



Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra*

Adalto Moreira Braz ⁺ Patricia Helena Mirandola García ^Δ André Luiz Pinto [†] Eduardo Salinas Chávez [◊] Ivanilton José de Oliveira [^] 

Resumen

Los estudios sobre el manejo de cuencas hidrográficas con enfoque geográfico aún no están ampliamente difundidos, por lo que se presenta en este artículo una propuesta que pretende contribuir con los avances en esta temática, mediante la aplicación de las geotecnologías en el análisis del manejo integrado de la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, en Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Los resultados fueron alcanzados mediante la aplicación de un enfoque sistémico como base del manejo integrado, y por medio de una discusión teórica y técnica sobre el estudio de cuencas hidrográficas. Así, se abordó el manejo de esta cuenca a partir del análisis de las clases de uso del suelo y la evaluación de sus impactos (conforme al manejo del arroyo). También, se analizó la influencia de cada clase de uso del suelo para la conservación de la cuenca, con lo cual se realizaron propuestas para el cambio de uso del suelo y su viabilidad.

Palabras clave: arroyo Lajeado Amarelo, conservación ambiental, cuencas hidrográficas, enfoque sistémico, geotecnologías, manejo, planificación.

Ideas destacadas: artículo de reflexión que aborda el manejo integrado de cuencas hidrográficas con un enfoque geográfico y sistémico. Se presenta una propuesta sobre las contribuciones de las geotecnologías en el caso de la cuenca del arroyo Lajeado Amarelo, en Brasil.



RECIBIDO: 21 DE NOVIEMBRE DE 2018. | EVALUADO: 21 DE FEBRERO DE 2019. | ACEPTADO: 31 DE MAYO DE 2019.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Braz, Adalto Moreira; Mirandola Garcia, Patricia Helena; Pinto, André Luiz; Salinas Chávez, Eduardo; de Oliveira, Ivanilton José. 2020. "Manejo integrado de cuencas hidrográficas: posibilidades y avances en los análisis de uso y cobertura de la tierra." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 29 (1): 69-85. doi: 10.15446/rcdg.v29n1.76232.

* Este artículo es el resultado de la investigación Geotecnologías aplicadas en el análisis de las declaraciones entre el uso, cobertura y manejo de la tierra y la calidad de las aguas superficiales: cuencas hidrográficas de los arroyos Lajeado Amarelo y Ribeirãozinho, Três Lagoas / MS, presentada por Adalto Moreira Braz en el 2017, financiada por CAPES.

⁺ Universidad Federal de Goiás, Goiânia - Brasil. ✉ adaltobraz.geografia@gmail.com - ORCID: 0000-0002-6376-6965.

^Δ Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul - Brasil. ✉ patriciaufmsgeografia@gmail.com - ORCID: 0000-0002-7337-798X.

[†] Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul - Brasil. ✉ andrepintofontanetti@gmail.com - ORCID: 0000-0001-9455-0684.

[◊] Universidad Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul - Brasil. ✉ esalinasc@yahoo.com - ORCID: 0000-0001-6392-4380.

[^] Universidad Federal de Goiás, Goiânia - Brasil. ✉ ivanilton.oliveira@gmail.com - ORCID: 0000-0002-2718-6947.

✉ Correspondencia: Adalto Moreira Braz, calle Riachuelo, 1530 - Setor Samuel Graham, Jataí-GO, 75804-020.

Integrated Management of River Basins: Possibilities and Advances in the Analysis of Land Use and Land Cover

Abstract

Studies on the management of river basins with a geographic approach have not yet been widely disseminated; thus, this paper provides a proposal aimed at contributing to advances in this field, through the applications of geo-technologies to the analysis of the integrated management of the Lajeado Amarelo river basin, in Três Lagoas, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. Results were obtained by applying a systemic approach as the basis of the integrated management, as well as through a theoretical and technical discussion regarding the study of river basins. The management of this particular river basin was addressed on the basis of the analysis of types of land use and the assessment of their impacts (according to the management of the river). The article also analyzes the influence of each type of land use on the conservation of the basin and makes proposals for changing land use and their viability.

Keywords: Lajeado Amarelo river, environmental conservation, river basins, systemic approach, geo-technologies, management, planning.

Main Ideas: Reflection article that addresses the integrated management of river basins with a geographic and systemic approach. It offers a proposal regarding the contributions of geo-technologies in the case of the Lajeado Amarelo river basin in Brazil.

Gestão integrada de bacias hidrográficas: possibilidades e avanços na análise do uso e da cobertura da terra

Resumo

Os estudos sobre a gestão de bacias hidrográficas com abordagem geográfica ainda não estão amplamente difundidos, razão pela qual é apresentada, neste artigo, uma proposta que pretende contribuir com os avanços na temática, mediante a aplicação das geotecnologias na análise da gestão integrada da bacia hidrográfica do arroio Lajeado Amarelo, em Três Lagoas, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Os resultados foram obtidos por meio da aplicação de uma abordagem sistêmica como base da gestão integrada e de uma discussão teórica e técnica sobre o estudo de bacias hidrográficas. Assim, foi abordada a gestão dessa bacia a partir da análise dos tipos de uso do solo e da avaliação de seus impactos (conforme a gestão do arroio). Além disso, foi analisada a influência de cada tipo de uso do solo para conservar a bacia, com isso foram realizadas propostas para mudar o uso do solo e sua viabilidade.

Palavras-chave: arroio Lajeado Amarelo, conservação ambiental, bacias hidrográficas, abordagem sistêmica, geotecnologias, manejo, planejamento.

Ideias destacadas: artigo de reflexão que aborda a gestão integrada de bacias hidrográficas com uma abordagem geográfica e sistêmica. É apresentada uma proposta sobre as contribuições das geotecnologias no caso da bacia do arroio Lajeado Amarelo, Brasil.

Introducción

Desde los inicios de la década de los ochenta del siglo pasado se nota un creciente interés por racionalizar el uso y el manejo de los recursos naturales, principalmente el suelo y el agua, en las cuencas hidrográficas (Guerra y Botelho 1998). Las cuencas hidrográficas y principalmente los cuerpos de agua están sometidos a fuertes modificaciones como resultado de los cambios en el uso y cobertura de la tierra. Antes de la interferencia humana, los sistemas hidrográficos están generalmente en una condición que se aproxima a un estado de equilibrio. Por eso, todas las interferencias deben ser realizadas de manera racional, considerando siempre la conservación de la naturaleza y los recursos naturales, para ello, el manejo de la tierra contribuye con propuestas para la racionalización de los usos, buscando la conservación de las cuencas hidrográficas, principalmente en el medio rural.

