas y amarantáceas (*Alternanthera sp.* y *Pfaffia sp.*).

El karanda'y mostró desarrollarse social y preferencialmente en las áreas inundadas (Figura

5). Personas del lugar atribuyen a esta palmera nombres vernáculos diferentes, probablemente en función de la coloración del leño (blanco, oscuro casi negro y rojo). Esa coloración varía apenas por la edad del leño. Los leños de más edad presentan coloraciones más oscuras y económicamente son más valiosas.



Figura 4. Karanda'y y adulto formando monocultivo natural con un único estrato vertical.
Fuente: José Imaña y Ricardo Campos

Cuando las aguas bajaron en el período de estiaje, grandes áreas con suelos hidromórficos quedaron inmersas, surgiendo una comunidad que se la denominó de *vegetación ribereña de áreas inundadas* (Figura 6). Esa comunidad vegetal quedó localizada dentro de la fitofisionomía bosque chaqueño húmedo inundable, formada por una cobertura herbácea dominada por ciperáceas y gramíneas.

La vegetación herbácea fue hapercítica. Fueron registradas las especies *Sesbania virgata* Pers., *Vigna adenantha* M.M. y S., *Eichhornia azurea* Kunt., *Eichhornia crassipes* Solms., *Polygonum*

hispidum H.B.K., *Aeschynomene rudis* Benth., *Echinodorus paniculatus* Mich., *Salvinia auriculata*, Aublet, e *Ipomoea carnea* subsp. *fistulosa*. En las áreas limítrofes inundadas y no inundables, siempre apareció la especie *Alchornea castaneifolia* (Willd.) Juss.

Desde el punto de vista geológico, pedológico, fisiográfico, geomorfológico y climático, las unidades ecológicas identificadas, que formaron cuatro de las tipologías de paisaje vegetal natural (Tabla 1), fueron formadas naturalmente por la actuación intrínseca de los factores ecológicos inherentes.



Figura 5. Karanda y en formación monocultivo
Fuente: José Imaña y Ricardo Campos



Figura 6. Áreas ribereñas en el periodo del estiaje.
Fuente: José Imaña y Ricardo Campos

Esos elementos determinaron características más o menos homogéneas que permitieron obtener alto grado de seguridad en la correspondiente interpretación satelital. Las unidades ecológicas definieron consecuente y naturalmente su sistema de drenaje en un relieve casi plano, que lo caracterizó para el total del área de estudio como una única unidad geomorfológica. El gradiente del relieve situado en dirección este – oeste en más de 40 km lineales comprendió un intervalo de diez metros de altitud.

La regeneración natural se caracterizó por presentar elementos fanerófitos (especies vegetales con brotes terminales situados encima del suelo, sin ninguna protección) y leñosos caméfitos (individuos vegetales con brotes terminales situados encima del

suelo, protegidos por pelos, escamas o brácteas) sobre una cubierta de gramínea hemicriptófito (conjunto de formas vegetales cuya parte aérea muere anualmente, quedando los brotes terminales protegidos por las hojas muertas), entremezclados por hierbas propagadas por semillas cuya vida dura menos de un año, teniendo por tanto un único ciclo vegetativo.

La interpretación de la imagen del año 2000 mostró la existencia de seis tipologías de paisaje que se muestra en la Tabla 1. Las áreas mapeadas quedaron plasmadas en una carta imagen, en escala 1:50.000 delimitándose la poligonal del área de estudio. En ella fue posible identificar cuatro unidades ecológicas, los asentamientos humanos, así como también las lagunas y los cursos sinuosos

de los canales naturales de drenaje de agua de la cuenca de inundación junto al Río Paraguay. Los resultados de esa clasificación fueron presentados en el congreso forestal español en el año de 2001 (Imaña-Encinas et al., 2001). El resultado de la

interpretación del año 2016 (Figura 7) permitió identificar la variación de las superficies de las correspondientes seis tipologías de paisaje, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Superficies ocupadas por las unidades ecológicas del uso del suelo y de ocupación humana del bosque húmedo chaqueño en dos ocasiones.

