



Revista Científica "Visión de Futuro"  
ISSN: 1669-7634  
ISSN: 1668-8708  
revistacientifica@fce.unam.edu.ar  
Universidad Nacional de Misiones  
Argentina

## Mecanismo de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos en la cuenca hidrográfica del Arroyo Piray Miní

**Martínez Duarte, Juan A.**

Mecanismo de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos en la cuenca hidrográfica del Arroyo Piray Miní  
Revista Científica "Visión de Futuro", vol. 26, núm. 2, 2022  
Universidad Nacional de Misiones, Argentina

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357969624007>

**DOI:** <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2022.26.02.004.es>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

## Mecanismo de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos en la cuenca hidrográfica del Arroyo Piray Mini

Mechanism of payments for hydrological ecosystem services in the watershed of the Piray Mini Stream

Juan A. Martínez Duarte  
Universidad Nacional de Misiones, Argentina  
martduart@yahoo.com.ar

DOI: <https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2022.26.02.004.es>  
Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=357969624007>  
Recepción: 18 Mayo 2021  
Aprobación: 28 Septiembre 2021

### RESUMEN:

Para promover la conservación y restauración hidrológica forestal de los ecosistemas ubicados en la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Mini, que abastece de agua a Eldorado, se requieren mecanismos de compensación económica a los propietarios de los predios que brindan servicios ambientales a la sociedad. El objetivo del presente trabajo es analizar la situación de los factores ambientales y socioeconómicos, relacionados a la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Mini, y proponer un esquema de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos para la conservación y restauración de los ecosistemas. Con relación a los materiales y metodologías, se realizaron análisis de antecedentes y entrevistas; y las propias reflexiones sobre la temática. El relevamiento de cuencas hidrográficas referenciales fue realizado con el Sistema de Información Geográfica y se ejecutaron inspecciones terrestres. Como resultados, se caracterizaron los factores ambientales, sociales y económicos, y los mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos vigentes en la Argentina; proponiendo la valoración e implementación de un esquema de compensación por los servicios ecosistémicos para la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Mini. Se concluye que es muy necesario implementar las propuestas para lograr la conservación de los predios que brindan servicios ecosistémicos hidrológicos.

**PALABRAS CLAVE:** Conservación, Restauración, Valoración, Compensación.

### ABSTRACT:

To promote the conservation and forest hydrological restoration of the ecosystems located in the watershed of the Piray Mini stream, which supplies water to Eldorado, economic compensation mechanisms are required for the owners of the properties that provide environmental services to society. The objective of this work is to analyze the situation of environmental and socioeconomic factors, related to the watershed of the Piray Mini stream, and to propose a scheme of payments for hydrological ecosystem services for the conservation and restoration of ecosystems. Regarding the materials and methodologies, background analyzes and interviews were carried out; and their own reflections on the subject. The survey of reference watersheds was carried out with the Geographic Information System and land inspections were carried out. As results, environmental, social and economic factors and compensation mechanisms for ecosystem services in force in Argentina were characterized; proposing the assessment and implementation of a compensation scheme for ecosystem services for the watershed of the Piray Mini stream. It is concluded that it is very necessary to implement the proposals to achieve the conservation of the properties that provide hydrological ecosystem services.

**KEYWORDS:** Conservation, Restoration, Valuation, Compensation.

## INTRODUCCIÓN

Las situaciones de degradación ambiental en la cuenca hidrográfica del arroyo Piray, ubicada (Ver Figura 1) entre los paralelos de 26°10' - 26°30' Latitud Sur y los meridianos de 53°40' - 54°40' Longitud Oeste, en la Provincia de Misiones, República Argentina, de aproximadamente 150.000 hectáreas, que abastece de agua a la ciudad de Eldorado, requiere la elaboración de un plan para la conservación y restauración de los ecosistemas que brindan servicios ecosistémicos a la sociedad, en el marco del ordenamiento territorial de la cuenca vertiente y el desarrollo sostenible en el aspecto económico, social y ambiental, para promover la mejora de la calidad y disponibilidad del agua para el bienestar de la población en armonía con la calidad ambiental de los ecosistemas ubicados en el territorio.

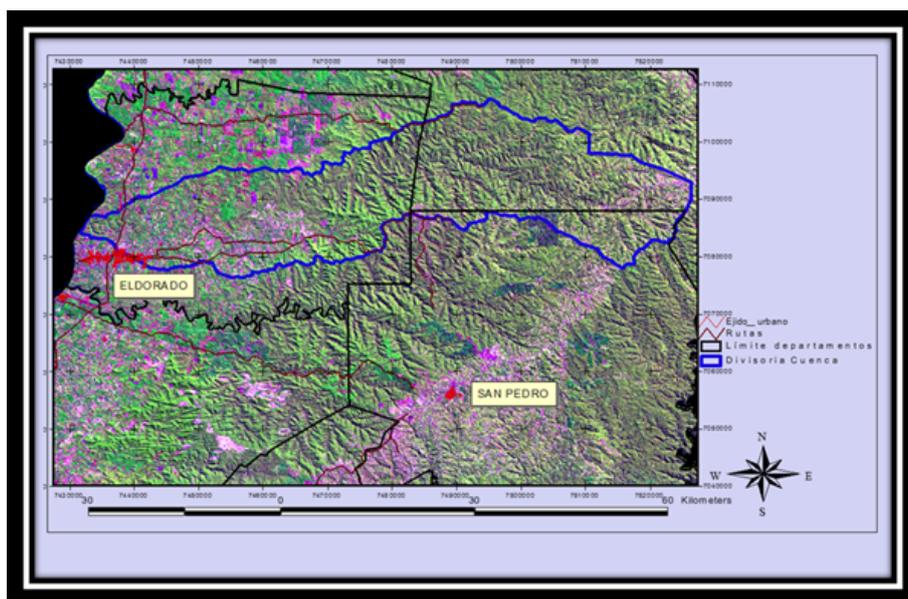


FIGURA 1  
Imagen con la ubicación relativa de la Cuenca del Arroyo Piray Mini  
Escena satelital Landsat

La cuenca del arroyo Piray Mini constituye un sistema hidrográfico de valor excepcional e importancia social, ecológica y económica, que ha abastecido y puede seguir a abasteciendo con agua de origen pluvial a los habitantes del municipio de Eldorado y otros municipios allí ubicados. El área territorial que abarca la cuenca vertiente es parte del departamento Eldorado, San Pedro y General Manuel Belgrano, con los municipios de Eldorado, 9 de Julio, Santiago de Liniers, San Pedro, Pozo Azul, Bernardo de Irigoyen, Colonia Delicia y Colonia Victoria; los suelos son utilizados para actividades agropecuarias, industriales, urbanas, y a pesar de estar sometidos a impactos ambientales de origen antrópico aún posee ecosistemas naturales y rurales con una elevada calidad ambiental.

