

ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

**Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)**

**Analysis of the ecosystem function "protection of aquifers by vegetation coverage" in the Mbaracayú Forest Biosphere Reserve (Canindeyú, Paraguay)**

Tatiana Galluppi-Selich<sup>1</sup>, Janet Villalba<sup>2</sup>, Danilo Arturo Salas-Dueñas<sup>3</sup>, Laura Rodríguez<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> Guyra Paraguay, Parque Capital Verde. Asunción, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>3</sup> Fundación Moisés Bertoni. Asunción, Paraguay.

Autor de correspondencia: tati.py@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.32480/rscp.2019-24-1.99-113>

Recibido: 01/01/2019. Aceptado: 10/04/2019.

**Resumen:** Se analizó espacialmente la protección de acuíferos por cobertura vegetal en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay) y su relación con los servicios ecosistémicos que dicha reserva ofrece. Se centró el estudio en la variable “vulnerabilidad del acuífero” en función a la cobertura vegetal, estudiada a través de la herramienta ECOSER. La misma se basa en el análisis espacial de las funciones que ofrecen las diferentes coberturas del suelo, para luego relacionarlas con los servicios que ofrecen y generar así, mapas de distribución. Los servicios ecosistémicos identificados fueron: amortiguación de inundaciones, disponibilidad de agua subterránea y superficial, identificados por su relación con la función ecosistémica bajo estudio. Los mapas resultantes de la investigación demuestran la importancia de las coberturas naturales en la provisión de estos servicios. Destacan la relevancia de los bosques, los cuales ofrecen una mayor provisión de la función ecosistémicas bajo estudio y de todos los servicios ecosistémicos identificados. Esta investigación muestra el análisis espacial de un área a partir de sus atributos ecológicos, lo cual ayuda en la planificación de un área.

**Palabras clave:** ECOSER, función ecosistémica, vulnerabilidad de acuíferos.

**Abstract:** The protection of aquifers by the vegetation coverage in the Mbaracayú Forest Biosphere Reserve (Canindeyú, Paraguay) and its relationship with the ecosystem services offered by the reserve was analyzed spatially. The study was focused on the variable "aquifer vulnerability" according to the vegetation coverage studied through the ECOSER tool. It is based on the spatial analysis of the functions offered by the different land coverages, to then relate them to the services they offer and thus generate distribution maps. The identified ecosystem services were flood damping, ground and surface water availability, identified by their relationship with the ecosystem function under study. The maps resulting from the research demonstrate the importance of natural coverage in the provision of these services. They emphasize the importance of forests, which offer a greater provision of the



ecosystem function under study and of all the identified ecosystem services. This research shows the spatial analysis of an area based on its ecological attributes, which helps in the planning of an area.

**Keywords:** ECOSER, ecosystem function, aquifer vulnerability.

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio son resultados parciales del trabajo de investigación Galluppi *et al.* 2017, el cual analiza cuatro servicios ecosistémicos (SE) de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (RBBM) a través de dos funciones ecosistémicas (FE). A través de este estudio se analizó espacialmente la protección de acuíferos por cobertura vegetal (PAC) en la RBBM y su relación con los SE que ofrece; para lo cual se tuvo como variables a la vulnerabilidad de acuíferos, el factor de protección P de cada cobertura y los diferentes SE identificados.

Las funciones ecosistémicas pueden ser vistas como los atributos y procesos físicos, químicos y biológicos que contribuyen al auto mantenimiento de los ecosistemas y que soportan el flujo de servicios ecosistémicos (16). Por otro lado, los servicios ecosistémicos se definen como el conjunto de funciones que son ejercidas por los ecosistemas y ofrecen beneficios a los seres humanos (16). Es necesario diferenciar los servicios de los beneficios ya que los servicios pueden proveer más de un beneficio, por lo que se define a los servicios como las contribuciones directas o indirectas de los ecosistemas al bienestar humano (5).

Para estudiar con mayor profundidad a los SE se los evaluó a través de los Ecosistemas del Milenio, indicando que aproximadamente el 60% de los principales servicios ecosistémicos están degradados y se utilizan de forma no sostenible (17). Esto se debe a que la demanda del ser humano sobre el medio posee un impacto sobre el mismo; y entre las amenazas se puede citar a la agricultura, principal impulsora de la pérdida de biodiversidad en todo el mundo.

Es por eso que, para una adecuada gestión de los recursos naturales no se debe obviar al desarrollo económico, ineludible en la actualidad, motivo del aprovechamiento irracional de los recursos. Para evitarlo es necesario conocer cómo funcionan los ecosistemas, definiendo a estos como el conjunto de componentes bióticos y abióticos que conforman ensamblajes integrados mediante procesos funcionales en los que el agua, la energía y los materiales fluyen y se transforman (10).