Tipologías de paisaje	2000		2016		Diferencia
	hectárea	%	hectárea	%	% de área
Bosque húmedo chaqueño no inundable	32.663	40,7	31.494	39,2	- 3,6
Bosque húmedo chaqueño inundable	27.778	34,6	27.986	34,8	+ 0,3
Karanda'y	14.933	18,6	9.190	11,4	- 38
Vegetación ribereña de áreas inundadas	3.840	4,7	6.058	7,5	+ 57
Área ocupada por comunidades humanas	121	0,1	4.210	5,2	+ 3000
Espejos de agua	947	1,2	1.308	1,6	+ 62
Total	80.246	100	80.246	100	

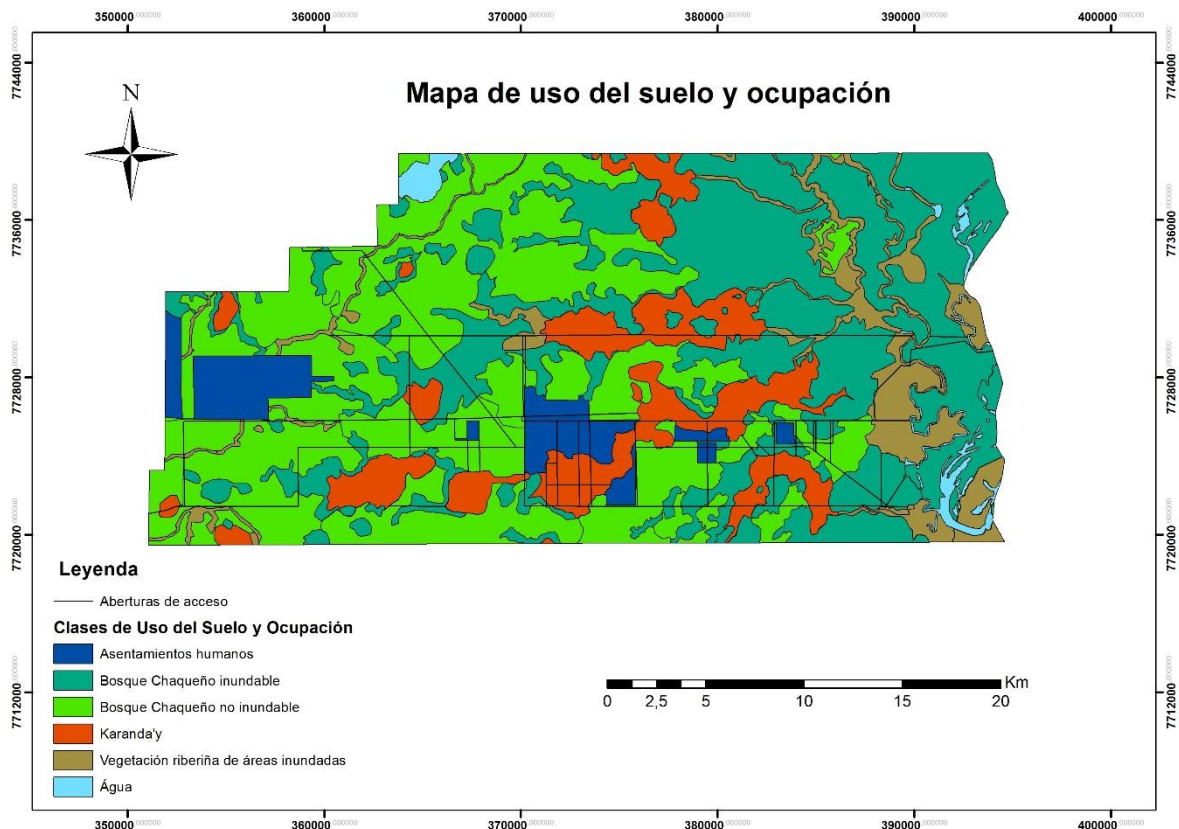


Figura 7. Mapa del uso del suelo en 2016 del bosque húmedo chaqueño al margen del río Paraguay.

