

Recibido 21 de julio de 2015 // Aceptado 26 de agosto de 2016 // Publicado online 22 de marzo de 2017

Evaluación ambiental y planificación de la expansión agropecuaria y forestal en la cuenca del río Miriñay

GINZBURG, R¹.; TORRELLA, S.A.¹; MENÉNDEZ, A¹.; SABAROTS GERBEC, M.²; ADÁMOLI, J.²; RUJANA, M.³

RESUMEN

La cuenca del río Miriñay en la provincia de Corrientes constituye un área de creciente actividad económica en relación con el cultivo de arroz. Con el objetivo de evaluar ambientalmente la realización y acumulación de proyectos agropecuarios y forestales en la cuenca, se consideró el consumo de agua y la pérdida de ambientes naturales tanto de los proyectos ya realizados como de las posibilidades de expansión a futuro. Se elaboraron mapas de cobertura del suelo para los años 2000 y 2014 a partir de imágenes satelitales. Se desarrolló un modelo hidrológico con el cual se simuló un escenario natural, representativo de las condiciones anteriores al cambio del uso del suelo. Se generaron tres escenarios de expansión considerando la construcción de nuevas represas para riego de arroz y el desarrollo de otras actividades productivas. Al año 2014 las áreas transformadas representaban 12,9% de la cuenca, con 114.260 ha de arroz/pasturas, 15.058 ha de embalses y 26.745 ha de forestaciones. Comparando los indicadores de balance hídrico entre el escenario natural y el actual se observaron variaciones de distinto signo y magnitud en las diferentes subcuencas, con disminuciones que no superan el 8% y aumentos que no llegan al 2%. Del análisis de la pérdida de ambientes naturales en los escenarios futuros se observó que, si bien a nivel de toda la cuenca no pareciera superarse un límite crítico, tres subcuencas llegan a muy altos niveles de transformación en el escenario a largo plazo. Para esos escenarios los cambios en el balance hídrico anual serán relativamente menores. Con el propósito de mitigar el impacto de la pérdida de ambientes naturales, se propone la planificación integrada y el ordenamiento territorial de la cuenca a través de la regulación del porcentaje máximo de cambio de uso del suelo, permitiendo así desarrollar el potencial productivo sin poner en riesgo la conservación de los ambientes naturales.

Palabras clave: usos del suelo, modelo hidrológico, escenarios productivos, pérdida de ambientes naturales, ordenamiento territorial.

ABSTRACT

An environmental assessment of the cumulative effects of implementing agricultural (mainly rice crop) and forestry projects in the Miriñay River Basin, an area of growing economic activity located in Corrientes Province (Argentina), was performed. Increment of water consumption and loss of natural environments related to both implemented projects and potential future expansions were considered. Land-use maps for years 2000 and 2014 were produced based on satellite images. A hydrological model was developed and calibrated based on hydrometric data, and later used to simulate a natural scenario, representing the conditions previous to human

¹GESEAA-FCEN-UBA (Grupo de Estudios de Sistemas Ecológicos en Ambientes Agrícolas, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires). Correo electrónico: rubenginzburg@yahoo.com.ar

²LH-INA (Laboratorio de Hidráulica, Instituto Nacional del Agua) y FIUBA (Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires).

³ICAA (Instituto Correntino del Agua y del Ambiente) y FCA-UNNE (Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste).

impacts of the land use changes, and three expansion scenarios for agriculture and forestry (short term, middle term, and long term), including the construction of new dams for irrigation. An annual water balance indicator was built based on the model results. Non-natural areas constituted 12.9% of the basin in 2014, including 114,260 ha of rice/pastures, 15,058 ha of dams for irrigation, and 26,745 ha of forestry. Comparing the water balance indicator for the present conditions with the one for the natural scenario, variations of different sign and magnitude were obtained for the different sub-basins, with reductions which do not exceed 8%. In turn, comparing the water balance indicator for future scenarios with the one for the present one, a maximum reduction of about 10% was obtained, which is considered relatively small. From the analysis of losses of natural environments for the three future scenarios it was observed that, although no critical conditions would be attained at the basin scale for all of them, some degree of criticality would be reached for three sub-basins in the case of the long-term scenario. In order to avoid those critical conditions, allowing the development of sustainable production without jeopardizing the conservation of natural environments, an integrated land-use management policy is proposed, through the regulation of the maximum percentage of land use change.