El complejo ecorregional “Bosque Atlántico” es considerado un complejo de 15 ecorregiones terrestres que recorre la costa atlántica de Brasil, y se extiende hacia el oeste por Paraguay oriental y el noreste de Argentina; siendo uno de los bosques tropicales lluviosos más amenazados de la tierra por su fragmentación (9). La porción sudoeste constituye la ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), dentro de la cual

se encuentra situada la RBBM, la cual anteriormente poseía una superficie de 47 millones de hectáreas y ahora se conserva solo el 5% del bosque original (20).

Entonces, la importancia de la cobertura vegetal recae en su capacidad de absorber la mayor parte de la energía de las gotas de agua de lluvia que caen sobre ella, evitando el sellado de los poros de la superficie del suelo por las partículas desprendidas y poca deposición de las partículas del suelo que pueden formar una costra en la superficie; además de obstruir el movimiento de la escorrentía, que desciende lentamente, dando más tiempo para la infiltración y, por lo tanto, reduciendo el volumen de la escorrentía (11).

En resumen, la cobertura vegetal ejerce una importante influencia en los procesos de conservación de una cuenca ya que ella tiene gran incidencia en las modificaciones de las propiedades del suelo (19).

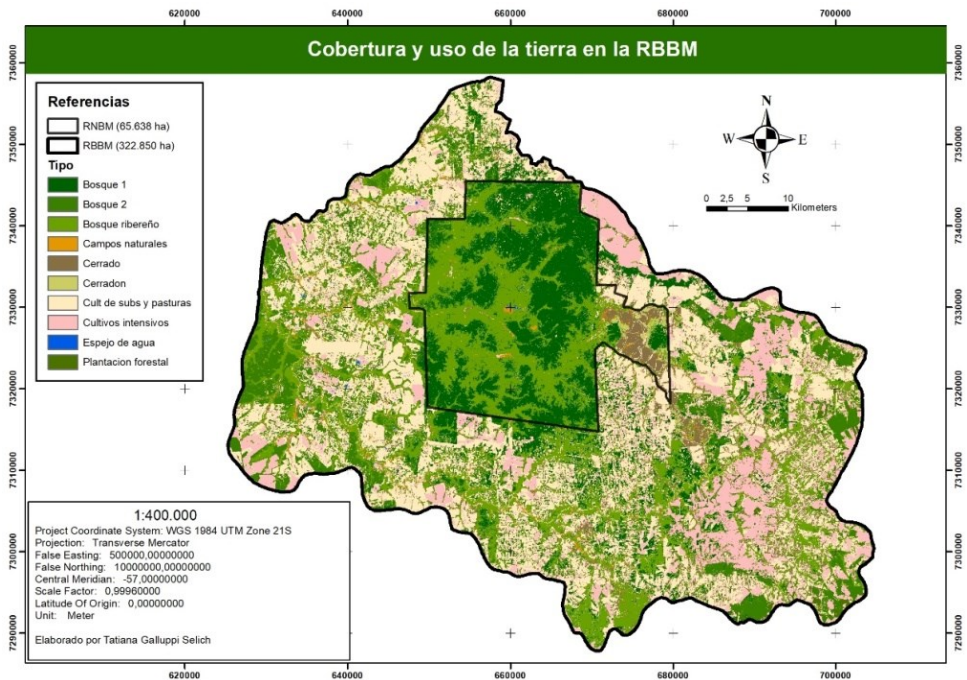


Figura 1: Mapa de Cobertura y uso de la tierra actual de la RBBM

## METODOLOGIA

El área de estudio se encuentra dentro de los límites de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (RBBM), ubicada al noreste de la Región Oriental en el Departamento

Gallupi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodriguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

Canindeyú. Está ubicada en los municipios de Villa Ygatimi, Curuguaty, Corpus Christi, Yvy Pyta, Yvyarobana e Ypejhú.

Se analizó la función ecosistémica (FE) de protección de acuíferos por cobertura vegetal, relacionándola con los servicios ecosistémicos (SE) que ofrece, a través de la herramienta ECOSER (16). Esta herramienta está conformada por dos etapas, de las cuales fue utilizada solamente la primera en esta investigación por falta de información; encontrando el resumen del conjunto de procesos en el cuadro 1.

Cuadro 1. Procesos de la etapa 1 utilizados en la herramienta ECOSER

	Objetivos	Actividades		
Etapa 1	Representar de forma espacial los flujos de la protección de acuíferos por cobertura natural en la RBBM.	1) Especificar la escala de trabajo, la resolución espacial y temporal		
		2) Calcular las unidades relativas que se utilizarán en los mapas.		
		3) Protección de acuíferos por cobertura vegetal	3.1) Cobertura (LULC)	
			3.2) Cálculo del índice DRASTIC	
3.3) Reclasificación factor P				
Etapa 2	Relacionar la protección de acuíferos por cobertura natural con los servicios ecosistémicos que brinda	4) Identificar los SE ofrecidos por la FE		
		5) Realizar una matriz de integración entre FE y SE		

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

Adaptado de Galluppi *et al.* 2017

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinaron siete tipos de coberturas y usos del suelo (Figura 1, Cuadro 2), siendo cubierta la mayor superficie del área por los bosques con 48,7% (156.949,2 ha) seguidos por los cultivos con el 41,5% (133.917,3 ha). Estos últimos responden a la transformación del suelo, debido principalmente al modelo tradicional de avance de la frontera agrícola basado en pastoreo en campos sin árboles y la falta de tecnologías para una producción más sostenible (2).