Se observó en forma general, que, en el transcurso de 16 años, las alteraciones en relación con las superficies de las unidades ecológicas del bosque húmedo chaqueño no fueron significativas. El área de los karanda y disminuyó en 38% en relación de su área en 2000 y la vegetación ribereña tuvo un significativo aumento. El área ocupada por las comunidades humanas tuvo el mayor aumento, de más de tres mil porcientos, a pesar de considerar que gran parte del área de estudio es inhóspita para asentamientos humanos. Una característica en el mapa del año 2016 (Figura 7) es la aparición de las aberturas de acceso, completamente rectas, situación inexistente en el año 2000. En ese año el área de estudio tenía apenas acceso fluvial por el Río Paraguay y a poca distancia de la localidad de Puerto Leda, acceso aéreo a través de una pista de aterrizaje para aeronaves de pequeño porte. En el año 2016 se encontró una extensa malla de acceso terrestre y tres pistas de aterrizaje para aeronaves de pequeño porte.

En el área de estudio se observaron suelos autóctonos y alóctonos, identificados a través de la presencia de cascajo y arenas cuarcitas. Los suelos autóctonos son posiblemente resultantes de la meteorización de las rocas primitivas. Los suelos alóctonos resultantes probablemente del transporte fluvial y quedaron caracterizados por una acumulación de residuos orgánicos. Esos suelos de acuerdo con Bizzi, Schobbenhaus, Vidotti y Goncalves (2003) deben haber acumulado depósitos sedimentares con una espesura de alrededor de 500 metros sobre una cubierta sedimentar post triásica. En la planicie fluvial del área de estudio se observó nítidamente la formación natural de enormes meandros y diques marginales, haciendo así un registro de la evolución de los depósitos hologénicos. En tres vías de acceso que fueron visitadas, se observó la presencia de suelos

podzólicos arenosos con características de nivel freático superficial y de lento proceso de drenaje, confirmando la descripción de Schwartzman y Santander (1995).

Considerando la superficie total del área de estudio como una única unidad fisiográfica, se pudo constatar que se trata de un formato de una planicie de insignificantes relieves. Por ocasión de las aguas, las superficies alrededor del lecho del río Paraguay quedan completamente cubiertas por inundaciones anuales, formando lagunas temporarias de dimensiones y formas variables, separadas por pequeñas parcelas de terrenos ligeramente más elevados. El río Paraguay, presentó agua con alto contenido de barro y de coloración marrón. La red hidrológica secundaria en el área de estudio está constituida por el riachuelo Alegre y varios canales naturales de drenaje, que presentan aguas casi estancadas de coloración azulada. La red de drenaje natural presentó caso típico de anastomosis, lechos de agua con trazados sinuosos.

Se observó que el bañado de las aguas del río Paraguay en el área de estudio, en el mes de junio alcanzó su mayor nivel, provocando inundaciones en grandes sectores. En ese contexto, los suelos mostraron no poseer capacidad suficiente de infiltración del agua, corroborando las afirmaciones de Alvarenga et al. (1980). Entre los principios de sostenibilidad en el uso racional de los recursos naturales renovables de la región chaqueña (Adámoli, Ginzberg, Torrella & Herrera, 2004) y considerando que probablemente el escenario de las áreas inundables será el componente principal para futuras estrategias de la planificación del uso del suelo en el área estudiada, es que fue calculada la superficie de áreas de riesgo de inundación conforme se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Áreas de riesgo de inundación.