Keywords: *land-use, hydrological model, productive scenarios, loss of natural environments, land-use management.*

INTRODUCCIÓN

Desde principios de la década de 1990, diversas causas motivaron un desplazamiento de la producción arrocerá en el litoral argentino (Domínguez *et al.*, 2010). La cuenca del río Miriñay, dada su excelente aptitud agrícola (Acosta *et al.*, 2009), experimenta desde entonces una expansión del cultivo y de la infraestructura hídrica destinada a atender sus demandas. Al año 2010, la cuenca contaba con 38 embalses de más de 50 ha, concentrados en las subcuencas del Ayuí Grande y del Yaguarí, la mayoría de ellos construidos durante la década de 1990 (Alarcón e Insaurralde, 2011). Esta expansión productiva y el consecuente aumento en el consumo de agua, despertó el interés de investigadores, técnicos y gestores en determinar el balance hídrico de la cuenca y evaluar la capacidad de esta para responder a la nueva demanda. En este sentido, se han realizado distintos balances hídricos basados en la comparación entre precipitación y evapotranspiración potencial, o entre oferta y demanda de agua (Alarcón, 2013; Pagliettini y Gil, 2008; Ruberto y Currie, 1999), y de ellos surge que existe una oferta hídrica suficiente a escala anual, pero se produce déficit para los meses de mayor demanda, que es justamente la causa por la cual es necesario recurrir al riego con agua embalsada.

El ICAA (Instituto Correntino del Agua y del Ambiente) junto con la Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA) efectúan el monitoreo de la calidad de agua en 6 estaciones ubicadas en la cuenca del río Miriñay. No se han detectado situaciones problemáticas o alarmantes en relación con los niveles guía establecidos por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación para la actividad agropecuaria (ICAA 2013). Por un lado, en términos generales, se ha destacado la falta de estudios hidrológicos detallados como una limitación para la planificación del uso del recurso hídrico (Domínguez *et al.*, 2010). Por otro lado,

no se ha realizado hasta el momento un análisis particular del reemplazo de ambientes naturales provocado por el cambio de uso del suelo. Para asegurar la sustentabilidad ambiental en la cuenca resultaría necesaria una planificación de la producción enmarcada en un programa de ordenamiento territorial integral. El presente estudio provee información relevante para ser utilizada en la elaboración de estas herramientas de gestión (el informe técnico completo, "Estudio para definir los parámetros y criterios ambientales de la cuenca del río Miriñay", está disponible en la página web del organismo www.icaa.gov.ar, quien es autoridad de aplicación de la ley de impacto ambiental y código de aguas de la provincia de Corrientes. Dicho estudio fue declarado de interés legislativo por el Honorable Senado de la Provincia de Corrientes).

El objetivo del presente estudio fue evaluar ambientalmente la realización y acumulación de proyectos de desarrollo agropecuarios y forestales en la cuenca del río Miriñay. Se tuvo en cuenta no solo a los proyectos ya realizados, sino también las posibilidades de expansión a futuro. Particularmente se consideró: a) el consumo de agua y su efecto sobre el balance hídrico; y b) la expansión productiva y la pérdida de ambientes naturales asociada (cambio de uso del suelo).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Miriñay está ubicada en el centro-sur de la provincia de Corrientes (figura 1), ocupa un área de 10.300 km². El río tiene una extensión de 217 km, desemboca en el río Uruguay en cercanía de la localidad de Monte Caseros. Su cuenca está conformada por una llanura de inundación con tipos de suelo impermeables que favorecen

la retención de agua superficial y de muy escasa pendiente (no superior al 0,15%). La precipitación media anual en la cuenca supera los 1.100 mm, concentrados entre diciembre y mayo. El balance de agua se da principalmente en la dirección vertical (entre precipitación, evapotranspiración e infiltración), jugando un rol secundario el movimiento horizontal (Ruberto y Currie, 1999).

Modelación hidrológica de la cuenca

Se dispuso de series temporales diarias de precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial, datos de aforo y niveles medios del río Miriñay (Penalba *et al.*, 2014). Se construyeron leyes de ajuste entre el caudal y la altura de escala. Se estableció el período 2002-2014 como ventana de tiempo de análisis debido a que ya tiene incorporada la mayoría de los embalses y representa las condiciones actuales de la cuenca. Se realizó un balance hídrico completo a través de la modelación hidrológica de la cuenca basado en el software HEC-HMS, método SMA (Bennett y Peters, 2000). Se tomaron como base las 8 subcuencas definidas por Alarcón (2013); su topografía se calculó a partir de un Modelo Digital de Elevación del terreno utilizando datos del SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). El uso del suelo se categorizó a partir de los mapas de coberturas generados en este mismo estudio. Los forzantes del modelo fueron la precipitación y la evapotranspiración potencial. Se simuló la operación de los embalses, sustrayendo a cada subcuenca el área que captura el volumen total embalsado. Como indicador del balance hídrico se adoptó el volumen medio anual escurrido a la salida de cada subcuenca. Para evaluar el cambio en el balance hídrico se reprodujo un escenario natural representativo de las condiciones anteriores al impacto producido por el cambio de uso del suelo a agrícola/forestal y la construcción de represas para riego.