El desarrollo de este trabajo se propone contribuir a la discusión en torno al manejo de cuencas hidrográficas, como enfoque para transformar los diversos usos y coberturas de la tierra en actividades productivas sostenibles, minimizando los impactos indeseables y potenciando los positivos, para promover un ordenamiento ambiental sostenible de las cuencas. Se considera por muchos especialistas que el manejo de la tierra puede ser una de las formas de promover la interacción ambiental sostenible de las actividades socioeconómicas, con la naturaleza (y los componentes del subsistema natural), permitiendo el control del equilibrio dinámico de la cantidad y calidad de las aguas, sobre todo las superficiales, pues los flujos pluvial y fluvial generan la alteración de los subsistemas: natural, construido, socioeconómico y productivo. A su vez, esto se refleja en las aguas superficiales, de manera más rápida, y en las aguas subterráneas, más lentamente.

Como afirma Tundisi (2003), la preocupación por la calidad de las aguas refleja bien el grado de desarrollo social de una comunidad y cada día más se nota que el manejo de la tierra es fundamental para el mantenimiento del ciclo hidrológico, la conservación del agua dulce en nuestro planeta, el equilibrio y la calidad ambiental de las cuencas hidrográficas.

La propuesta que aquí presentamos está fundamentada en los trabajos de Fernandes (2010) y Souza y Fernandes (2002), y fue adaptada a partir de lo que los autores consideran como manejo integrado de cuencas hidrográficas. Fernandes (2010), al analizar los propósitos generales del manejo integrado de cuencas hidrográficas, señala que:

[...] las prácticas de manejo integrado de las cuencas hidrográficas trascienden la aún persistente aplicación de técnicas de manejo y conservación de suelos a nivel de propiedades rurales aisladas. [...] Todas estas medidas deben ser planificadas e implantadas, considerando el contexto de las cuencas hidrográficas. En síntesis, el paquete de medidas de manejo integrado de cuencas hidrográficas propuestas, debe adecuar la intervención antrópica a las características biofísicas de estas unidades naturales, bajo una gestión integrada y participativa, buscando minimizar los impactos negativos y garantizar el desarrollo sostenible. (Fernandes 2010, 131; traducción propia)

Las acciones, medidas y técnicas para el manejo de las cuencas hidrográficas, deben considerar tres aspectos básicos: la generación de renta (aspecto económico), la preservación y la recuperación (Fernandes 2010).

La cuenca hidrográfica como unidad de planeación

La adopción de las cuencas hidrográficas como objeto del ordenamiento y la planificación ambiental y territorial, es reconocida por numerosos autores como Botelho e Silva (2014), Braz (2017), Cecílio e Reis (2006), Cohen e Davidson (2011), D'Agostini e Schlindwein (1998), Drake e Hogan (2013), entre otros. Durante varias décadas, estos autores las relacionaron con los estudios de planificación, calidad del agua, análisis ambiental, zonificación, etc. Por eso, pasó a ser una preocupación en este trabajo analizar los conceptos más relevantes sobre la temática, buscando contribuir a la conceptualización teórico-metodológica y práctica sobre lo que es una cuenca hidrográfica, así como su importancia y algunas de sus funciones principales.

La geografía física está familiarizada con la cuenca hidrográfica como unidad espacial desde finales de la década de los sesenta del siglo pasado, cuando Chorley, en 1969, escribió su célebre artículo sobre la cuenca como unidad geomórfica fundamental. Antes, sin embargo, otras contribuciones importantes fueron realizadas por los trabajos de Horton, en 1945, y Strahler, en 1952. Durante las últimas décadas del pasado siglo y las primeras de este la cuenca hidrográfica ha sido, de hecho, incorporada por los profesionales, no solo de la geografía, sino también por gran parte de las llamadas ciencias ambientales como enfoque de estudio; más recientemente, ganó espacio entre las llamadas ciencias exactas y de la tierra (BID 2012; Botelho e Silva 2014;

Chile 2013; Chow, Maidment y Mays 1988; García 2007; OEA 1978; Piedra 2004; Pinto et ál. 1976; Silveira 2009; Tucci y Mendes 2006).

La cuenca hidrográfica debe ser entendida como una unidad básica para el análisis ambiental, ya que permite conocer y evaluar sus diversos componentes y los procesos e interacciones que en ella ocurren. La visión sistémica (Bertalanffy 1975) e integrada del medio ambiente está implícita en la adopción de la cuenca hidrográfica como una unidad fundamental para estos estudios (Botelho e Silva 2014). Otros autores las consideran como sistemas geográficos o geosistemas naturales, constituidos por las relaciones dinámicas que ocurren entre la sociedad y la naturaleza, en el espacio geográfico que ellas ocupan (Chávez, Trombetta y Leal 2018; Christofolletti 1979; Frolova 2007; Lobatón 2009; Rodríguez 2008).

Santos (2004), en su obra sobre teoría y práctica de la planificación ambiental, afirma que la adopción de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación es de reconocimiento difundido en algunas áreas de las ciencias, y esta elección es de aceptación universal. La autora todavía explica que el concepto de cuenca hidrográfica es comúnmente usado en los estudios ambientales y en la planificación territorial:

[...] porque constituye un sistema natural bien delimitado espacialmente, compuesto por un conjunto de tierras topográficamente drenadas por un curso de agua y sus afluentes, donde las interacciones, por lo menos, físicas, están integradas y, por lo tanto, son más fácil de interpretar. (Santos 2004, 40; traducción propia)

Es importante recordar que esta visión de interacciones, elementos y variables integradas está asociada con las definiciones acerca de estudios que adoptan abordajes sistémicos, por lo que este otro motivo es importante para la adopción de la cuenca hidrográfica en los estudios físico-territoriales.