**Cuadro 2.** Superficie por cada cobertura de la RBBM

Tipo	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
<b>Bosques***</b>	156.949,2	48,7
<b>Campos naturales</b>	3.723,03	1,15
<b>Cerrado</b>	18.526,95	5,75
<b>Cerradón</b>	6.201,18	1,90
<b>Cultivos***</b>	133.917,3	41,5
<b>Espejo de agua</b>	294,39	0,1
<b>Plantación forestal</b>	3.065,85	0,9
<b>TOTALES</b>	<b>322.677,9</b>	<b>100</b>

\*Corresponde a la sumatoria de las coberturas consideradas bosques.

\*\*Corresponde a la sumatoria de las coberturas consideradas cultivos

\*\*\* Adaptado de Galluppi *et al.* 2017, donde las coberturas presentan otra clasificación

Con base en los cuatro acuíferos identificados en el área de estudio: Alto Paraná, Acaray, Independencia y Guaraní (Figura 2); se estimó el índice de vulnerabilidad de estos basados en los siete parámetros del índice DRASTIC (Figura 3). Así, la integración de los datos resultó en el mapa de vulnerabilidad de los acuíferos del área (Figura 4), destacando a los acuíferos Guaraní y Alto Paraná como los más vulnerables de acuerdo con sus características morfológicas. La figura 4 demuestra que la zona noreste de la RBBM es la más vulnerable, donde se encuentran ubicados los acuíferos mencionados anteriormente,

pudiendo identificarse acciones a realizarse para la protección de estos. Por otro lado, el suroeste y parte del norte de la RBBM albergan a los acuíferos menos vulnerables, representados por el acuífero Independencia y Acaray respectivamente; los cuales pueden verse afectados por contaminantes sin un buen manejo de los recursos naturales. Los datos aportados en este estudio no son coincidentes con los de Larroza *et al.* 2005, posiblemente por no haber utilizado focos de contaminación y si datos generales.

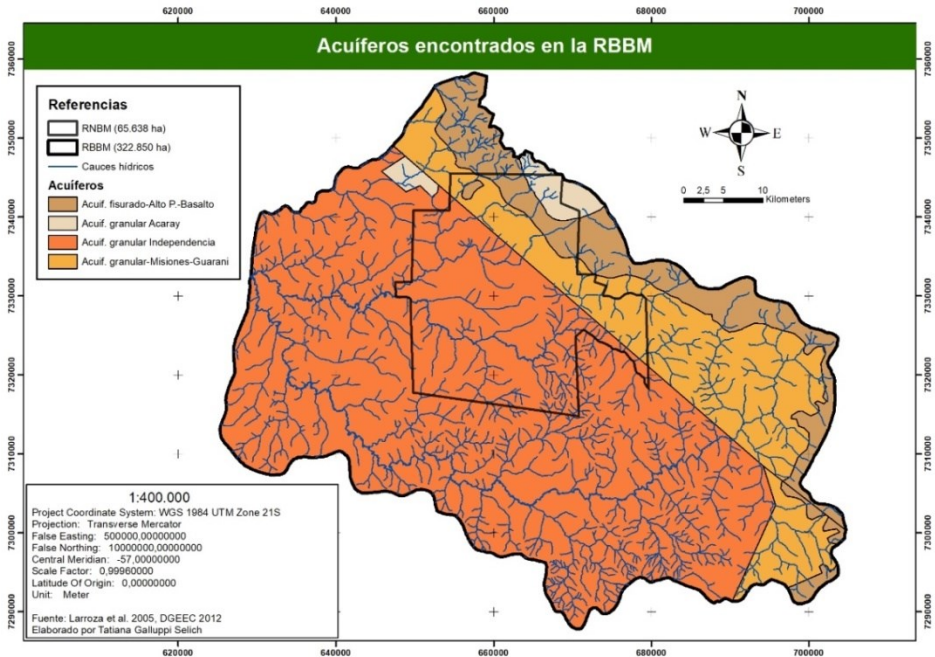
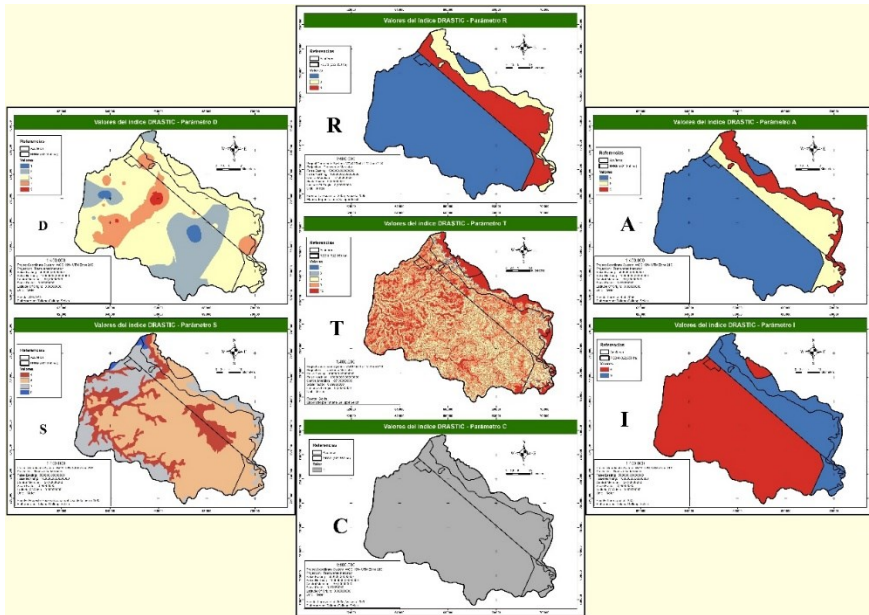