Mapas y coberturas del suelo de los años 2000 y 2014

Se trabajó con dos escenas Landsat, 225-80 y 225-81. Se utilizaron las imágenes Landsat 7 del 18/11/2000 y Landsat 8 del 23/4/2014. Para la obtención de los mapas y coberturas del suelo se realizó una aproximación mixta. Las coberturas naturales se obtuvieron a partir de clasificaciones digitales, utilizando el algoritmo Isodata (80 clases, 20 iteraciones, convergencia del 98%) del programa ENVI 3.5. Se confeccionó un dendograma con la estadística de las clases (análisis multivariado de conglomerados del programa Infostat) para una mejor evaluación de las distintas clases digitales. Para quitar el ruido producido por píxeles aislados se realizó el "clump de 5x5" y el "sieve de 10". Para las coberturas de usos antrópicos se realizó interpretación visual y digitalización manual de las coberturas a escala 1:100.000, utilizando el programa QGIS. Dada la rotación de actividades en un mismo lote, la cobertura arroz/pastura comprende el área destinada a arroz, pasturas implantadas e infraestructura. Se consideraron aquellos embalses de superficies mayores a 20 ha y las forestaciones mayores a 10 ha. La cobertura de bosques nativos fue provista por la Dirección

de Bosques de la Provincia. La versión final de los mapas se obtuvo cruzando ambos productos, coberturas naturales y de usos antrópicos. Para realizar un chequeo general del mapa 2014 se realizó un viaje de campo entre el 15 y 19 de septiembre de 2014.

Generación de escenarios futuros de expansión agropecuaria y forestal

Se generaron 3 escenarios de expansión, a corto, mediano y largo plazo, considerando las distintas actividades productivas. Para el desarrollo de la actividad arrocera se consideró la identificación de potenciales represas para riego de arroz (Fontán, 2011; Fontán, 2013). Se tuvieron en cuenta 3 criterios que modifican tanto la potencia de riego por alcanzar, como la superficie arrozable asociada (lotes arroceros + lotes en rotación –sea esta con pasturas o en descanso–) sobre la que efectivamente se hará un cambio de uso del suelo: a) la cantidad de represas potenciales identificadas; b) la eficiencia en el uso del agua; y c) la rotación arrocera. Para las pasturas implantadas para ganadería se consideró la expansión asociada a la rotación arrocera y las pasturas independientes de esta rotación. Para la evolución de la actividad forestal y la agrícola no arrocera, se consideró la tendencia de estas prácticas en el período 2000-2014. Para evaluar el cambio en el balance hídrico bajo los escenarios planteados, se incorporaron al modelo hidrológico las combinaciones de aumento de represamientos y cambios de uso de suelo manteniendo la misma ventana de tiempo climatológica (2002-2014).

Para el escenario a corto plazo (10 años) se consideraron las 12 represas potenciales que están en marcha (al menos con anteproyecto), se contempló una eficiencia en el uso del agua similar a la media actual, de 1,2 m³/m²; y se consideró una superficie en rotación arrocera de 1:2 (similar a la media actual en la cuenca), es decir, por cada 1 ha de arroz hay otras 2 ha en rotación –con pasturas o en descanso–. Para el escenario a mediano plazo (20 años) se tomaron 36 potenciales represas. La producción alcanzada bajo este escenario coincide con las metas planteadas a 15-20 años por las instituciones gubernamentales y organizaciones productivas de la provincia. Para la elección de las 24 represas que se incorporan se evaluó la tendencia general de distribución de los embalses construidos en el período 2000-2014 y del total de represas potenciales. Se consideró una mejoría en la eficiencia en el uso del agua, pasando a 1,1 m³/m². En cuanto a la rotación se consideró el mismo valor de 1:2. Para el escenario a largo plazo (máxima expansión, 50 años) se tomó la totalidad de las 74 represas potenciales. Se consideró una mejoría en la eficiencia en el uso del agua, pasando a 1 m³/m²; y una rotación de 1:2.

RESULTADOS

Evaluación de los años 2000 y 2014

Entre los años 2000 a 2014 se construyeron 7 represas, alcanzando un total de 53 con embalses mayores a 20 hectá-

reas. Al año 2000 las áreas transformadas (aquellas donde la cobertura natural ha sido reemplazada por otra de uso antrópico) representaban 7,6% de la cuenca (tabla 1), aumentando al 12,9% en 2014. Los pastizales fueron los ambientes más afectados por la expansión agropecuaria y forestal, seguidos de pajonal-bañado y malezales; en todos los casos, estos ambientes todavía se encuentran bien representados en la cuenca (figura 1). En las subcuencas del Ayuí y del Ayuí Grande, con un importante desarrollo arrocero, el porcentaje de áreas transformadas al 2014 alcanza 37% y 24%, respectivamente.

La expansión de las áreas productivas no se ha dado en forma homogénea, el 85% se concentra solamente en 3 subcuencas. Ayuí Grande registró la mayor parte de la expansión de arroz y pasturas en rotación, con un aumento de 24.500 ha. En la subcuenca del Norte del Ayuí Grande se

concentró la expansión forestal, 12.500 ha. En la de Yaguari se dio un aumento importante en la superficie destinada a arroz/pasturas, 13.200 ha, y a otros cultivos, 5.100 ha.