Con relación a la temática, Rodríguez Vagaría, A. et al (2012) afirma que: El manejo inadecuado de los recursos naturales origina problemas que afectan seriamente la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios y finalmente repercuten en la calidad de vida de los habitantes. La restauración agro-hidroológica engloba, en un plan unificado de acción, la problemática de suelos, agua y vegetación de las cuencas hidrográficas en un auténtico proceso de ordenación de los recursos naturales.

Sobre el clima del área de estudio, Eibl et al. (2001) describe que: El clima se clasifica como Cfa en el sistema de Köppen, que corresponde a un clima subtropical húmedo sin estación seca, con precipitación media anual de 1700 mm, distribuida equitativamente a lo largo del año y promedio anual de temperatura de 21oC, con máximas absolutas de 39 oC (Enero) y mínimas absolutas de -6 oC (Julio)".

Según Wanderer et al. (1997), el caudal máximo medio mensual del arroyo Piray Mini, de 165 m<sup>3</sup>/segundo, se presenta en el mes de abril; y la calidad del agua en la toma del sistema público de abastecimiento de agua de la ciudad de Eldorado, indica que las aguas del arroyo Piray Mini pertenece al tipo 2 según la Organización Mundial de la Salud (OMS): Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de coagulación, filtración y desinfección.

Martínez Duarte, J. A. et al (2019), estudiaron el estado de conservación de los bosques protectores de suelo de la unidad cartográfica 6B, en las hojas de restitución del mapa edafológico de la Provincia confeccionadas por la Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos (C.A.R.T.A, 1962), y las posibilidades de su conservación o restauración.

Los bosques protectores tienen sus antecedentes en la Ley nacional No 13273 del año 1948; y en el año 1977 la provincia de Misiones sancionó su propia ley de bosques bajo el No 854, actualmente XVI No 7, que declara bosques protectores a los que protegen suelos, riberas fluviales, cuencas hidrográficas, entre otros; luego la ley No 3426, actualmente Ley XVI No 53, en su artículo 1, inciso d, declara como bosques protectores a los que ocupan los suelos de la clase 6B. Posteriormente, con la sanción en la Provincia de Misiones de la Ley XVI No 105, se establece con un criterio aún más restrictivo el umbral de pendiente de 15% para considerar a los bosques que lo cubren como protectores. Asimismo, la citada norma jurídica establece ese tipo de bosques como permanentes, al categorizarlos como categoría II, conforme a la clasificación realizada por la Ley Nacional No 26.331 de Presupuestos mínimos de conservación de los bosques nativos.

Según la Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofogramétricos (C.A.R.T.A.), la unidad cartográfica 6B de la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní, abarca el 53,85 % de la superficie total (80.483,5 hectáreas). Además, el 27,5 % de la superficie de la cuenca (40.705 hectáreas) es de la unidad cartográfica 6A; 27.433 hectáreas (18,5 %) corresponde a la unidad cartográfica 9; y se encuentran pequeñas áreas con suelos de la Unidad Cartográfica 3 y 8 (Figura 2).

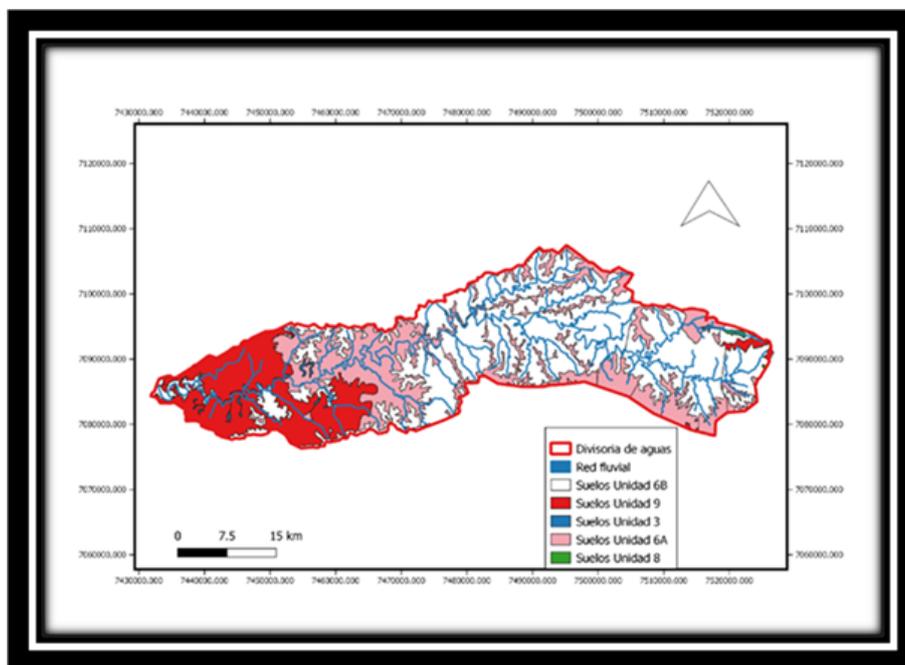


FIGURA 2  
Unidades cartográficas de suelos en la cuenca vertiente del arroyo Piray Miní  
Basada en C.A.R.T.A, 1962

También, se han realizado análisis de imágenes satelitales de la serie temporal 1990-2015 clasificadas para la cuenca en estudio, determinando las variaciones de las superficies de las áreas de protección de cursos de agua cubiertas por bosques nativos, y cultivos agropecuarios y forestales.