Figura 2: Acuíferos identificados en la RBBM.

Como otra variable tomada se encuentra el valor de protección de cada cobertura del suelo, la cual se encuentra relacionada con los insumos para la producción agrícola que necesitan (Figura 5). Cabe destacar que las únicas coberturas en el área de estudio que utilizan dichos insumos son los cultivos y las plantaciones forestales. Todas las demás coberturas representan ambientes naturales que no utilizan ningún tipo de insumo, destacando la importancia de éstas en la protección de los acuíferos y el suelo.

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)



**Figura 3:** Parámetros del índice DRASTIC.

Así, con la integración de los datos anteriores se estimó la FE protección de los acuíferos por cobertura vegetal (Figura 6). Todas las coberturas naturales en el área de estudio son las que ofrecen mayor protección debido posiblemente a la ausencia de insumos en su ciclo natural. Esta variable puede entenderse como la protección que la cobertura vegetal ejerce en la conservación de un acuífero ya que ella tiene gran incidencia en las modificaciones de las propiedades del suelo (19).

Además, en un escenario alternativo en donde los bosques han sido transformados a cultivos, la mayor protección se encuentra en las coberturas naturales restantes como el cerrado, cerradón y campos naturales (Figura 7); relacionados principalmente por la falta de insumos para la producción agrícola en estas coberturas.

La matriz de integración con el aporte relativo de cada SE para la FE bajo estudio (Cuadro 3) demuestra que el mayor aporte lo brinda el SE Disponibilidad de agua subterránea; a pesar de que los tres SE difieren poco entre sí (Figura 8, 9, 10).

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

Sin embargo, la FE de PAC tiene mayor aporte en el SE de disponibilidad de agua subterránea debido a que la FE de PAC está relacionada fuertemente con el tipo de cobertura que protege al acuífero; y también al uso de defensivos agrícolas a través del factor P. Según AECID (2010), el agua es uno de los recursos naturales más degradados; debido principalmente a la reducción de la cobertura forestal, las prácticas agronómicas inadecuadas, y cambios en el uso del suelo que reducen la capacidad de captación y almacenamiento de agua en los acuíferos. Además, Caravantes *et al.* (2013 y 2014) resaltan los impactos que generan las actividades antrópicas a través del agotamiento de acuíferos y los cambios drásticos en los usos del suelo.

Cuadro 3. Matriz de integración entre FE y SE.

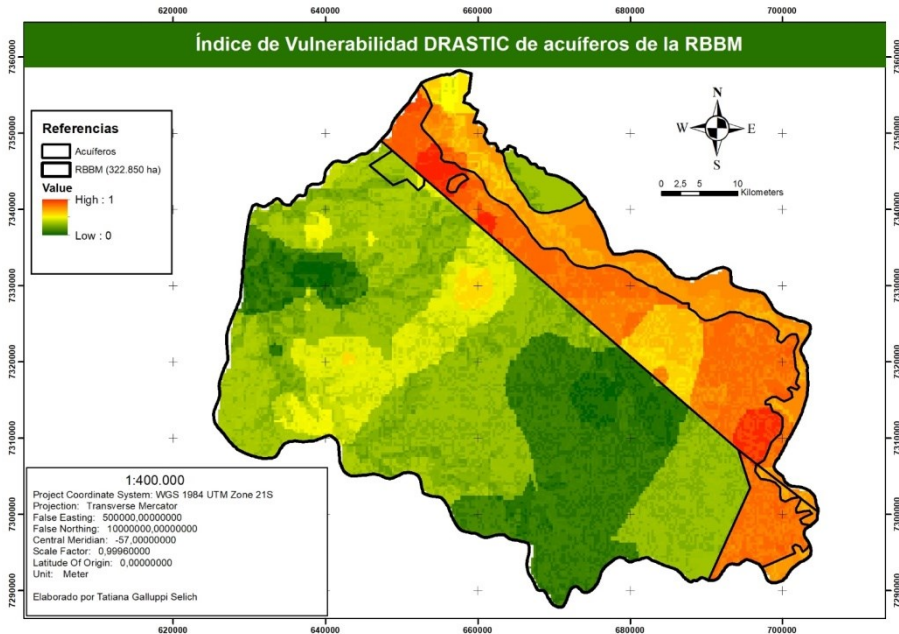
FE/SE	Amortiguación de inundaciones	Disponibilidad de agua superficial	Disponibilidad de agua subterránea
Protección de acuíferos por cobertura vegetal (PAC)	0,3	0,4	1