Al evaluar el cambio en el balance hídrico comparando los indicadores del modelo entre el escenario natural y el actual, se observaron variaciones de distinto signo y magnitud en las diferentes subcuencas, fruto de procesos contrapuestos. La forestación (por el aumento del almacenamiento en follaje) y el embalsamiento de agua tienden a reducir el volumen escurrido, en tanto que la actividad agrícola (por disminución del volumen anual evapotranspirado) produce un aumento de la escorrentía. Las disminuciones por el cambio de uso no superan el 8% (subcuencas de Ayuí Grande, Quiyatí, Ayuí y San Roquito) mientras que los aumentos no llegan al 2% (figura 2).

	Año 2000 (ha)	Año 2014 (ha)	Variación (ha)	Variación %
Pajonal-Bañado (ríos y arroyos)	231.789	221.812	-9.977	-4,30
Malezal	211.309	208.105	-3.204	-1,52
Pastizal	652.120	603.540	-48.580	-7,45
Forestación	9.659	26.745	17.086	176,89
Embalse	11.459	15.058	3.599	31,41
Arroz/Pastura	73.150	114.260	41.110	56,20
Otros cultivos	2.360	9.115	6.755	286,23
Uso urbano	1.081	1.081	0	0,00
Otras coberturas	8.967	3.127	-5.840	-65,13
Bosque nativo	91.959	91.010	-949	-1,03
Total	1.293.853	1.293.853		

Tabla 1. Superficies (en hectáreas) y variación (en hectáreas y porcentual) de las coberturas del suelo de la cuenca del río Miriñay, Corrientes, para los años 2000 y 2014.

Fuente: elaboración propia.

	Año 2014 (ha)	Escenario corto plazo (ha)	Variación %	Escenario mediano plazo (ha)	Variación %	Escenario largo plazo (ha)	Variación %
Embalses	15.058	24.486	62,61	33.619	123,26	50.024	232,21
Arroz	33.000	44.734	35,56	67.832	105,55	108.718	229,45
Infraestructura	15.840	22.880	44,45	40.699	156,95	65.231	311,82
Rotación y pasturas	66.200	99.668	50,56	180.664	172,91	287.435	334,19
Otros cultivos	8.335	12.335	47,99	18.335	119,98	28.335	239,95
Forestaciones	26.745	34.745	29,91	46.745	74,78	66.745	149,56
Total áreas transformadas	165.178	238.848	44,60	387.893	134,83	606.488	267,17
Total cobertura natural	1.128.675	1.055.005	-6,53	905.960	-19,73	687.365	-39,10

Tabla 2. Superficies (en hectáreas) y variación (porcentual respecto al año 2014) de las coberturas del suelo de la cuenca del río Miriñay, Corrientes, para el año 2014 y los escenarios de expansión a corto, mediano y largo plazo. Los escenarios a corto, mediano y largo plazo representan la posible expansión a futuro de las distintas actividades productivas a 10, 20 y 50 años, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