Con relación al marco legal, frente a la preocupante disminución de los bienes y servicios ecosistémicos, el Gobierno Provincial sancionó en noviembre de 1.999 la ley provincial XVI – N° 60 (Antes Ley 3631), que crea el área integral de conservación y desarrollo sustentable corredor verde de la Provincia de Misiones de más de 1.000.000 de hectáreas que abarca la mayor parte de la alta y media cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní, y conecta las áreas naturales protegidas de la provincia. La Ley destaca y busca reconocer la importancia que tienen los servicios ambientales que naturalmente ofrecen los bosques de las altas cuencas, tales como: la producción de agua limpia, el mantenimiento de la biodiversidad y la fijación de carbono atmosférico y la contribución al mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores locales.

Cabe señalar, que el artículo 41 de la Constitución Nacional de 1994, establece al derecho de todos los habitantes a desarrollarse en un ambiente sano. La Ley General del Ambiente N° 25.675 de 2002, define los presupuestos mínimos de protección ambiental y establece la necesidad del manejo sustentable de los recursos naturales.

Asimismo, la Ley de presupuestos mínimos Régimen de Gestión Ambiental de Aguas N° 25.668 del 2003, define a la cuenca hídrica como unidad de manejo de los recursos naturales. La Ley Nacional N° 26.331 del 2007 de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, en el artículo 1° establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para: el enriquecimiento, la restauración, la conservación, el aprovechamiento, el manejo sostenible de los bosques nativos y la conservación de los servicios ambientales que estos bosques brindan a la sociedad. En el artículo 5° expresa: Considerense Servicios Ambientales a los beneficios tangibles e intangibles, generados por los ecosistemas del bosque nativo, necesarios para el concierto y supervivencia del sistema natural y biológico en su conjunto, y para mejorar y asegurar la calidad de vida de los habitantes de la Nación beneficiados por los bosques nativos. Entre otros, los principales servicios ambientales que los bosques nativos brindan a la sociedad son: Regulación hídrica; Conservación de la biodiversidad; Conservación del suelo y de la calidad del agua; Fijación de emisiones de gases con efecto invernadero; Contribución a la diversificación y belleza del paisaje; y Defensa de la identidad cultural. El artículo 30 expresa: Créase el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos, con el objeto de compensar a las jurisdicciones que conservan los bosques nativos, por los servicios ambientales que éstos brindan; generando la posibilidad de financiar la conservación de los bosques nativos que brindan los servicios ambientales hidrológicos, mediante la mejora de los trámites administrativos que faciliten los pagos a los propietarios de los predios.

El 29/10/09 fue sancionada por la Legislatura de la provincia de Misiones la ley N° LEY XVI - N° 103 (Antes Ley 4520) que propone regular los pagos por servicios ambientales que generen bosques nativos o plantaciones forestales establecidas.

La Ley provincial de aguas N° Ley XVI – N. ° 15 (Antes Decreto Ley 1838/83), en su artículo 1 establece: Esta Ley y las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten, rigen en la Provincia de Misiones el sistema de estudio, aprovechamiento, conservación y preservación de los recursos hídricos pertenecientes al dominio público. Las aguas pertenecientes al dominio privado quedan sujetas al control y a las restricciones que en interés público establece la Autoridad de Aplicación en ejercicio del poder de policía.

La Ley provincial N° Ley XVI - N° 37 (Antes Ley 3231) de conservación de suelos, en el artículo 9° determina que: Las unidades operacionales de planificación serán las cuencas hidrográficas en sus distintos niveles de magnitud; y en el artículo 12° expresa que: El manejo de las aguas de escurrimiento superficial con la finalidad de evitar la erosión del suelo, deberá realizarse conforme a la ordenación planificada de la cuenca hidrográfica, en forma independiente de los límites catastrales de las propiedades que la constituyan.

La Carta orgánica de la ciudad de Eldorado 2018-2038 (2018), en el subtítulo Gestión ambiental, Artículo 44, determina que “Las políticas de gestión ambiental sobre los recursos naturales deberán efectuarse con el objeto de mitigar los efectos del cambio climático, por cuya razón, en el orden regional o global tenderán a propiciar a integrar al municipio a redes, convenios y normas que rijan sobre la temática mencionada. El municipio, con la participación de los vecinos, instrumenta acciones tendientes a asegurar: La educación ambiental en todas las modalidades y niveles, promoviendo actividades que instrumenten mecanismos de participación comunitaria en la materia y concientizando respecto del rol del ciudadano en el cuidado del medio ambiente”.

Con relación a lo institucional, la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la Universidad Nacional de Misiones es un importante aliado científico tecnológico para el estudio de este ecosistema y su manejo. La FCF mantiene convenios a largo plazo con varias instituciones académicas nacionales e internacionales. Esta institución ha desarrollado dentro de sus áreas de trabajo proyectos de investigación en cuencas hidrográficas de la zona concluyendo siempre en la importancia de la disponibilidad y calidad del agua para la salud de

las personas que habitan las cuencas y para el desarrollo sustentable de la provincia. Una de estas cuencas objeto de estudio es la cuenca del arroyo Piray Miní, considerando que abastece de agua a Eldorado ubicado en la cuenca inferior, y que el bienestar de la población está relacionado con la calidad y la disponibilidad del agua dulce; y la generación actual y las venideras dependen del desarrollo sustentable, siendo el agua pura y abundante el indicador del buen manejo de los recursos naturales.

La gestión ambiental como herramienta de la administración general, nos indica que la planificación, manejo e integración de las cuencas hidrográficas de la provincia, promoverá el desarrollo sustentable; y es preciso que consideremos las cuestiones ambientales en nuestras decisiones y asumamos nuestra condición de administradores ambientales, admitiendo que somos los responsables de incorporar los aspectos ecológicos en los planes y acciones, para posibilitar una gestión socialmente responsable. El concepto de planificación y gestión de las cuencas hidrográficas, es una parte más de toda buena planificación del aprovechamiento y desarrollo sustentable de la tierra. Cuando se llega a la ejecución práctica de dicha planificación, es importante que ésta se aplique a zonas suficientemente homogéneas en cuanto a sus características físicas, económicas y sociales, de modo que ofrezcan una base apropiada para emprender un programa de gestión y ordenamiento territorial. Tal unidad viene proporcionada por la cuenca hidrográfica y cada cuenca funciona como un sistema y la modificación de una parte influye sobre toda la unidad.