Tipo de área	Año 2000		Año 2016	
	hectáreas	%	hectáreas	%
Área permanentemente inundada	34.369	42,8	35.504	44,2
Área temporalmente inundada	13.208	16,5	12.547	15,6
Área no inundable	32.669	40,7	32.195	40,1
Total	80.246	100	80.246	100

Fue posible identificar que las áreas inundadas cubren actualmente el 60% del área de estudio, considerándolas ecológicamente muy frágiles. Se recomienda que, en posibles futuras acciones de planificación del uso de los suelos de esa región, se tome especial atención, específicamente en la ejecución de posibles canales artificiales de drenaje.

CONCLUSIONES

La interpretación del área de estudio a través de la teledetección permitió diferenciar nítidamente la existencia de seis tipologías de paisaje, cuatro de ellas pertenecientes a comunidades vegetales, así como las áreas de riesgo de inundaciones. Después de 16 años, fue posible identificar la diferencia ocurrida en las superficies de cada una de las correspondientes tipologías de paisaje.

Para cualquier proceso de acción de desarrollo del área de estudio, tomando en cuenta el concepto de la sostenibilidad en un proceso dinámico, los resultados presentados podrán servir de fundamento para una coherente planificación del uso del suelo de esa área, considerando que las unidades ecológicas vegetales aún se encuentran en estado completamente natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adámoli J., Ginzberg R., Torrella, S. & Herrera P. (2004). Expansión de la frontera agraria en la Región chaqueña: el ordenamiento territorial como herramienta para la sustentabilidad. *Gerencia Ambiental*, (11), 810-823.

Alvarenga, S.M. (1980). *Levantamento Preliminar de Dados para o Controle de Enchentes da Bacia do alto Paraguai*. Goiânia, Brasil: Projeto Radam-Brasil, 44 p.

Amador, D.A., Damasceno-Junior, G.A., Casagrande, J.C. & Sartori, A.L.B. (2012). Structure of two communities dominated by *Copernicia alba* and associations with soil and inundation in Pantanal wetland, Brazil. *Oecologia Australis*, 16(4), 846-858.

Benzaquén, L., Blanco, D.E., Bó, R.F., Kendus, P., Lingua, G.F., Minotti, P., ... Bizzi L.A. (2003). *Geología, Tectónica e Recursos Minerais do Brasil*. Brasília : CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 692 p.

Cartes, J.L. (ed.). (2006). *El Bosque Atlántico en Paraguay: Biodiversidad, Amenazas y Perspectivas*. Asunción, Paraguay: Asociación Guyrá Paraguay / Conservation International, 236 p.

Chuvienco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección*. Madrid, España: Ediciones Rialp, 449 p.

Chuvienco, E. (2008). *Teledetección Ambiental, la Observación de la Tierra desde el Espacio*. Barcelona, España: Editorial Ariel, Ciencia, 542 p.

Da Silva, M.P., Mauro, R., Mourão, G. & Coutinho, M. (2000). Distribuição e Quantificação de Classes de Vegetação do Pantanal através de Levantamento Aéreo. *Revista Brasileira de Botânica*, 23(2), 143-152

Dinerstein, E., Olson, D.M., Graham, D.J., Webster, A.L., Primm, S.A., Bookbinder, M.P. & Ledec, J. (1995). *Una evaluación del estado de conservación de las eco-regiones de América Latina y el Caribe*. Washington, DC, USA: The World Bank, The World Life Found, 129 p.

Dirección del Servicio Geográfico Militar. (1999). *Catálogo de Producción Cartográfica*. Asunción.Paraguay: DISERGEMIL, Comando Logístico, Dirección del Servicio Geográfico Militar, 31 p.

Fava, W.S., Bueno, M.L., Pontara, V., Salamão, A.K.D. & Seleme, E.P. (2008). Fitosociologia do Estrato Herbáceo de uma Área de Carandazal no Pantanal de Miranda, MS, Brasil. In: *Anais, IX Simpósio Nacional Cerrado*. Brasília, 6 p.