Adaptado de Galluppi *et al.* 2017

Cabe destacar que el SE Amortiguación de inundaciones se encuentra en mayor grado en los bosques del área de estudio (Figura 8), donde la vegetación posee una acción reguladora de la cantidad de agua que se escurre e influye en la estabilidad del suelo, en especial las leñosas que con ayuda de sus raíces aumentan la porosidad y permeabilidad de los suelos (13, 21). A su vez, el cambio de uso de suelo modifica dos aspectos estructurales de los ecosistemas; la vegetación y el suelo, alterando con ello los procesos que constituyen el ciclo hidrológico y reducen la disponibilidad de agua. El reemplazo de la vegetación natural por cultivada y la alteración del funcionamiento del ecosistema afectan también otros SE, de mayor o menor magnitud, como la regulación natural de las cuencas hídricas, que mitiga las inundaciones y mejora la calidad de las aguas (18). Por esto, las lluvias intensas tienen un efecto de sellamiento del suelo, reduciendo su capacidad de infiltración y modificando la frecuencia y severidad de la escorrentía (11, 14).

Con respecto a la provisión del SE Disponibilidad de agua superficial (Figura 9), se encuentra en mayor grado en las coberturas naturales del área de estudio, debido principalmente al factor de protección P relacionado con el uso de insumos para la producción agrícola. El uso reducido de agua por parte de los cultivos anuales en comparación con un bosque refleja no sólo la disminución de la capacidad de vegetación corta para interceptar y evaporar las lluvias (22), sino también para extraer agua de capas de suelo más profundas durante períodos de sequía, por la limitada profundidad de

enraizamiento de los cultivos (4). La conversión de bosque a otros tipos de cobertura trae consigo cambios permanentes, como el aumento permanente en la producción anual de agua (2, 4). Los resultados encontrados pueden diferir al incluir otras FE que puedan tener mayor aporte a este SE.



**Figura 4:** Índice de vulnerabilidad de acuíferos DRASTIC en la RBBM

Por último, para el SE Disponibilidad de agua subterránea se destaca que las coberturas naturales también son las que brindan una mayor provisión de este (Figura 10); el cual se encuentra muy relacionado con la profundidad de los acuíferos, por lo que en zonas donde existe mayor profundidad, la provisión de este también es mayor. La disponibilidad de agua subterránea limpia también se encuentra relacionada con la vulnerabilidad de los acuíferos, brindando menor provisión en las zonas donde los acuíferos se encuentran más vulnerables. La cobertura de la zona también afecta a este SE, ya que las que utilizan mayores insumos para producción agrícola pueden alterar el agua que se encuentra almacenada, afectando incluso la calidad de esta.

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

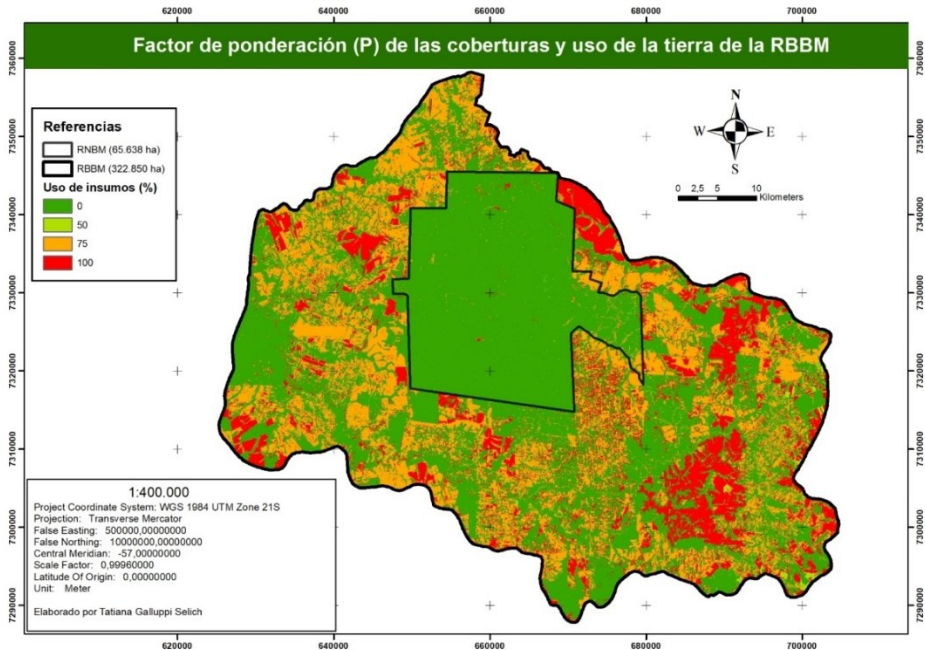


Figura 5: Factor de protección de las coberturas del suelo en la RBBM

## CONCLUSIONES

Se concluye que:

- El análisis espacial de una unidad del territorio a partir de sus atributos ecológicos aporta en la planificación del territorio, al igual que en la toma de decisiones; a través del uso de una nueva metodología utilizada en el Paraguay. El análisis se realiza con el apoyo de sensores remotos, disminuyendo los esfuerzos y recursos necesarios para la evaluación de todo el territorio. La necesidad de evaluar áreas a nivel paisaje es sumamente importante para incluir todos los aspectos que pueden verse afectados en el desarrollo de la zona.
- Las coberturas naturales son las más importantes en el área de estudio ya que proporcionan en mayor medida la FE bajo estudio: protección de acuíferos por cobertura vegetal.

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

- Los bosques proveen en mayor medida todos los SE derivados de la FE bajo análisis, SE esenciales para la vida del ser humano. A través del estudio se indica que la provisión de los SE depende de las coberturas naturales, donde los resultados sugieren que la pérdida de estas podría causar desequilibrios ambientales en el área que afectan a la calidad de vida de la población.
- La calidad de los acuíferos depende en gran medida de las coberturas naturales, encontrando alto grado de vulnerabilidad en la zona noreste de la RBBM. En el escenario alternativo se observa cómo podría afectar a los acuíferos la pérdida de coberturas naturales.
- Se destaca el rol de protección de la RNBM y el remanente boscoso que se encuentra en el lado oeste del área. Además, se observa que en las zonas donde los acuíferos son más vulnerables, la protección de estos es mínima, debido a que existen coberturas que utilizan insumos como los cultivos y plantaciones forestales en su mayoría.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AECID – Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Guía de recomendaciones para el manejo de coberturas vegetales en cuencas prioritarias para la producción de agua en Centroamérica. Programa Comunidad Agua y Bosque; 2010.
2. Auquilla RC, Astorga Y, Jiménez Otárola F. Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica; 2006.
3. Barral MP. Tutorial para el mapeo de funciones ecosistémicas y servicios ecosistémicos. Argentina; 2015.
4. Bruijnzeel LA. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, ecosystems & environment*. 2004;104(1): 185-228.
5. Casanoves F, Pla L, Di Rienzo JA. Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos. Serie técnica, Informe técnico No 384. 2011 [citado 13 enero 2016]. Disponible: <http://www.nucleodiversus.org/uploads/file/Casanoves%20et%20al%202011%20Serie%20Tecnica%20CATIE.pdf>
6. Caravantes RED, Peña LCB, Cejudo LCA, Flores ES. Presión antropogénica sobre el agua subterránea en México: una aproximación geográfica. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. 2013;(82):93-103.
7. Caravantes RED, Peña LCB, Cejudo LCA, Flores ES. Análisis geoespacial de la interacción entre el uso de suelo y de agua en el área peri-urbana de Cuauhtémoc, Chihuahua. Un estudio socioambiental en el norte de México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. 2014;(83):116-130.

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

8. Da Ponte E, Roch M, Leinenkugel P, Dech S, Kuenzer C. Paraguay's Atlantic Forest cover loss – Satellite-based change detection and fragmentation analysis between 2003 and 2013. *Applied Geography*. 2017;(79):37–49.
9. Di Bitetti MS, Placci G, Dietz LA. Una Visión de Biodiversidad para la Ecorregión del Bosque Atlántico del Alto Paraná: Diseño de un Paisaje para la conservación de la biodiversidad y prioridades para las acciones de conservación. Washington, US; 2003.
10. Escobar E, Maass M. Diversidad de procesos funcionales en los ecosistemas. En *Capital natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México; 2008 [citado 20 enero 2016]. p. 161-189. Disponible: [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20\\_Diversidadproc.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20_Diversidadproc.pdf)
11. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. 2009 (17 abril 2016). 34 p. Disponible: [www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/.../soil\\_moisture.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/.../soil_moisture.pdf)
12. Galluppi Selich T. Análisis funcional de cuatro servicios ecosistémicos de la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayu, Departamento de Canindeyu, Paraguay. Tesis de grado. Universidad Nacional de Asunción. Universidad Nacional de Asunción; Paraguay.
13. González Sánchez CA. La influencia de los bosques en las inundaciones de Managua, Nicaragua: Contribución al manejo de cuencas hidrográficas. Nicaragua. Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria, UNA; 1966.
14. Henríquez C, Azócar G. Cambio de uso del suelo y escorrentía superficial: aplicación de un modelo de simulación espacial en Los Ángeles, VIII Región del Biobío, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*. 2006;(36),61-74.
15. Larroza F, Fariña S, Báez J, Cabral N. Evaluación hidrogeológica y determinación de la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea en la reserva de la biosfera del Mbaracayu (Cuenca del Jejuí – departamento de Canindeyu, Paraguay). 2005.
16. Lateralra P, Barral P, Carmona A, Nahuelhual L. ECOSER: protocolo colaborativo de evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos y vulnerabilidad socio-ecológica para el ordenamiento territorial. 2da ed. La Pampa, AR: INTA; 2015.
17. MEA (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC; 2005 [citado 07 enero 2016], 31 pp. Disponible: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.354.aspx.pdf>
18. Paruelo JM, Guerschman JP, Verón SR. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy*. 2015;15(87):14-23.
19. Rojas L, Silva O. Evaluación del impacto de cambios de cobertura vegetal en la producción de agua de la cuenca del Río Güey [en línea]. 2015 [citado 15 abr. 2016]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/283638762\\_Evaluacion\\_del\\_Impacto\\_de\\_C](https://www.researchgate.net/publication/283638762_Evaluacion_del_Impacto_de_C)