El interés que presentaron los actores locales en realizar un manejo sostenible de sus recursos naturales; las estrategias implementadas desde el Gobierno Provincial orientadas a provocar un cambio cultural en la forma de concebir el uso la selva; la política forestal del Gobierno Nacional, que incorpora la temática del pago por servicios ambientales como un componente del Plan Forestal Nacional; y el apoyo de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones para profundizar los proyectos de investigación que realiza en esta importante cuenca hidrográfica, constituyen un contexto que favorecen las acciones para la conservación y restauración de los ecosistemas.

La valoración de los servicios ambientales que suministran los bosques a la cuenca del arroyo Piray Miní, debería considerar su importancia en la regulación del ciclo del agua, en la conservación de la biodiversidad y la fijación de carbono. Uclés Aguilera (2006) manifestó que: La economía ambiental ha desarrollado multitud de sistemas y metodologías de valoración que permiten al menos lograr unos valores aproximativos que 'visibilizan' la utilidad económica de los activos ambientales y sirven para el logro de su sostenibilidad a largo plazo.

Cabe resaltar que los servicios ambientales que brindan los ecosistemas naturales y rurales son cada vez más de vital importancia social, y requieren el diseño e implementación de nuevos esquemas efectivos que promuevan la conservación y la restauración de los sistemas ecológicos ubicados en los predios que integran las cuencas hidrográficas; y los pagos por servicios ambientales han demostrado a nivel mundial su validez para la conservación y restauración hidrológica forestal de las cuencas vertientes.

En una reciente publicación, Salzman James et al (2018) han expresado que “En las últimas décadas se han registrado un aumento considerable en los pagos por servicios ecosistémicos (PSE), con más de 550 programas activos alrededor del mundo y entre 36 a 42 mil millones de dólares estadounidense en transacciones anuales”. Asimismo, Montagnini Florencia et al (2010) han afirmado que “Los pagos por servicios ambientales (PSA) pueden alentar proyectos que mejoren la restauración, la producción y el desarrollo rural”. “Los sistemas de pagos por servicios ambientales (PSA) constituyen una solución novedosa que permite invertir una situación de degradación ambiental mediante la lógica del mercado, y transformar zonas de alto valor y riesgo ambiental a causa de las presiones demográficas en áreas en las que se logre un desarrollo sostenible” (Martínez de Anguita, P. et al 2006).

Como antecedentes teóricos y metodológicos locales, se pueden mencionar los trabajos de investigación: “Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas en la provincia de Misiones” (Martínez Duarte, 2006) y “Evaluación económica ambiental de

alternativas de acción en la cuenca del arroyo Schwelm, Eldorado, Misiones, Argentina” (Martínez Duarte, 2003).

Constituyen también antecedentes teóricos de relevancia para la presente temática, el informe de la consultoría en la que hemos participado, sobre manejo forestal sostenible y comunidad, elaborado para la Secretaría nacional de ambiente y desarrollo sostenible, sobre: “Propuestas de mecanismos de fomento y compensación económica de servicios ambientales derivados de bosques nativos” y “Propuestas para continuación de estudios de caso de cuenca Futaleufú y cuenca Los Pericos - Manantiales” donde se propuso: Realizar estudios de factibilidad para la aplicación de sistemas de pagos por servicios ambientales en la Cuenca Futaleufú y realizar un estudio de factibilidad similar en la cuenca del arroyo Piray Miní, cuya cuenca superior está ubicada en el Bosque Modelo San Pedro, Provincia de Misiones; (Montagnini et al, 2010).

Cabe resaltar que también se llevó a cabo un proyecto de investigación denominado Valoración económica del servicio ambiental hidrológico del bosque nativo en la cuenca del arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones; donde el problema de investigación fue determinar el valor económico que los eldoradenses asignan a los servicios hidrológicos del bosque nativo. El objetivo general del proyecto fue valorar los servicios ambientales hidrológicos que brindan los bosques nativos a la cuenca del arroyo Schwarzenberg, para un proyecto de restauración de los bosques. Los propietarios de tierras y las instituciones, están dispuestos a conservar los bosques nativos remanentes, e inclusive restaurar áreas de bosques protectores de suelo y cursos de agua, requiriéndose para ello del apoyo de la sociedad mediante sus instituciones, principalmente en lo relativo a asesoramiento técnico y financiamiento de los proyectos de conservación y restauración de la cobertura vegetal del suelo. La información que brinda el trabajo puede aportar a la planificación e implementación de acciones para restaurar el ambiente con prácticas hidrológicas y forestales y, especialmente, la conservación y la restauración de la vegetación nativa protectoras del agua y suelo de la vertiente.

Los eldoradenses asignaron un valor monetario de 2.025 pesos por hectárea y por año al servicio ambiental, y se concluyó que sin bosque protector, aumentan el caudal máximo y el estado torrencial de la cuenca. Las familias están dispuestas a pagar por los servicios ambientales hidrológicos que brindan los bosques nativos a la cuenca vertiente; y se recomendó realizar más estudios para diseñar un sistema de pagos por servicios ambientales, considerando que la cuenca hidrográfica del arroyo Schwarzenberg desagua en el arroyo Piray Miní, a poca distancia aguas arriba de la toma del sistema público de abastecimiento de agua de Eldorado (Mantulak et al, 2013).

El objetivo del presente trabajo es analizar la situación de los factores socioeconómicos y ambientales, relacionados a la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní, y proponer un esquema de pagos por servicios ecosistémicos hidrológicos para la conservación y restauración de los ecosistemas.

## DESARROLLO

### Materiales y métodos

Se realizaron análisis de los antecedentes primarios y secundarios, y se desarrollaron entrevistas a personas informantes clave; y las propias reflexiones sobre la temática. El relevamiento de cuencas hidrográficas referenciales fue realizado con el Sistema de Información Geográfica y se ejecutaron inspecciones terrestres.

### Resultados

Se logró caracterizar el estado de conservación de los bosques protectores en la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní, verificándose la existencia en la cuenca media, de extensas superficies continuas de bosques

nativos primarios en diferentes grados de explotación y bosques nativos secundarios en diversas etapas de sucesión ecológica, evidenciándose la necesidad de formular un plan de conservación de la vegetación nativa remanente, la restauración de los bosques protectores de cursos de agua y el enriquecimiento de los bosques nativos degradados.