Guerra y Botelho (1998, traducción propia), por su parte, argumentan que la cuenca hidrográfica constituye una unidad natural básica de planificación, donde la acción integradora de las diferentes formas de uso y manejo deben ser vistas bajo la óptica sistémica, en la cual cada componente puede influenciar o ser influenciado por los demás. Al justificar la adopción de la cuenca hidrográfica como unidad de gestión territorial, Tundisi (2003) explica que este objeto trasciende las barreras políticas tradicionales (municipios, estados, países), constituyéndose en una unidad física de gestión, planificación y desarrollo económico y social.

En el caso de la planificación ambiental en cuencas hidrográficas, Rodríguez, Silva y Leal (2011) caracterizan a la cuenca hidrográfica como un sistema ambiental, apoyados en la teoría de los geosistemas (Sochava 1978). Desde el punto de vista de la planificación y de la gestión, la cuenca hidrográfica se caracteriza según Rodríguez, Silva y Leal (2011) por:

- Englobar parte de un conjunto de unidades ambientales homogéneas (paisajes, ecosistemas) o de diversas unidades territoriales.
- Se considera como la unidad más apropiada para el estudio cuantitativo y cualitativo del recurso agua, y los flujos de sedimentos y de nutrientes en la misma.
- Se asume como la unidad preferida para la planificación y la gestión ambiental.

Los autores afirman además que el análisis de la cuenca hidrográfica a partir de una perspectiva sistémica y compleja es válido porque, en el caso de los recursos hídricos, la tarea consiste en comprender y considerar las relaciones del arreglo espaciotemporal del papel del agua como un recurso indispensable en el funcionamiento de la biosfera (Rodríguez, Silva y Leal 2011).

La importancia de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión es dada por ser una unidad geográfica natural con condiciones muy específicas y propias, como son: independencia relativa, límites naturales bien definidos y una dinámica funcional determinada por el intercambio de energía y materia (Drake y Hogan 2013; World Vision 2014). Así, esta proporciona servicios ecosistémicos y disponibilidad de agua dulce, necesarias para el desarrollo de la vida en el planeta y de los sistemas productivos (BID 2012, GWP 2009) y representa, finalmente, un marco en la reflexión teórica más amplio sobre las políticas de gestión de los recursos naturales (Cohen y Davidson 2011; Graefe 2011; Mitchell 1990).

En Brasil la selección de la cuenca hidrográfica como área de trabajo para los estudios ambientales fue asumida en diversos estudios académicos y profesionales, así como en propuestas de planificación oficial como los zoneamientos ecológico-económicos. En el ámbito legal, se concretó su importancia con la Resolución 001/86 del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA 1986) que, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5º, ítem III, declara “[...] definir los límites del área geográfica a ser directa o indirectamente afectada por los impactos, denominada área de influencia del proyecto, considerando, en todos los casos, la cuenca hidrográfica en la que se ubica” (traducción propia). Posteriormente, la llamada

Lei das Águas (Lei n.º 9.433/1997), en su Inciso V del Art. 1º, afirmó que “la cuenca hidrográfica es la unidad territorial para la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos y la actuación en el Sistema Nacional de Recursos Hídricos” (Presidência da Republica 1997; traducción propia).

A partir de esta preocupación relacionada con la protección del medio ambiente, la cuenca hidrográfica se constituye, entonces, en la unidad básica para la ejecución de acciones, orientadas al manejo y conservación de los recursos naturales, mediante el Programa Nacional de Microcuencas Hidrográficas (PNMH), instituido por el Decreto Federal n.º 94.076, del 5 de marzo de 1987 (Machado y Torres 2012; Presidência da Republica 1987).

En Brasil, la Agencia Nacional de Aguas (ANA) es el órgano responsable de los estudios y la gestión de las aguas, y define la cuenca hidrográfica como:

[...] la región compuesta por un territorio y por diversos cursos de agua. De la lluvia que cae en el interior de la cuenca, parte fluye por la superficie y otra parte se infiltra en el suelo. El agua superficial fluye hasta un curso de agua (río principal) o un sistema conectado de cursos de agua (afluentes). Estas aguas normalmente se descargan por medio de una sola desembocadura, ubicada en el punto más bajo de la región. (ANA 2011, 11; traducción propia)

Manejo de la tierra

Para entender la definición y necesidad del manejo, una primera aproximación puede estar relacionada con la propuesta de D'Agostini y Schlindwein (1998), cuando afirman que el propósito del manejo es avanzar en el desarrollo de metodologías de evaluación global de las relaciones que el hombre mantiene con el medio natural (transformándolo en productivo). El enfoque conservacionista está normalmente identificado con estrategias locales de conservación, cuando determinados espacios son tomados o apropiados para ejercer la autoridad sobre las actividades de manejo. Se asocia, además, con la noción más amplia de desarrollo sostenible, en la que el uso productivo de los recursos naturales busca promover el crecimiento económico y fortalecer los modos de vida locales, caminando lado a lado con la conservación de estos recursos para generar beneficios ambientales para las generaciones presentes y futuras (Cunha y Coelho 2012).

El manejo integrado de las cuencas hidrográficas ha sido ampliamente difundido a nivel internacional,

como una importante opción estratégica para el desarrollo rural:

En Brasil, esta perspectiva fue gestada en la primera mitad de los años 80, en experiencias piloto desarrolladas en el estado de Paraná. Hoy, acciones de esta naturaleza vienen ganando importancia, con iniciativas públicas de otros estados como Santa Catarina y Rio Grande do Sul, recibiendo, además, el apoyo de importantes instituciones financieras como el Banco Mundial y el BID. (Silva 1994, 182; traducción propia)

Las características de la agricultura y la ganadería como actividades económicas, por ejemplo, están definidas por condicionantes de orden ambiental y socioeconómico, que interactúan en el espacio agrícola. Por otro lado, las actividades del agricultor no están aisladas, ya que él trabaja con sistemas de producción y su propiedad se inserta en un contexto más amplio, que son las cuencas hidrográficas. Es realmente significativo el porcentaje de las áreas de las cuencas hidrográficas constituidas por espacios rurales, pues las actividades agropecuarias ocupan mayor extensión en el espacio rural brasileño. Los impactos generados por esas actividades son de naturaleza típicamente difusa, pero la utilización de la cuenca hidrográfica como unidad de estudio permite la contextualización de estos problemas, haciendo más fácil la identificación de las áreas con degradación ambiental y el grado de compromiso de la producción presente en determinada cuenca hidrográfica. Así, la cuenca hidrográfica se convierte en la unidad de trabajo ideal para la planificación de la explotación y la conservación, contemplando la integración de los recursos naturales y los aspectos socioeconómicos, dentro de una perspectiva económica y de conservación ambiental (Santana 2003).