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

ambios\_de\_Cobertura\_Vegetal\_en\_la\_Produccion\_de\_Agua\_de\_la\_Cuenca\_del\_Rio\_Guey

20. Salas-Dueñas D, García E. Reconstrucción del paisaje y reforestación en la Reserva de Biósfera de Mbaracayú, Paraguay. Chile. Reservas de Biósfera: su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas. UNESCO; 2009.
21. Tálamo A, Bermudez R, Garibaldi LA, Chavez A. Erosión y escorrentía en respuesta a lluvias simuladas e incendios en bosques secos de montaña. Ciencia del suelo. 2011 [Consultado 16 de ago. de 2017];34(1):105-111 Disponible en [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672016000100010&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672016000100010&lng=es&tlng=es)

## FIGURAS

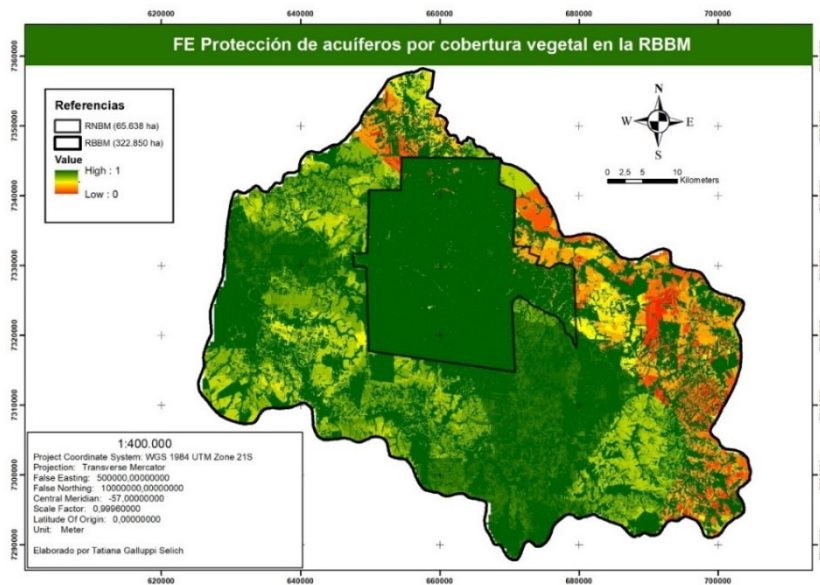


Figura 6: FE protección de acuíferos por cobertura vegetal en la RBBM

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

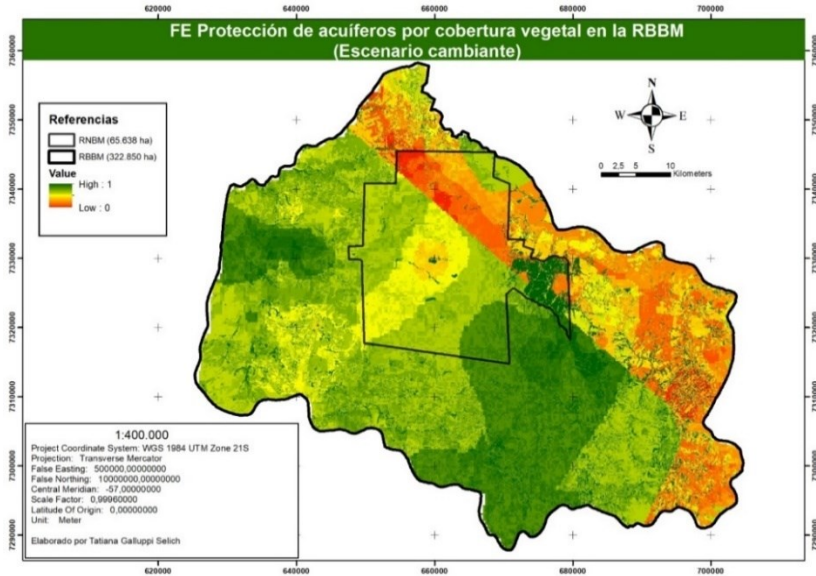


Figura 7: FE protección de acuíferos por cobertura vegetal en la RBBM en escenario cambiante