Las Tablas de la Figura 3 contiene la secuencia anual completa de análisis de la evolución del uso y cobertura sobre suelo 6B exclusivamente, y del total de la cuenca hidrográfica, resaltando el que corresponde al año del mapa; e indicando con tonos claros las áreas transformadas para actividades agropecuarias y con tonalidades oscuras las áreas con bosques. Los sectores ubicados en la cuenca inferior, y al este y sur de la cuenca media y superior, han sido las más afectadas por la transformación de la cobertura protectora boscosa del suelo a usos agropecuarios.

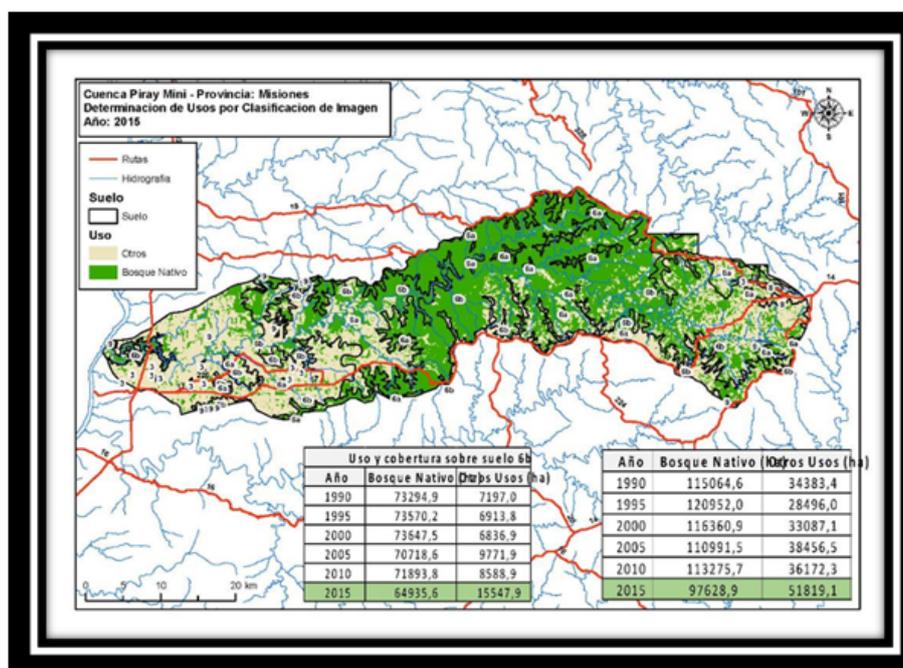


FIGURA 3  
Uso y cobertura de suelos en la cuenca vertiente del arroyo Piray Mini  
Basada en C.A.R.T.A, 1962

El relieve indicado por el porcentaje de pendiente media de la superficie, revela que las pendientes son superiores al 20 % en sectores de la alta y media cuenca principalmente; significando que los bosques nativos que cubren estas áreas, con suelos de la unidad cartográfica 6 B y los bosques ribereños de la red fluvial, deberán ser conservados y restaurados como bosques protectores.

Los suelos de la cuenca hidrográfica son: En un 60,75 % de la superficie total, pedregosos e inclinados, sobre bases basálticas, moderadamente profundas y profundas. El 20,91 % de la superficie de la cuenca está constituida por suelos pedregosos, sobre base basáltica, casi planos con pendientes variables pero poco pronunciadas; de libre drenaje. Los suelos de superficies onduladas sobre basaltos, muy profundos de libre drenaje abarcan un área de 27.125 hectáreas (18,34 %) predominante en la zona inferior de la cuenca.

Los propietarios de tierras y las instituciones, están dispuestos a conservar los bosques nativos remanentes, e inclusive restaurar áreas de bosques protectores de suelo y cursos de agua, requiriéndose para ello del apoyo de la sociedad mediante sus instituciones, principalmente en lo relativo a asesoramiento técnico y financiamiento de los proyectos de conservación y restauración de la cobertura vegetal del suelo, mediante los esquemas de pagos por servicios ecosistémicos y otras modalidades de compensación.

Con relación a Eldorado, es el municipio más grande en la zona norte de Misiones en cuanto a la actividad comercial, radicación de industrias, establecimientos comerciales variados, infraestructura en salud,

educación, justicia, bancos, entre otras. Según el Censo 2.010, la población del departamento de Eldorado es de 78.152 personas. Según el Sistema de Información Foresto-Industrial Provincial – SIFIP, Ministerio del Agro y la Producción, 2010: El Departamento de Eldorado tiene 53.424 hectáreas reforestadas con: 49.694 hectáreas de coníferas, 2.488 hectáreas de Eucalipto y 1.242 con otras latifoliadas. El organigrama municipal incluye la Dirección de Medio Ambiente, dependiente de la Secretaría de Acción Social y Medio Ambiente.

Con respecto al agua potable, el casco urbano se abastece por medio de la planta potabilizadora de agua de la Cooperativa de Electricidad de Eldorado Ltda., prestadora del servicio. En barrios más alejados el suministro de agua se realiza a través de pozos perforados. Los residuos sólidos urbanos, son recolectados y transportados a la estación de transferencia existente en el basural municipal, para luego ser trasladados al relleno sanitario de Aguas Blancas en el municipio de Caraguatay. Sólo una parte de la basura es transferida al relleno sanitario y el resto es depositado a cielo abierto junto con los residuos de los otros municipios que se depositan en este lugar.

La gestión de los residuos considerados peligrosos queda en manos de las empresas y no está disponible mayor información sobre los mismos. Los residuos biopatológicos son recolectados por una empresa prestadora de este servicio y son trasladados al relleno sanitario de Fachinal en el sur de la provincia de Misiones.

En la Figura 4 se indica la ubicación relativa del basural a cielo abierto del municipio de Eldorado, en la alta subcuenca del arroyo Faubel afluente que desagua aguas arriba de la toma de agua de la ciudad en el arroyo Piray Mini, y también indica la ubicación de la cuenca del arroyo Schwarzenberg de aproximadamente 955 hectáreas, que también desagua en el arroyo Piray Mini a aproximadamente 4.751 metros aguas arriba de la toma del sistema público que abastece de agua a los pobladores de la ciudad de Eldorado.

Estos arroyos tienen un régimen hidrológico irregular y sus aguas están contaminadas por: desagües cloacales, otros efluentes provenientes de las actividades antrópicas como estaciones de servicios, talleres, lavaderos de autos, y sedimentos provenientes de la erosión del suelo.