A partir del establecimiento espacial de los límites de uso y cobertura de la tierra, estamos de alguna manera proponiendo una planificación para la cuenca hidrográfica, y a partir de la zonificación y establecimiento de estos límites, es posible avanzar y proponer directrices para el uso y conservación de la zona estudiada, consecuentemente, con el manejo integrado de dichas áreas.

Se entiende entonces que el manejo es el acto de usar racionalmente un territorio, optimizando la producción (rural) sin perjudicar el desempeño ambiental y conservando los recursos naturales. Es decir, serían las intervenciones y procedimientos ejecutados en el espacio a ser manejado, con vistas a generar una propuesta superior de planificación ambiental, ya que el manejo del suelo, manejo de la agricultura, manejo de la producción, etc.,

son comúnmente aplicados en un ámbito local y están dirigidos específicamente a un tipo de agricultura, un tipo de suelo, una pequeña porción del terreno, etc. De manera que este es uno de los desafíos emergentes del manejo de las cuencas hidrográficas y de cómo utilizar estas técnicas particulares de forma integrada en las cuencas hidrográficas a partir del abordaje sistémico.

Para superar esta problemática por medio del manejo de la tierra, se debe iniciar planificando las diferentes prácticas de conservación, para los diferentes usos con un enfoque racional, que posibilite conservar los recursos naturales en el ámbito de la cuenca y contribuir directamente a garantizar la calidad de sus aguas. “De ese modo, el manejo de cuencas hidrográficas puede ser entendido, de forma simple, como una estrategia de planificación del uso de los recursos naturales renovables” (Souza, Silva y Días 2012, 286; traducción propia). Para ello, la definición de manejo de cuencas hidrográficas dada por la Sociedad Americana de Ingenieros Forestales como el uso racional de los recursos naturales de una cuenca, buscando producción de agua en cantidad y calidad nos parece muy apropiada (Cecílio y Reis 2006, traducción propia).

Actualmente, en Brasil una definición más elaborada de lo que es el manejo de cuencas hidrográficas se presenta como la administración de los recursos naturales de un área de drenaje, principalmente orientada a la producción y protección del agua, incluyendo el control de la erosión, las inundaciones y la conservación de los aspectos estéticos asociados con la presencia del agua (Cecílio y Reis 2006, traducción propia).

Según Souza, Silva y Días (2012, traducción propia), en la actualidad, la definición de manejo de cuencas hidrográficas pasó a considerar que el sistema de uso de la tierra tiene una relación muy importante dentro del manejo del agua, y es entendido, entonces, como el conjunto de técnicas que se aplican para el análisis, protección, rehabilitación, conservación y uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, con el fin de controlar y conservar el recurso agua proveniente de las mismas.

Machado y Stipp (2003) señalan, por su parte, que el manejo de las cuencas hidrográficas presupone la aplicación de acciones de interés común entre los agricultores (por ejemplo), para facilitar y garantizar el mayor éxito de estos. Así, promueve la conservación del suelo, la recuperación de las áreas erosionadas, la reconstitución de la mata ciliar, la recuperación de las carreteras y la disminución del uso de productos químicos, y garantiza los niveles de producción y la rentabilidad de la

agricultura, junto con la conservación ambiental de la cuenca hidrográfica que posibilita el desarrollo de estas actividades productivas.

Para Gomes (2010), con una visión aplicada en el ámbito de los límites de las cuencas hidrográficas, el manejo pasa necesariamente por la adopción de procedimientos que atiendan a los requisitos de educación, concientización, protección, conservación y adopción de prácticas y técnicas de bajo o nulo impacto ambiental, es decir, que generen el mínimo de pasivos ambientales. En consecuencia, para D’Agostini y Schlindwein (1998), el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas requiere elaborar un instrumento que, concomitantemente, pueda atender mínima y equilibradamente todos los criterios determinantes de la calidad de las relaciones entre el uso de la tierra y el agua, además de incluir el propio sujeto de la acción. Significa esto que un indicador de la adecuación de las relaciones de uso no puede restringirse solamente al análisis de cantidades o magnitudes objetivas, sino que también debe ser capaz de comparar al propio hombre en sus actitudes con el territorio donde habita.

Para Santana (2003, traducción propia) el concepto de manejo integrado de cuencas hidrográficas presupone planificar e implantar las prácticas conservacionistas considerando el contexto de las cuencas y no según sus propiedades aisladas. La unidad de planificación entonces pasa a ser la cuenca hidrográfica. Por tanto, el manejo de cuencas tiene como objetivos básicos: a) hacer compatible la producción con la conservación ambiental y b) concentrar esfuerzos para optimizar el uso a partir del interés de los diferentes actores presentes en la cuenca hidrográfica a ser manejada, a fin de que todas las actividades económicas desarrolladas dentro de esta sean realizadas de forma racional e integralmente (Cecílio y Reis 2006).

En la visión de Fernandes (2010), el manejo debe ser elaborado a partir de propuestas específicas:

La propuesta para el manejo integrado de los recursos naturales a nivel de cuencas hidrográficas se refiere en última instancia al ordenamiento del uso/ocupación del paisaje, observando las aptitudes de cada segmento y su distribución espacial en la respectiva cuenca hidrográfica. Se trata, pues, de una propuesta concreta para el desarrollo sostenible, entendido como el uso múltiple de los recursos naturales y la utilización de los ecosistemas, a partir del análisis de su aptitud, buscando la prevención, corrección y mitigación de los probables impactos ambientales indeseables desde los puntos de vista económico, social y ecológico. (Fernandes 2010, 125; traducción propia)

Este mismo autor sugiere que el manejo debería ser llamado, de manera correcta, manejo del paisaje. De modo que el enfoque principal del manejo es considerar los recursos naturales como integrantes del paisaje en estrecha interacción con sus componentes. El manejo del paisaje implica el uso, cobertura y manejo de la tierra, adecuándolos a las especificidades de cada elemento del paisaje en los aspectos de aptitud múltiple, dinámica hidrológica, posición estratégica e interrelaciones entre los recursos naturales. Para lo cual, la gestión de las cuencas hidrográficas debe estudiar, analizar y evaluar todos los recursos naturales/ambientales de la cuenca y no solo el agua (Souza y Fernandes 2002).