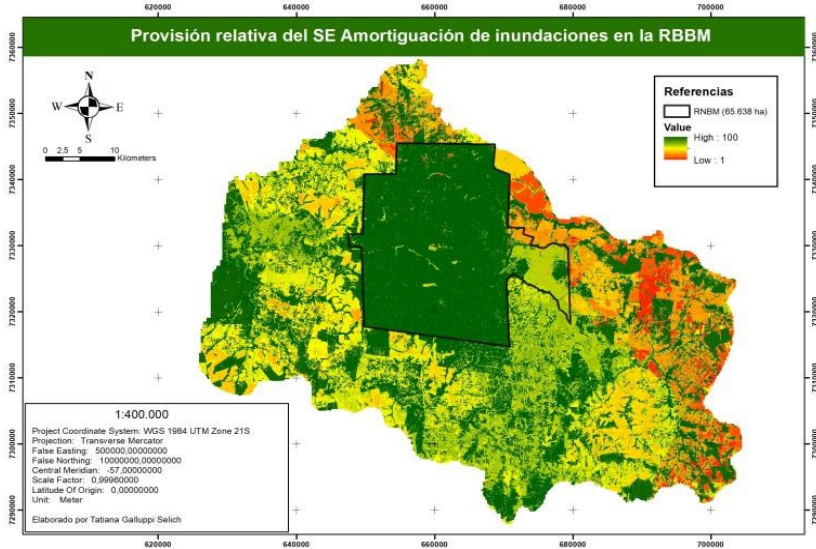


Figura 8: SE Amortiguación de inundaciones en la RBBM

Gallupi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)

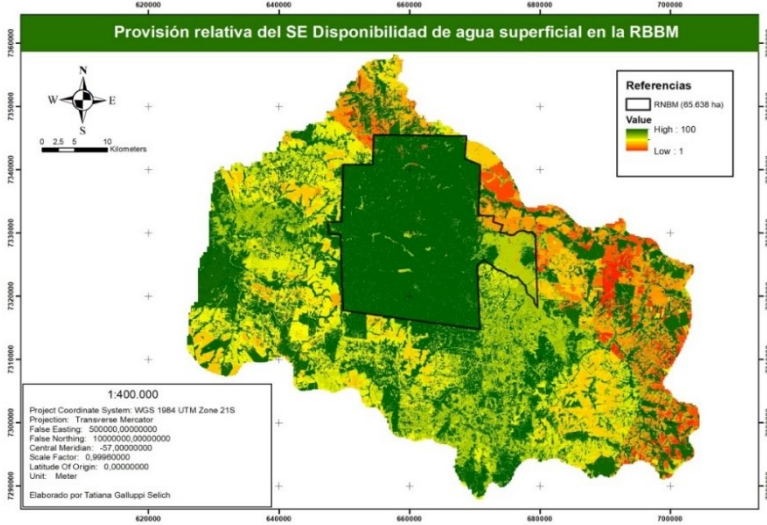


Figura 9: SE Disponibilidad de agua superficial en la RBMB

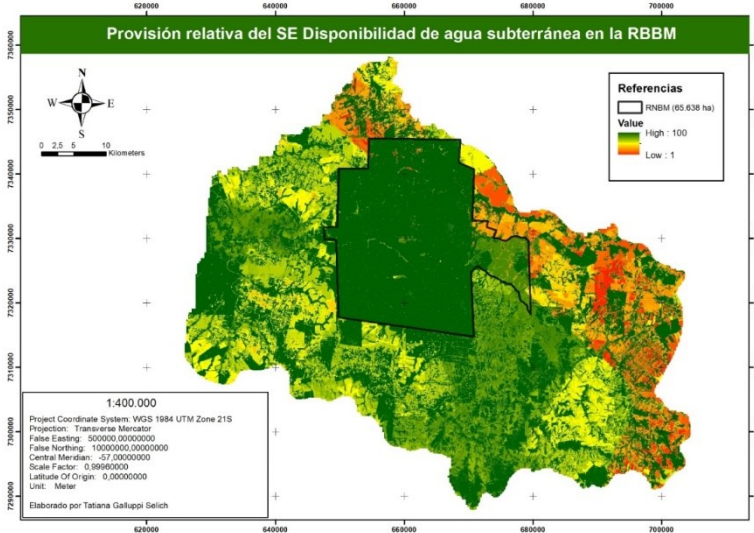


Figura 10: SE Disponibilidad de agua subterránea en la RBMB

Galluppi-Selich T, Villalba J, Salas-Dueñas DA, Rodríguez L. Análisis de la función ecosistémica “protección de acuíferos por cobertura vegetal” en la Reserva de Biósfera del Bosque Mbaracayú (Canindeyú, Paraguay)