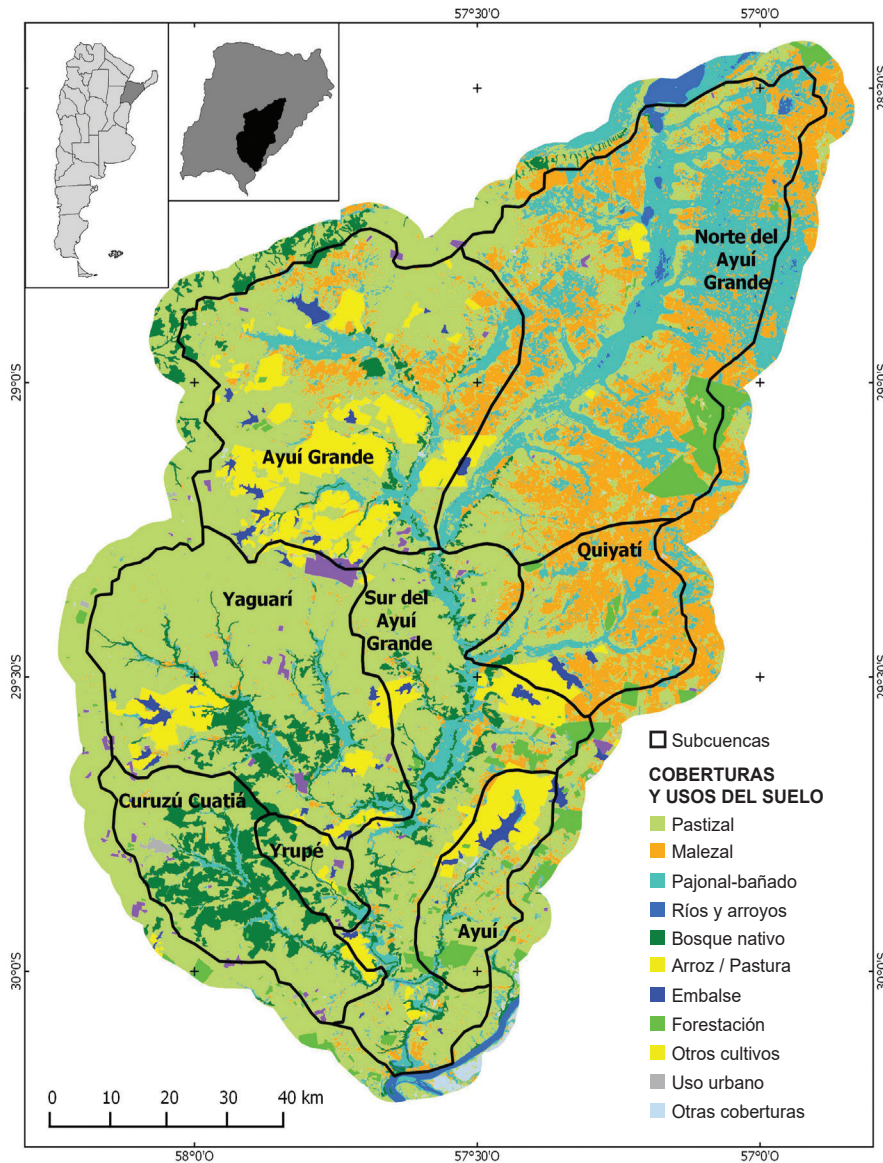


Figura 1. Mapa de coberturas del suelo de la cuenca del río Miriñay, Corrientes, para el año 2014. Arriba a la izquierda, ubicación de la cuenca en la provincia de Corrientes, Argentina.

Fuente: elaboración propia.

Escenarios futuros de expansión agropecuaria y forestal

En el escenario a corto plazo se incrementa más de 35% la superficie arrocera; las áreas con cobertura natural cubren el 81,5% de la cuenca. En el escenario a mediano plazo aumenta algo más de 100% la superficie cultivada con arroz; la superficie transformada se duplica, en tanto que las áreas con cobertura natural comprenden el 70% de la cuenca. En el escenario a largo plazo se desarrolla todo el potencial arrocero de la cuenca, lo que implica un incremento de casi el 230% de la superficie cultivada con arroz; el total de áreas transformadas superan las 600

mil hectáreas, ocupando las áreas con cobertura natural el 53,1% de la superficie (tabla 2).

En los escenarios a corto y mediano plazo, la mayoría de las represas que se incorporan (11 de 12 y 23 de 36, respectivamente) se ubican en las subcuencas de Ayuí Grande y Yaguari. En el escenario a largo plazo toma importancia también la del Sur del Ayuí Grande, donde estas tres subcuencas concentran el 78% de la potencia de riego para el cultivo de arroz (figura 3). Bajo este escenario la expansión productiva implicaría un fuerte aumento en los porcentajes de áreas transformadas, alcanzando los niveles más altos en las subcuencas de