Bertoni y Lombardi Neto (2012), por su parte, al hablar de la conservación de los suelos, entienden por manejo la preocupación en forma de prácticas de conservación del suelo, que evitan su erosión y degradación, principalmente, por la agricultura. Los autores apuntan que la degradación de los suelos por la erosión puede ser controlada a partir de prácticas y medidas de conservación, como son: las de carácter vegetativo, edáfico y mecánicas; la modificación del sistema de cultivo; la construcción de estructuras artificiales; entre otras.

En el ámbito de las cuencas hidrográficas, el agua debe ser el principal elemento a considerar para la elaboración de los planes de manejo y conservación, ya que esta es el principal bien ambiental y social de una cuenca hidrográfica; además, se debe considerar que la principal función de una cuenca hidrográfica es la de producir agua de calidad. Fernandes (2010) señala que las propuestas de manejo integrado de las cuencas hidrográficas deben abarcar tres líneas fundamentales: producción, preservación y recuperación. El equilibrio entre estas es un reflejo concreto de las acciones de desarrollo y producción sostenible a nivel de cuencas hidrográficas; estas acciones y medidas recomendadas deben responder a las características fisicogeográficas y socioeconómicas del área de estudio (Fernandes 2010; Souza y Fernandes 2002).

Al final, cualquier programa de manejo debe generar un análisis espacial de las propuestas de uso, mediante una cartografía integrada aplicada, auxiliada por el uso de los sistemas de información geográfica y la teledetección, para facilitar a estas propuestas la planificación de las actividades a desarrollar (Silva 2014). Por lo tanto, para que sea posible establecer recomendaciones para el manejo de una cuenca hidrográfica es necesario, en primer lugar, identificar las clases de uso y cobertura de la tierra y sus valores funcionales y ambientales. Los primeros

están relacionados con las funciones que cada clase de uso y manejo pueden ofrecer para la cuenca hidrográfica, sean positivos o negativos para su conservación, como un pasto manejado que puede evitar la erosión y al mismo tiempo contribuir a la infiltración del agua por medio de terrazas. Mientras que los valores funcionales son las funciones naturales que cumplen las diversas clases de uso, como la capacidad de la vegetación para proteger los cursos de agua y los manantiales, etc.

Uso, cobertura y manejo de la tierra: el ejemplo de la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo

La cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo está incluida en el municipio de Três Lagoas, en la región este del estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, y posee un área total de 2.571,60 ha (Figura 1).

Para la identificación y cartografía del manejo, fueron de mucha utilidad el empleo de las geotecnologías y actividades de campo. Se utilizaron las imágenes del satélite Landsat-8, sensor OLI fusionado a 15 m en el mapa, imágenes de satélite RapidEye (5 m), la consulta de imágenes de alta resolución disponibles en línea en Google Earth Pro y la verificación de puntos de validación mediante el trabajo de campo (Figura 2).

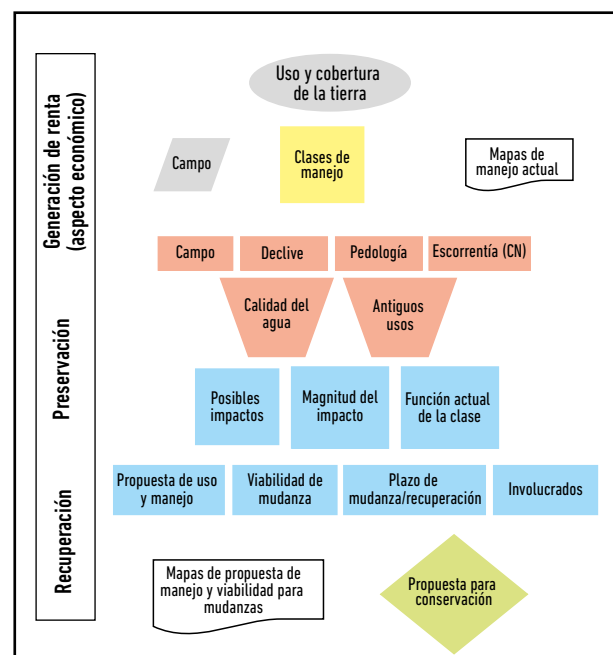


Figura 2. Flujo para las directrices de manejo integrado. Datos: modificado de Braz 2019, 96.