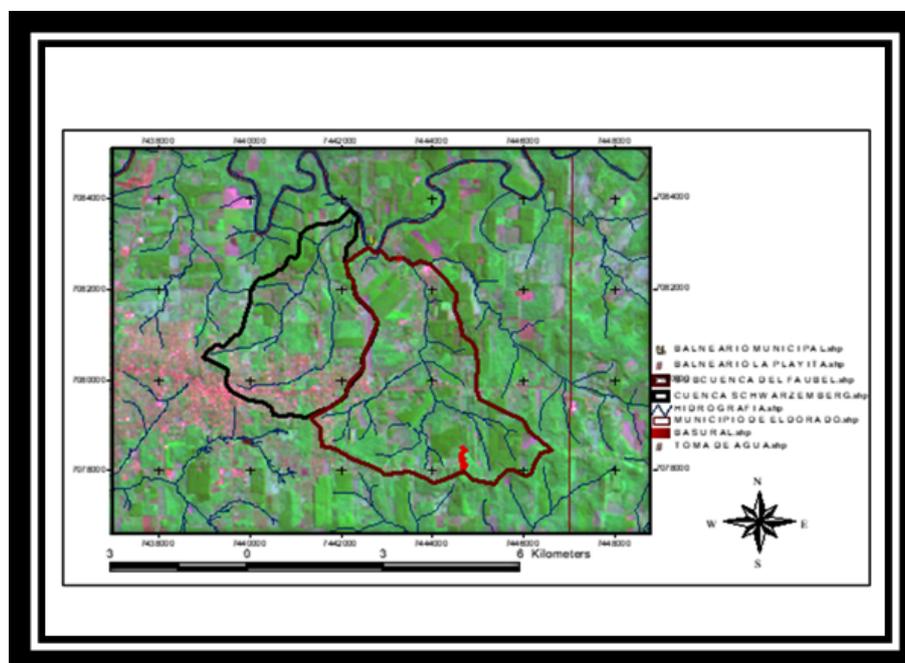


FIGURA 4  
Ubicación de la cuenca del arroyo Faubel y Schwarzenberg  
Elaboración basada en imagen satelital Landsat

Un referente clave entrevistado manifestó que: “En el municipio falta cultura, falta incentivo de docencia, falta saber lo grave que es una contaminación, el tiempo que lleva la degradación de un contaminante, y eso

hace que la gente tire los residuos en el ambiente y no junte la basura”. “Y con relación al agua, justamente al faltar la conciencia, la persona ciudadano de Eldorado no cuida su ambiente, y sobre todo las cuencas como el Schwarzenberg y el Faubel. Menos mal que el Pomar no desagua en el Piray Miní, porque ahí sí que sería desastroso, porque toda la contaminación cloacal de Eldorado va al Pomar. Entonces falta concientización, es terrible. Hoy, por más que haya ordenanzas, si no se capacita o se enseña a la gente y no le cambies la conciencia, no sirve de nada. Porque vas a ver tantas multas que va a ser incobrable”. “Hay que resolver los problemas de fondo, corregir las causas que generan la contaminación, porque los remedios, como la potabilización del agua, cada vez son más caros y a veces ya no alcanzan”.

“Estaríamos dispuestos a la integración interinstitucional para abordar estos temas socioambientales, porque es la vía para la búsqueda de soluciones en nuestra relación con el ambiente y de sus consecuencias”.

Analizando esta situación y revisando los antecedentes con una persona de Eldorado quién es Ingeniero Hidráulico, surge que el arroyo Piray Miní tiene problemas en la calidad del agua, que se puede corregir con la implementación de acciones incluidas en un Plan de Ordenación de la cuenca vertiente con el objetivo de mejorar el régimen hidrológico. Además está la posibilidad de construir pequeñas represas que sirvan de reservorios de agua para los meses de menor caudal del verano. Se considera, entonces, que la mejor alternativa es implementar un plan de restauración hidrológica forestal incluyendo la implementación de reservorios de agua. También, la alternativa mencionada redundaría en la mejora tanto de la calidad ambiental de la cuenca hidrográfica como de los modos de relación de los eldoradenses con el ambiente.

Con relación a la educación, el municipio de Eldorado cuenta con 62 centros educativos comunes con oferta de educación inicial, primaria y secundaria. La Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de Misiones, ofrece carreras de grado y de posgrado.

En la ciudad, el agua para consumo domiciliario diario proviene de la red de agua potable gestionada por la Cooperativa de Electricidad de Eldorado Ltda., y la mayor parte de la población se encuentra conectada a la red de energía eléctrica de la misma cooperativa.

El diagnóstico efectuado determina la directa relación entre el proceso sociocultural y el ambiente en el municipio de Eldorado. Los colonos principalmente de origen alemán, sus descendientes y los agricultores en general, modificaron la cobertura original del suelo de la cuenca, reemplazando a la selva paranaense por agricultura de cultivos anuales, perennes, ganadería y urbanización. Dicha transformación del uso del suelo fueron efectuados sin aplicar pautas conservacionistas generando impactos negativos sobre el agua, el suelo, la biodiversidad, y sobre la situación socioambiental en general.

El modelo de desarrollo aplicado, es el clásico imperante en la época de la colonización de Eldorado (a partir de 1919) y que básicamente se mantiene en la actualidad, priorizando los beneficios económicos inmediatos sin valorar las externalidades de las acciones aplicadas sobre el ambiente.

Se verificó en el terreno el acelerado deterioro cuali y cuantitativo de la masa boscosa nativa y del medio ambiente en general. Se está realizando agricultura en suelos prohibido expresamente por la Ley provincial de bosques protectores, sobre terrenos no adecuados por: la fuerte pendiente, suelos erosionables, y sin medidas biológicas o estructurales para prevenir la actividad torrencial.

Otra de las graves consecuencias de la actividad torrencial mencionada que se evidencian, son las frecuentes inundaciones y anegamientos que sufren los populosos barrios, especialmente los ubicados en los sectores de menor altura, con relación al nivel del mar, de las cuencas hidrográficas.