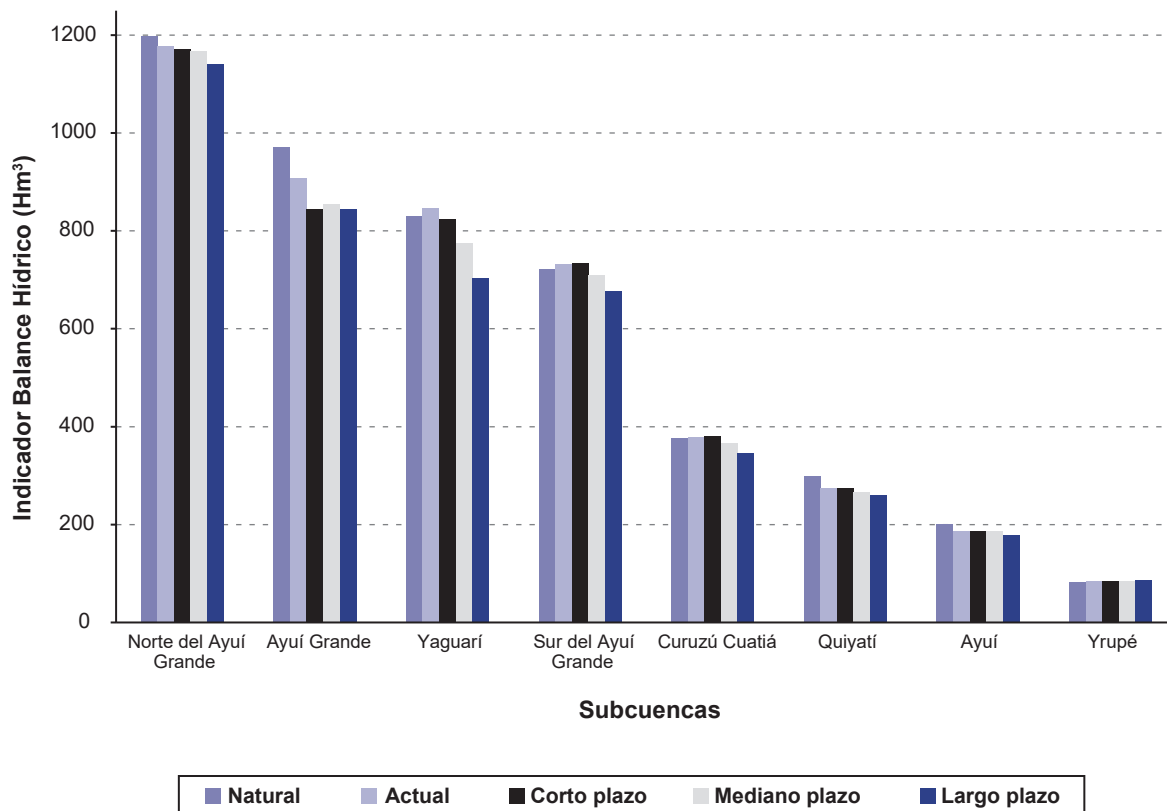


Figura 2. Indicador del balance hídrico (Hm³) para las diferentes subcuencas del río Miriñay, Corrientes, para los escenarios natural, actual y de expansión a corto, mediano y largo plazo. El escenario natural es representativo de las condiciones anteriores al cambio del uso del suelo. El escenario actual representa el año 2014. Los escenarios a corto, mediano y largo plazo representan la posible expansión a futuro de las distintas actividades productivas a 10, 20 y 50 años, respectivamente.

Fuente: elaboración propia.

Ayuí Grande, Ayuí y Yaguarí (69%, 70% y 76%, respectivamente).

La aplicación del modelo hidrológico a los escenarios futuros (figura 2) indica que habría una merma de los caudales producidos para la mayoría de las subcuencas (debido al incremento de la cantidad de presas o al aumento del área forestada), salvo para las del norte del Ayuí y Yrupé (donde se registran incrementos debido al aumento del área agrícola). Los cambios en el balance hídrico anual, aun en el escenario de máxima expansión, serán relativamente menores, con reducciones que no alcanzarán el 10%, con excepción de la subcuenca del Yaguarí donde la disminución llegaría a 16,8%.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El modelo hidrológico permitió determinar que no ha habido un cambio importante en el balance hídrico anual debido al desarrollo agropecuario y forestal respecto del escenario natural. Bajo los distintos escenarios futuros, los cambios en el balance hídrico anual serán relativamente

menores y la reducción de los caudales que se produciría en la mayoría de las subcuencas no pondrá en riesgo la sustentabilidad de los ambientes naturales en torno al cauce del río Miriñay. Sería importante realizar periódicamente mediciones y calibraciones que permitan ajustar el modelo hidrológico, y así poder corroborar sus resultados, incrementar la certidumbre y ampliar sus alcances.

Si bien las áreas transformadas aumentaron 70% en el período 2000-2014, los ambientes naturales se encuentran bien representados cubriendo 87,1% de la cuenca. En el análisis de los escenarios futuros se pudo observar que a nivel de toda la cuenca no pareciera superarse un límite crítico, aunque tres subcuencas llegarían a muy altos niveles de transformación en el escenario a largo plazo. El panorama es aún más complicado al considerar que: a) un alto porcentaje de los pastizales de la provincia, y en particular de la cuenca del Miriñay, se encuentran sobrepastoreados y degradados, de manera que los porcentajes de áreas naturales sin sobrepastoreo en estas subcuencas apenas alcanzarían valores cercanos al 10%; y b) este escenario representa el máximo potencial para la producción