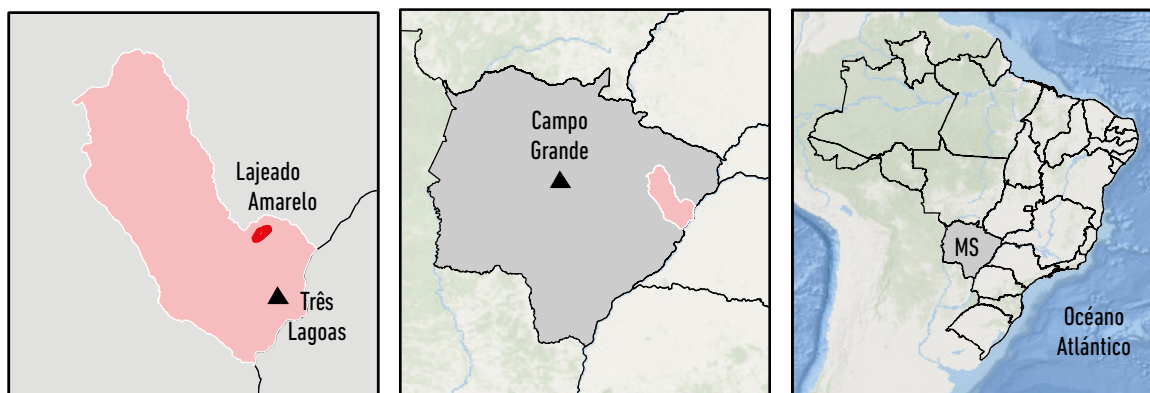
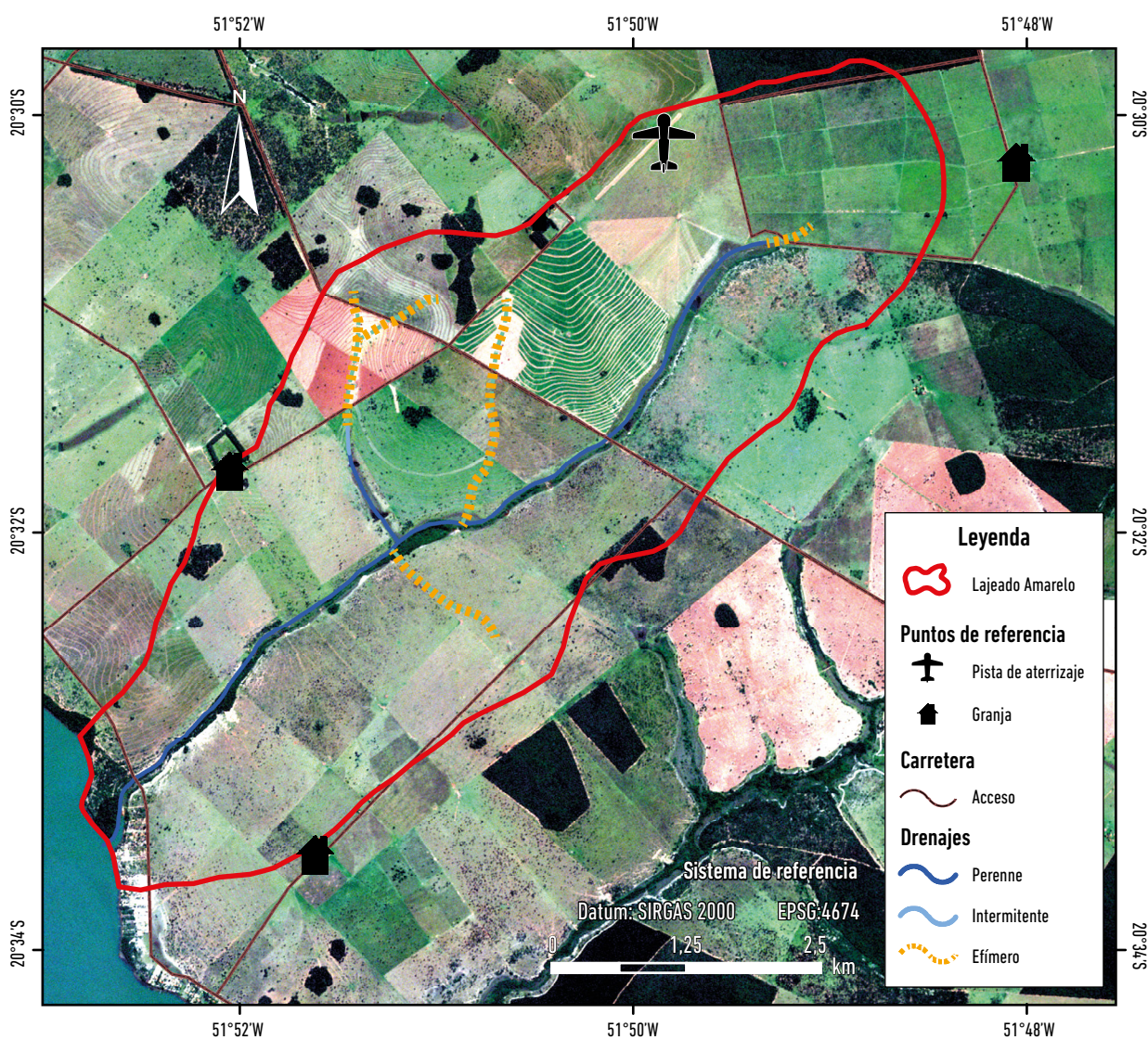


Figura 1. Ubicación de la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, 2015.
 Datos: modificado de Braz 2019, 128.

El mapeo y las tablas elaboradas en cuanto al manejo de la cuenca hidrográfica se basaron en las imágenes de satélite, cartas topográficas, diálogos con los trabajadores de las propiedades rurales con áreas presentes en la cuenca hidrográfica y, principalmente, en las visitas de campo, en las que se observaron las prácticas de manejo desarrolladas en diferentes situaciones, obras de arte (carácter mecánico) en las clases de manejo y también en los locales donde aún no se desarrollan prácticas conservacionistas.

Fueron determinadas clases representativas para cada tipo de manejo o por su falta. Estas clases son representadas cartográficamente y complementadas por tablas, con informaciones más detalladas acerca de cada clase. A partir de eso, la cartografía fue realizada mediante la vectorización de las imágenes de satélite utilizando ArcGIS 10.2. Los procedimientos permitieron la elaboración de mapas y tablas del manejo actual y de las propuestas (prácticas de conservación adecuadas).

En un primer momento se elaboró el mapa de clases de uso y cobertura y de manejo de la tierra (manejo actual, año base 2015) para la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo (Figura 3).

Los pastos son la clase de uso y cobertura de la tierra que ocupa la mayor extensión en la cuenca hidrográfica (con el 66,02%), siendo este uso el de mayor relevancia para la gestión del territorio. Los pastos aparecen en seis variantes de clases de manejo, incluyendo algunas áreas clasificadas como en situación de riesgo (Figura 1). Estas clases de manejo fueron determinadas, utilizando no solo la identificación visual de las imágenes, sino también, con un amplio trabajo de campo, en las estaciones seca y de lluvia, entre 2014 y 2016.

En la Tabla 1, se presentan algunas de las clases de manejo cartografiadas y los respectivos impactos potenciales considerados para cada una de las mismas. Algunas clases de manejo como son: pasto manejado y pasto ralo manejado; poseen prácticas de manejo que contribuyen directamente a la conservación de la cuenca. Sin embargo, todas las otras clases de manejo que involucran el uso del pastoreo no poseen prácticas adecuadas de manejo.