FAO. (2016). *El Estado de los Bosques del Mundo 2016; los Bosques y la Agricultura: Desafíos y Oportunidades en Relación con el Uso de la Tierra*. Roma: FAO, 119 p.

Imaña-Encinas, J., Woo J.C., Campos, R., Jacinto, J.M. & Paula, J.E. (2001). Unidades ecológicas Del bosque chaqueño húmedo. In: *Anales III. Congreso Forestal Español*. vol.1., Granada: Montes para la Sociedad del Nuevo Milenio, p. 425-430.

Martínez-Vega, J. & Martín, I.M.P. (Eds). (2010). *Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente, Red Nacional de Teledetección Ambiental*. Madrid,

- España: RNTA, Asociación Española de Teledetección, 197 p.
- Meneses, P.R. (1995). *Introdução ao Processamento de Imagens Digitais de Satélites e Sensoriamento Remoto*. Brasília, Brasil: Universidade de Brasília, 67 p. (Série Textos Universitários)
- Meneses, P.R. & Almeida, T. (2012). *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Brasília, Brasil: CNPq, 256 p.
- Mereles, M.F. (2005). Una aproximación al conocimiento de las formaciones vegetales del Chaco Boreal, Paraguay. *Rojasiana*, 6(2), 5-48.
- Ministério das Minas e Energia. (1982). *Levantamento dos Recursos Naturais*. Vol. 27: Folha SE. 21 Corumbá e parte da Folha SE.20. Rio de Janeiro, Radam Brasil. p.i.
- Morello, J. & Adámoli J. (1968). *Las grandes unidades de vegetación y ambiente del chaco argentino, primera parte: objetivos y metodología*. Buenos Aires: INTA, 120 p. (Serie Fitogeografía 10).
- Morello, J. & Adámoli, J. (1973). Subregiones ecológicas de la provincia del Chaco. *Ecología (Asociación Argentina de Ecología)*, 1(1), 29-33.
- Morello, J. & Adámoli, J. (1974). *Las Grandes Unidades de Vegetación y Ambiente del Chaco Argentino, segunda parte: Vegetación y Ambiente de la Provincia del Chaco*. Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 130 p. (Serie Fitogeografía 13).
- Negrelle, R.R.B. & Degen-Naumann, R.L. (2012). Copernicia alba Morong ex Moring & Britton: aspectos botánicos, ecológicos, etnobotánicos e agronómicos. *Visão Acadêmica*, 13(2), 60-71.
- Rivera, M. & Casallas, S. (2017). *Fondo de Humedales para el Futuro, Celebrando 20 Años de la Convención y Uso Racional de los Humedales en América Latina, el Caribe y México*. Gland, Suiza: Departamento de Estado y Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos, 60 p.
- Salas-Dueñas, D.A. & Facetti, J.F. (2007). *Biodiversidad del Paraguay, una Aproximación a sus Realidades*. Asunción, Paraguay: Fundación Moisés Bertoni, USAID, 87 p.
- Sánchez, R.O. (1977). *Las Unidades Geomorficas del Pantanal y sus Connotaciones Biopedoclimáticas*. Brasília, Brasil: Ministério do Interior, Estudo de Desenvolvimento Integrado da Bacia do Alto Paraguai, 29 p.
- Schwartzman, J.J. & Santander, V.M. (1995). *Paraguay: Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre Recursos Fitogenéticos*. Asunción, Paraguay: Secretaria Técnica de Planificación, 86 p.
- Spichiger, R.E., Stauffer, F.W., Mereles, F., Soloaga, M. & Loizeau, P.A. (2011). *Flora del Pataguay, claves de identificación para familias de Angiospermas de Paraguay*. Ginebra: Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, 247 p.
- Trochain, W. (1957). *Fitogeografia Brasileira: Classificação Fisionômico-ecológica da Vegetação Neotropical*. Salvador, Brasil: RADAM-BRASIL, 49 p.