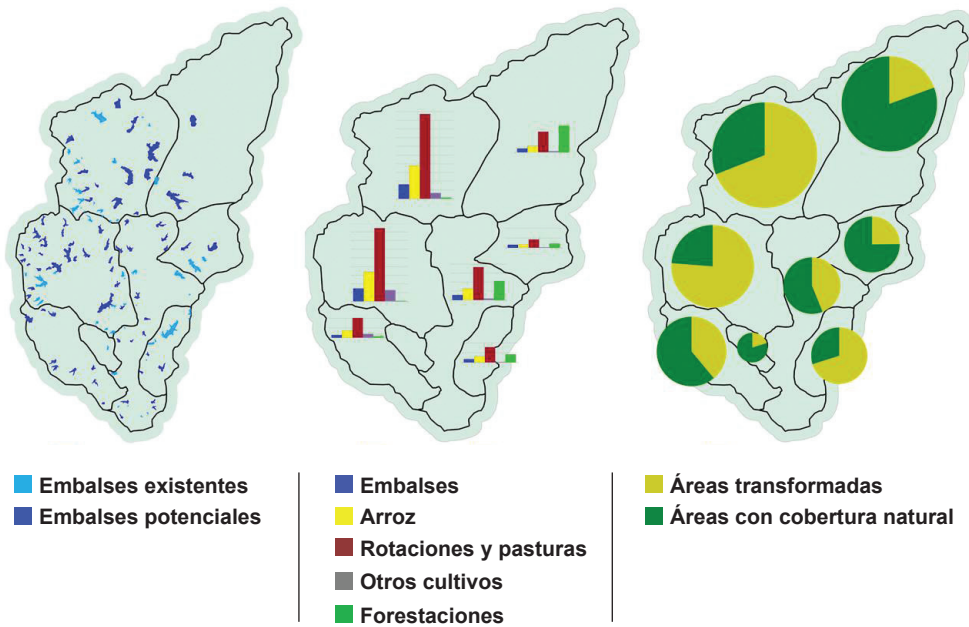


Figura 3. Embalses (existentes al año 2014 y potenciales del escenario futuro), superficies destinadas a cada actividad productiva y porcentaje de áreas transformadas y con cobertura natural, en el escenario a largo plazo (a 50 años), a nivel de subcuencas.

Fuente: elaboración propia.

de arroz con el sistema de riego dominante hoy en la cuenca, pero las otras actividades podrían expandirse aún más elevando así el porcentaje de áreas transformadas.

Un cambio de uso del suelo de la magnitud planteada a futuro debe ser tenido en cuenta en la planificación del desarrollo de la cuenca del Miriñay, en virtud de los impactos ambientales que este proceso puede acarrear. La pérdida y la fragmentación de ambientes naturales constituyen a nivel mundial una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad (Lindenmayer y Fischer, 2006). Por un lado, la Argentina en general y la ecorregión del espinal en particular no son ajenas a esta problemática; el cambio de uso del suelo sobre el ambiente de sabana ubica a la ecorregión como la segunda del país –luego del gran Chaco– en pérdida de bosques nativos (UMSEF 2015). Por otro lado, al sur del área de estudio, se han documentado variaciones de las densidades de diferentes especies de aves en función de cambios en el uso del suelo, lo que repercute potencialmente en diferentes servicios ecosistémicos, como el control de plagas (Gavier-Pizarro *et al.*, 2012). Al mismo tiempo, este proceso de intensificación agropecuaria estaría acompañado por un mayor uso de productos fitosanitarios que si no son aplicados con las precauciones correspondientes, pueden tener consecuencias negativas sobre el ambiente, en particular sobre los ambientes acuáticos y la biodiversidad asociada a ellos (Vera *et al.*, 2010; Annet *et al.*, 2014), de vital importancia en la cuenca estudiada.

Con el objetivo de mitigar los impactos ambientales asociados a la pérdida de ambientes naturales, se plantea impulsar la regulación del porcentaje de cambio de uso del suelo (CUS) a nivel de subcuencas, aplicable de forma predial. Se establecen dos zonas con diferentes porcentajes según subcuencas, atendiendo a su grado de desarrollo productivo actual y potencial, y a sus características ambientales: a) máximo CUS 70%. Subcuencas de Ayuí Grande, Yaguarí, Yrupé, Curuzú Cuatiá, sur de Ayuí Grande y Ayuí; y b) máximo CUS 40%. Subcuencas de Quiyatí y norte de Ayuí Grande. Con esta medida se promueve la planificación integrada y el ordenamiento territorial de la cuenca del Miriñay, asegurando la conservación de los ambientes naturales y permitiendo el desarrollo de las distintas actividades productivas.

La regulación planteada asegura la preservación de al menos 520.000 ha de ambientes naturales, con mayor representación en las zonas mejor conservadas (zonas de malezales y bañados del NE de la cuenca) y garantizando que los ríos y arroyos con sus planicies y bañados sigan funcionando como corredores naturales. Vale la pena remarcar que esta medida puede impulsarse sin restringir las posibilidades de expansión del cultivo de arroz, principal actividad económica de la cuenca. Desarrollando el máximo potencial de riego y la misma eficiencia en el uso del agua que en el escenario a largo plazo, pero cambiando la rotación hacia el modelo “chacra espejo” (1 ha de pastura por cada ha de arroz), los porcentajes transformados en las

subcuenas críticas se reducen a valores admisibles, que en ningún caso superan el 58%.