En general, pocas son las clases de uso del suelo en la cuenca que poseen prácticas de manejo y conservación. La silvicultura, los pastos, los embalses, las áreas de suelo expuesto (las áreas degradadas y en situación de riesgo), los campos sucios utilizados como pastoreo

Tabla 1. Ejemplo de clases de manejo cartografiadas en la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo

Descripción	Situación actual	Impactos potenciales
Campo sucio - Reserva legal en recomposición	Antiguas áreas de pastoreo, ahora aisladas y cercadas, con el fin de componer la reserva legal de la propiedad rural. Se encuentra como un campo sucio (pasto alto con vegetación arbustivo-herbácea), que permanece en regeneración natural.	Actualmente está aislado por cercas, en regeneración natural y sin actividades antrópicas. Por lo tanto, no se identificaron impactos potenciales.
Pasto degradado	Pasto con áreas degradadas y suelo expuesto, sea por la capacidad del uso o por la acción del flujo superficial. Incluso en estas condiciones hay un gran flujo de animales. No hay manejo y prácticas de conservación.	Desequilibrio del sistema productivo (ganadería); aumento de la fuerza del flujo superficial; riesgo potencial de erosión y aumento del transporte de sedimentos a las zonas más bajas de la cuenca.
Pasto manejado	Se encuentran curvas de nivel, división de pastos por cuarterones y sistema de enrutamiento del ganado. Se aplican prácticas mecánicas de conservación del suelo cuando es necesario y la renovación de los pastos.	A partir de las prácticas conservacionistas ya aplicadas es posible obtener una significativa reducción de los daños ambientales.
Situación de riesgo	Área de pastoreo fuertemente afectada por el flujo superficial, que presenta una extensión significativa de pasto degradado y manchas de suelo expuesto. El área está en la cabecera de la fuente del afluente del curso de agua principal.	Elevada contribución al transporte de sedimentos hasta la fuente; vulnerabilidad de las aguas; asolvamiento del curso de agua.

Datos: Braz 2017.

Nota: el término reserva legal, previsto en el nuevo Código Forestal Brasileño 12.651 (Presidencia de la República de Brasil 2012) se refiere a un área ubicada en el interior de una propiedad o posesión rural, que tiene como función asegurar el uso económico de los recursos naturales de modo sostenible en el ámbito del inmueble y, sobre todo, conservar y rehabilitar los procesos ecológicos para la promoción de la conservación de la biodiversidad, protección de la fauna silvestre y de la flora nativa.

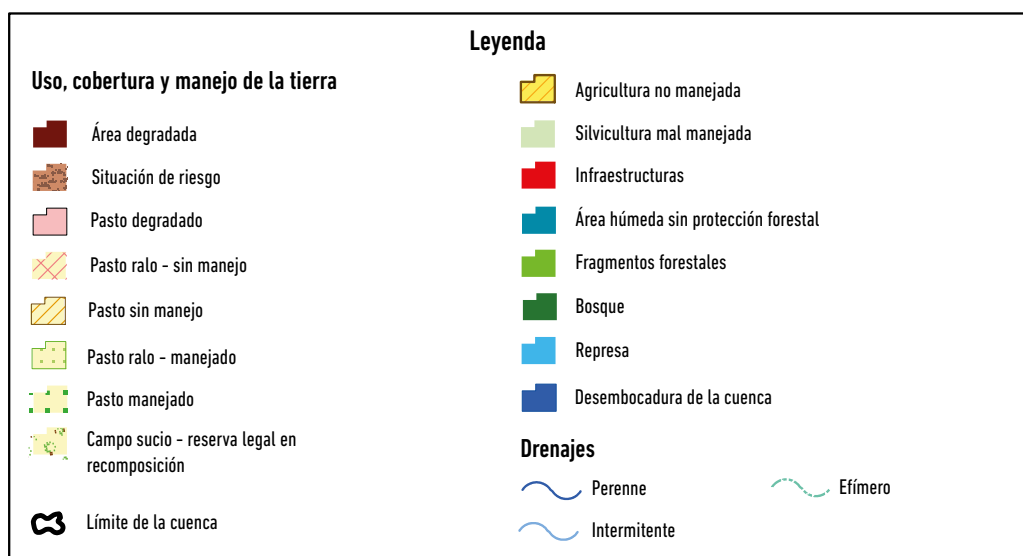
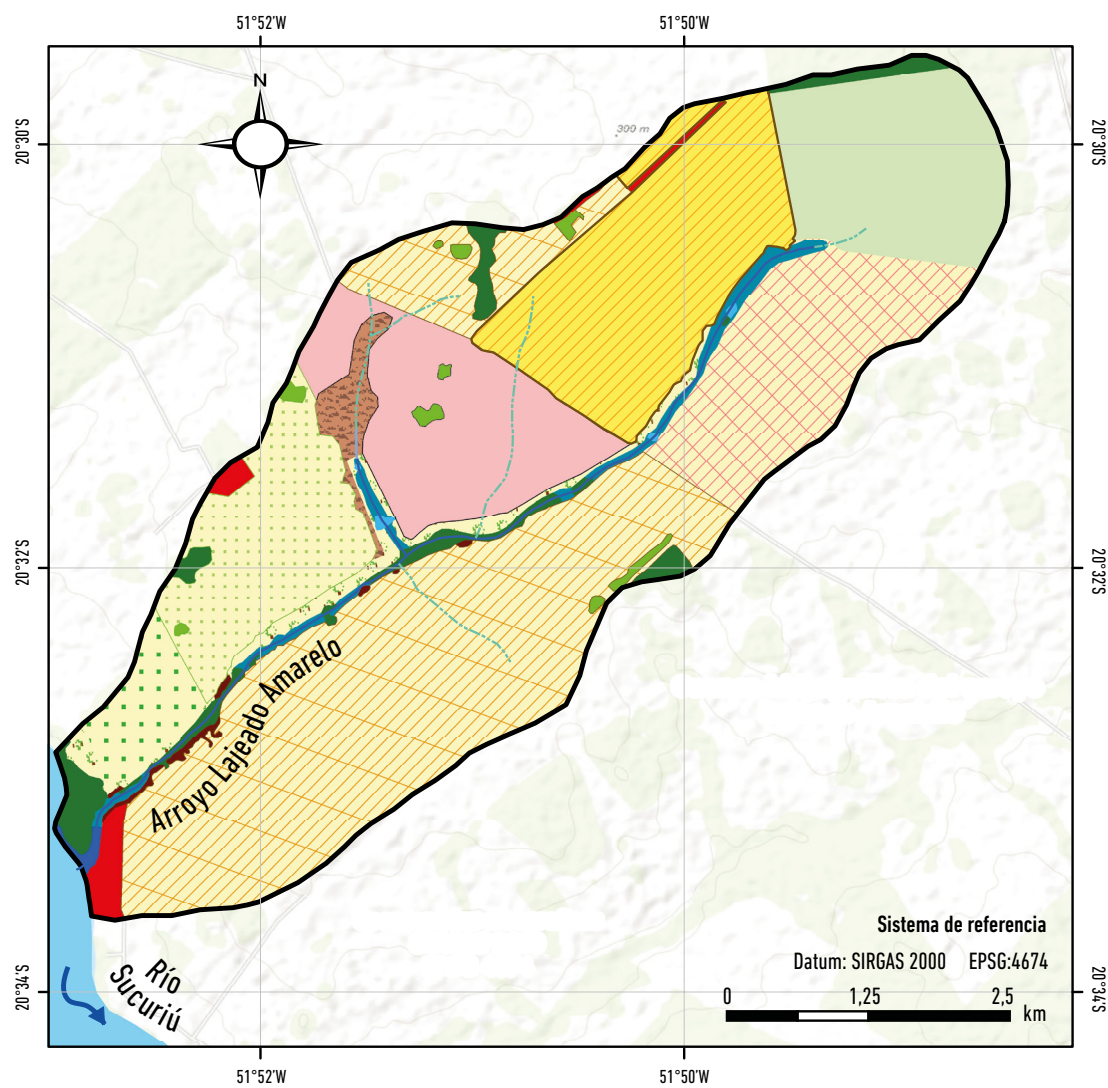