Indudablemente el aporte de la Ley 26.331/2008 de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, es significativo; donde se definen, entre otros, que los principales servicios ambientales que los bosques nativos brindan a la sociedad son: Regulación hídrica; conservación del suelo y la calidad del agua; conservación de la biodiversidad; contribución a la diversificación y belleza del paisaje; fijación de emisiones de gases de efecto invernadero y defensa de la identidad cultural. Esta ley considera un sistema de pagos por servicios ambientales en conjunto, es decir promueve la conservación de los bosques nativos para que brinde simultáneamente todos los beneficios detallados anteriormente de manera equitativa sin privilegiar

a unos con relación a los otros. Se considera que esta modalidad de tomar el conjunto de los servicios ambientales, permite un pago adecuado a los dueños de bosques naturales, reforestaciones y otros usos forestales de la tierra, por todos los servicios ambientales que brindan esos ecosistemas; requiriéndose para la implementación más adecuada la redacción de manuales detallados de procedimientos por jurisdicciones, que contengan las especificaciones técnicas, administrativas y legales a aplicar para cada caso particular en cada jurisdicción para la conservación y restauración de los ecosistemas; especificaciones que deben ser actualizados en forma permanente, previéndose que un mismo propietario puede tener en el mismo predio un sector con bosque nativo en conservación y en otra parte en restauración.

Asimismo, es muy importante para la credibilidad y el afianzamiento del sistema, el cumplimiento estricto de los contratos por parte de todos los actores; es decir los pagos en tiempo y forma por parte del Estado que representa a los demandantes o usuarios de los beneficios ambientales, como por parte de los propietarios que representan a los oferentes de los servicios ecosistémicos.

Si bien actualmente los montos a pagar a los propietarios se calculan basados en las superficies de los bosques, los costos de los tratamientos silviculturales requeridos para cada situación deben ser tenidos en cuenta para calcular los pagos necesarios por servicios ambientales para cada uso de la tierra. Es decir, además de las prohibiciones y regulaciones que establece la ley, es necesario compensar adecuadamente a los propietarios por los gastos en que incurren para conservar y restaurar los ecosistemas de sus predios, más un beneficio por los servicios ambientales que proveen a la sociedad.

Por supuesto, cada una de estas actividades deberán estar detallados en los planes de manejo elaborados por el Ingeniero Forestal, o Ingeniero Agrónomo, y una vez aprobados deberán ser evaluados y monitoreados su cumplimiento en el terreno.

Es necesario diseñar e implementar una base de datos unificado de libre acceso al público, con toda la información relacionada con el desarrollo del programa. Estas informaciones deben reflejar los datos significativos para un buen seguimiento del impacto del mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos que se aplica, para facilitar su gestión y su mejora permanente.

En síntesis, se logró caracterizar los factores ambientales y socioeconómicos, y los mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos vigentes en la Argentina; proponiendo la valoración e implementación de un esquema de compensación por los servicios ecosistémicos para la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní.

## CONCLUSION

Analizando la influencia de los factores ecológicos descriptos sobre el estado torrencial del sistema hidrológico, resulta que: El clima favorece la disponibilidad abundante de agua de lluvia y si la escorrentía superficial no es adecuadamente regulada posee la energía suficiente para generar erosión, provocando pérdida de suelos y enturbiando el agua de la red fluvial. Las características del relieve también favorecen la actividad torrencial, fenómeno que es regulado por el factor geológico mediante fallas y diaclasas que facilita el escurrimiento subsuperficial y subterráneo como también por la dureza de las rocas basálticas que resiste la erosión hídrica, pero los suelos son erosionables.

Por lo tanto, podemos afirmar que la cuenca del arroyo Piray Miní posee un estado torrencialmente incipiente, y son principalmente los bosques protectores los que regulan el fenómeno torrencial al brindar a la sociedad los servicios ecosistémicos hidrológicos.

El arroyo Piray Miní tiene la capacidad para seguir proveyendo agua a las personas que integra la población de la ciudad de Eldorado, en la cantidad, regularidad suficiente y la calidad adecuada, a través del sistema público de abastecimiento de agua. Es de vital importancia para la salud y calidad de vida de las personas que las autoridades correspondientes tomen la decisión de seguir utilizando las aguas del arroyo Piray Miní como fuente segura de abastecimiento de agua a la ciudad. Dicha decisión permitirá, además de disponer en

forma regular de agua de buena calidad conocida, desarrollar el sistema cuenca hidrográfica en el marco de los principios de sostenibilidad social, ambiental y económica.

Se ha diagnosticado la existencia de la oferta y la demanda por servicios ecosistémicos hidrológicos, buenas condiciones institucionales y de gobernabilidad en la localidad, como también buenas perspectivas para el desarrollo de capacidades, todas condiciones muy propicias para el desarrollo de un esquema de pagos por servicios ecosistémicos.

El aporte de la Ley 26.331/2008 de presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques nativos, es indudable al establecer las bases para la compensación económica de los servicios ecosistémicos, debiendo ser actualizada y mejorada en forma permanente dado que ya tiene más de 10 años de vigencia. La transparencia administrativa y la buena gobernanza son elementos primordiales para el éxito de los programas de compensación por servicios ecosistémicos.

A pesar de que el marco legal así lo determina, se ha observado en el esquema vigente, que en la implementación de los pagos por servicios ecosistémicos no se consideran adecuadamente las funciones ambientales de los bosques nativos con relación al funcionamiento de las cuencas hidrográficas al que pertenece.