La cuenca del río Miriñay posee los recursos hídricos necesarios para sostener las posibilidades futuras de expansión. El cambio de uso del suelo asociado a este desarrollo debería darse en un marco de planificación integrada de las distintas actividades productivas y de ordenamiento territorial. Será importante que se fomenten las Buenas Prácticas Ganaderas y la Ganadería Sustentable en los ambientes naturales para revertir el alto grado de degradación y sobrepastoreo que presentan particularmente los pastizales nativos. Y continuar con el monitoreo de la calidad de agua, incrementando las estaciones de muestreo a medida que se vaya produciendo el aumento del área cultivada; esto permitirá seguir en el tiempo la evolución del desarrollo de la actividad productiva y su influencia o no sobre la calidad de los recursos hídricos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los ingenieros y profesionales del ICAA, a los técnicos e ingenieros de la ACPA, al ministro de la producción Ing. J. Vara y al director de Bosques Ing. L. Mestres. Y muy especialmente al Ing. J. Fedre y al Ing. C. Jetter por brindarnos toda la información que les solicitamos, y al Ing. R. Fontán por facilitarnos la información sobre la identificación de represas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, F.; GIMENEZ, L.; RICHIERI, C.; CALVI, M. 2009. Zonas agroeconómicas homogéneas: Corrientes. Estudios Socioeconómicos de la Sustentabilidad de los Sistemas de Producción y Recursos Naturales.

ALARCÓN, M.F.; INSAURRALDE, J.A. 2011. Recursos hídricos y aprovechamiento de la cuenca del río Miriñay, provincia de Corrientes, Argentina. *Contribuciones Científicas G/EA* 23, 21-36.

ALARCÓN, M.F. 2013. Aproximación al análisis de la capacidad de acogida del territorio para el desarrollo de la actividad agrícola: el caso de la cuenca del río Miriñay, provincia de Corrientes (Argentina). XIV EGAL, Perú.

ANNETT, R.; HABIBI, H.R.; HONTELA, A. 2014. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. *Journal of Applied Toxicology*, 34(5), 458-479.

BENNETT, T.H.; PETERS, J.C. 2000. Continuous soil moisture accounting in the Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), Joint conference on water resource engineering and water resources planning and management 2000,

Water resources 2000, en: HOTCHKISS, R.H.; M. GLADE (Eds.), 30 de julio – 2 de agosto, Minneapolis, Minnesota, EUA.

DOMÍNGUEZ, J.; PAGLIETTINI, L.; STORTINI, M.; ROBLES, D. 2010. Cambios en la estructura agraria del departamento de Mercedes, provincia de Corrientes (Argentina), al difundirse el arroz en la zona. *Análisis de la Subcuenca del Arroyo Ayuí. Ambiente y Desarrollo* 14(26), 127.

FONTÁN, R. 2011. Identificación de emprendimientos de riego, Región Centro Sur de la Provincia de Corrientes, 1° etapa, Departamentos Curuzú Cuatiá y Sauce, Provincia de Corrientes, Consejo Federal de Inversiones.

FONTÁN, R. 2013. Identificación de emprendimientos de riego, Región Centro Sur de la Provincia de Corrientes, 2° etapa, Departamentos Mercedes, Monte Caseros y Paso de los Libres, Provincia de Corrientes, Consejo Federal de Inversiones.

GAVIER-PIZARRO, G.I.; CALAMARI, N.C.; THOMPSON, J.J.; CANAVELLI, S.B.; SOLARI, L.M.; DECARRE, J.; ZACCAGNINI, M.E. 2012. Expansion and intensification of row crop agriculture in the Pampas and Espinal of Argentina can reduce ecosystem service provision by changing avian density. *Agriculture, ecosystems & environment*, 154, 44-55.

ICAA, 2013. Indicadores de calidad de agua vinculados con la actividad arrocera en cuencas hídricas de la Provincia de Corrientes. XXIV Congreso Nacional del Agua, San Juan, 14-18 octubre.

LINDENMAYER, D.B.; FISCHER, J. 2006. Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis. Island Press.

PAGLIETTINI, L.; GIL, G. 2008. El valor del agua en el proceso productivo. *Análisis en la cuenca del río Miriñay. Revista brasileira de recursos hídricos* 13(3), 165-175.

PENALBA, O.C.; RIVERA, J.A.; PANTANO, V.C. 2014. The CLARIS LPB database: constructing a long-term daily hydro-meteorological dataset for La Plata Basin, Southern South America. *Geoscience Data Journal*. doi: 10.1002/gdj3.7

RUBERTO, A.; CURRIE, H. 1999. Oferta y demanda de los recursos hídricos en la cuenca del río Miriñay (Pcia. de Corrientes). Arandú, publicación técnica, Resistencia (Chaco).

UMSEF (Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal). 2015. Monitoreo de la superficie de bosque de la República Argentina período 2013-2014. Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación. Informe técnico, 85 pp. (Disponible en: <http://obio.ambiente.gob.ar/multimedia/files/monitoreo-de-la-superficie-debosque-nativo-de-la-republica-argentina-2013-2014.pdf> verificado 16 de julio de 2015).

VERA, M.S.; LAGOMARSINO, L.; SYLVESTER, M.; PEREZ, G.L.; RODRIGUEZ, P.; MUGNI, H.; PIZARRO, H. 2010. New evidences of Roundup® (glyphosate formulation) impact on the periphyton community and the water quality of freshwater ecosystems. *Ecotoxicology*, 19(4), 710-721.