Analizadas las situaciones de los factores socioeconómicos y ambientales, relacionados a la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Miní, y los esquemas de compensación vigentes en la Argentina, se considera que se reúnen las condiciones requeridas para el desarrollo de un esquema de pagos por servicios ecosistémicos, por lo cual se propone: 1) Que las autoridades competentes promuevan la ordenación de la cuenca del arroyo Piray Miní mediante la implementación de un plan con programas de conservación, restauración, saneamiento ambiental y mejora del régimen hidrológico, y fomentar la valoración y el diseño de esquemas de compensación por servicios ecosistémicos, 2) Formular un plan de conservación de la vegetación nativa remanente, la restauración de los bosques protectores de cursos de agua y el enriquecimiento de los bosques nativos degradados, 3) Apoyar a las actividades de investigación y extensión, a fin de profundizar los conocimientos sobre los ecosistemas naturales y los servicios ambientales que brindan a la sociedad, y lograr la conciencia social sobre la importancia vital de estos beneficios ecosistémicos, 4) Que los métodos de valoración para los nuevos diseños de esquemas de compensación por servicios ecosistémicos, cumpliendo con las leyes, se formulen considerando a los ecosistemas como componentes que integran el sistema cuenca hidrográfica, cuya ordenación debe ser promovida para mejorar la calidad ambiental del territorio y el bienestar social, 5) Que el Estado promueva esquemas privados de pagos por servicios ambientales, en que las empresas interesadas en recibir los beneficios de los servicios ambientales pueden aportar financieramente para la promoción de los usos de la tierra que contribuyan a proveer esos servicios. Por ejemplo, la empresa proveedora de agua a la población puede pagar a los propietarios individuales o asociados para la conservación y restauración de bosques ubicados aguas arriba de la toma del servicio público de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Eldorado. Esta institución puede recaudar mensualmente un costo ambiental de los usuarios del agua para invertir en la protección de la cuenca vertiente; y el Estado debe intervenir para ordenar las actividades antrópicas en todo el territorio de la cuenca hidrográfica para evitar los impactos ambientales que anulen o disminuyan los beneficios económicos del servicio ecosistémico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Eibl, B. et al, (2001). Boletín Agrometeorológico Eldorado. Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Período 1985/2001.
- Carta orgánica de la ciudad de Eldorado 2018-2038. Boletín oficial de la Provincia de Misiones, Suplemento N° 14791, Posadas, Misiones, 23 de octubre de 2018.
- C.A.R.T.A. (Compañía Argentina de Relevamientos Topográficos y Aerofotogramétricos). 1962. Mapa edafológico y planialtimétrico de la provincia de Misiones.

- Ley N° Ley XVI – N.º 15 (Antes Decreto Ley 1838/83), Ley provincial de aguas. Digesto Jurídico. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- La Ley provincial N° Ley XVI - N° 37 (Antes Ley 3231) de conservación de suelos. Digesto Jurídico. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- Ley provincial XVI –N° 53 (Antes Ley N° 3.426) de Bosques protectores y fajas ecológicas sancionada el tres de julio de 1.997. Digesto Jurídico. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- Ley provincial XVI – N° 60 (Antes Ley 3631), Área integral de conservación y desarrollo sustentable corredor verde de la Provincia de Misiones, sancionada en noviembre de 1.999. Digesto Jurídico. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- Ley provincial XVI – N° 103 (Antes Ley 4520), Pagos por servicios ambientales que generen los bosques nativos o plantaciones forestales, sancionada en octubre de 2009. Digesto Jurídico. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- Ley Provincial XVI- N° 105. Ordenamiento territorial de los Bosques Nativos de Misiones. Cámara de representantes de la Provincia de Misiones. Recuperado de <https://digestomisiones.gob.ar>
- Martínez Duarte, J.A. (2019) “Estado de conservación de los bosques protectores en la cuenca hidrográfica del arroyo Piray Mini, Misiones, Argentina”. Acta de las 18° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales Eldorado.
- Martínez Duarte, J. A., (2006). Enfoque Sistémico en la Investigación de Cuencas Hidrográficas. Revista científica Visión de Futuro, Año 3, N° 1, Volumen 5, Posadas, Misiones.
- Martínez Duarte, J.A. et al., (2017, 10 de abril). Modos de relación de los eldoradenses con los bosques protectores de cuencas hidrográficas, en el municipio de Eldorado, Misiones. Centro Virtual de información del agua. Recuperado de <https://agua.org.mx/biblioteca/modos-de-relacion-de-los-eldoradenses-con-los-bosques-protectores-de-cuencas-hidrograficas-en-el-municipio-de-eldorado-misiones/>
- Martínez Duarte, J.A. (2006) “Metodología para la formulación y evaluación económica ambiental de planes de ordenación de cuencas hidrográficas de la provincia de Misiones”. Acta de las 12° Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales Eldorado.
- Martínez Duarte, J. A. (2003) “Evaluación Económica Ambiental de Alternativas de Acción en la Cuenca del Arroyo Schwelm”. Acta de las décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales, Eldorado.
- Montagnini, F. et al. (2010) “Propuestas de mecanismos de fomento y compensación económica de servicios ambientales derivados de bosques nativos”. Secretaría de ambiente y desarrollo sostenible de la nación Argentina, Buenos Aires.
- Montagnini, F. et al. (2010) “Payments for Environmental Services in Latin America as a Tool for Restoration and Rural Development”. AMBIO, Volumen 40, N° 3.
- Martínez de Anguita, P. (2006) “Establecimiento de un mecanismo de pago por servicios ambientales sobre un soporte GIS en la cuenca del río Calán, Honduras”. Madrid, España, GeoFocus, N° 7.
- Mantulak, M. et al. (2013). Valoración económica de los servicios ambientales hidrológicos de la vegetación nativa en la cuenca del arroyo Schwarzenberg, Eldorado, Misiones. Revista científica Visión de Futuro, Facultad de Ciencias Económicas (U.Na.M).
- Rodríguez Vagaría, A. et al (2012). Evaluación del efecto de la restauración agro-hidrológica mediante la aplicación del modelo hidrológico GeoQ. Revista RIA-INTA 38 N.º 2. Recuperado de <http://ria.inta.gob.ar/contenido/ria-38-no-2-agosto-2012>
- Salzman, J. et al. (2018) “The global status and trends of Payments for Ecosystem Services” Nature Sustainability, Vol. 1, Marzo 2018. Disponible en <https://nature.com/natsustain>
- Uclés Aguilera, D. (2006). El valor económico del medio ambiente. Revista Ecosistemas. Recuperado de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/187>
- Wanderer, R.J. et al., (1997). Estudio del sistema de abastecimiento público de agua y servicio de cloacas de Eldorado. Grupo de estudios ambientales-Cooperativa de Electricidad de Eldorado.

## RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

*Juan A. Martínez Duarte*

Doctor en administración (Facultad de Ciencias Económicas-UNaM). Magister en ciencias forestales. Profesor asociado regular en Ordenación de cuencas hídricas; y Valoración y diseño de esquemas de compensación por servicios ecosistémicos. Director del proyecto de Investigación Diagnóstico de bosques protectores de la cuenca hidrográfica del Piray Mini. Facultad de Ciencias Forestales-UNaM.