Figura 3. Uso, cobertura y manejo de la tierra en la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, 2015. Datos: modificado de Braz 2017, 132.

y hasta las áreas húmedas, siquiera poseen prácticas mínimas para la conservación.

Por lo tanto, es posible afirmar que son muy pocas las clases de manejo y, en consecuencia, las áreas de la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, en las que se realizan prácticas para la conservación, sea del uso/explotación, sea de un área ambiental. De esta forma, hay que resaltar, nuevamente, la importancia de establecer propuestas y acciones para la conservación de cada una de estas clases, conforme presentaremos a continuación.

Prácticas conservacionistas y directrices ambientales para la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo

Las propuestas y prácticas de conservación para la cuenca del arroyo Lajeado Amarelo que aquí se presentan fueron elaboradas a partir de una amplia revisión bibliográfica y el trabajo de campo. Son señaladas de forma práctica o teórica las técnicas a aplicar para la recuperación de las áreas degradadas, el manejo del suelo, el manejo con fines de conservación (de la cuenca hidrográfica) y la planificación y gestión ambiental, entre otras propuestas. En un segundo momento, las propuestas fueron adaptadas, encuadradas y analizadas de acuerdo con los escenarios y necesidades encontradas en la cuenca hidrográfica objeto de análisis de este trabajo (Figura 4).

Para ello, se tuvieron en cuenta la magnitud y los posibles impactos de cada clase de manejo, la influencia de la clase de manejo para la conservación de la cuenca hidrográfica, la función actual de la clase, el plazo de cambio/recuperación y los involucrados. De esta manera, fue posible establecer, las propuestas de uso y manejo,

divididas en: 1) mantener, 2) modificar parcialmente y 3) modificar integralmente el uso y manejo para determinadas clases. Para la viabilidad de cambio de las clases de manejo, se lanzaron las siguientes opciones: 1) alta, 2) media, 3) baja y 4) mantener.

Considerando el enfoque sistémico para el entendimiento de la cuenca hidrográfica y sus relaciones intrínsecas, las adaptaciones y aplicación de las metodologías utilizadas para el manejo integrado y las prácticas conservacionistas, es necesario considerar que la cuenca hidrográfica es entendida como sistema ambiental y consecuentemente analizada bajo un sesgo holístico (perspectiva sistémica).

Es importante destacar que, a pesar de que las propuestas se dirigen a la conservación de la cuenca en general, las propiedades rurales normalmente son responsables de la aplicación de estas prácticas. Esta es una de las dificultades encontradas para desarrollar medidas a nivel de conservación de cuencas. A partir de esto, hay que pensar en directrices aplicables primero a la escala de las cuencas y, en un segundo momento, que sean adecuadas en el ámbito de las propiedades rurales insertadas en la cuenca hidrográfica.

Finalmente, de acuerdo con Bertoni y Lombardi Neto (2012), se entiende que los trabajos de manejo del suelo y del agua de manera general son derivados de las acciones aisladas a nivel de propiedad rural, y carecen en muchos casos de una visión holística y sistémica para el aprovechamiento integral de los recursos naturales. En este contexto, las cuencas constituyen una unidad ideal para la planificación integrada del manejo de los recursos naturales, considerando la conservación ambiental del territorio, tanto urbano como rural (Tablas 2, 3 y 4).

Tabla 2. Ejemplos de directrices ambientales y propuestas de manejo y conservación para la cuenca del arroyo Lajeado Amarelo

Descripción	Función actual	Magnitud del impacto	Influencia en la conservación	Propuesta de uso y manejo	Viabilidad del cambio	Actores involucrados
Campo sucio - Reserva legal en recomposición	Componer la reserva legal de las propiedades rurales	Bajo	Media influencia	Mantener	Mantener	Propietarios rurales que utilizan el área como reserva legal
Pasto degradado	Cría de ganado (ganadería)	Alto	Sin influencia	Modificar integralmente	Alta	Propietarios rurales
Pasto manejado	Cría de ganado (ganadería)	Medio	Media influencia	Mantener	Mantener	Propietarios rurales
Situación de riesgo	Cría de ganado (ganadería)	Alto	Sin influencia	Modificar integralmente	Alta	Propietarios rurales

Datos: Braz 2017.

Nota: la tabla completa que contiene la situación actual y los impactos potenciales de cada una de las clases de manejo consideradas para la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo pueden ser consultadas en Braz (2017).

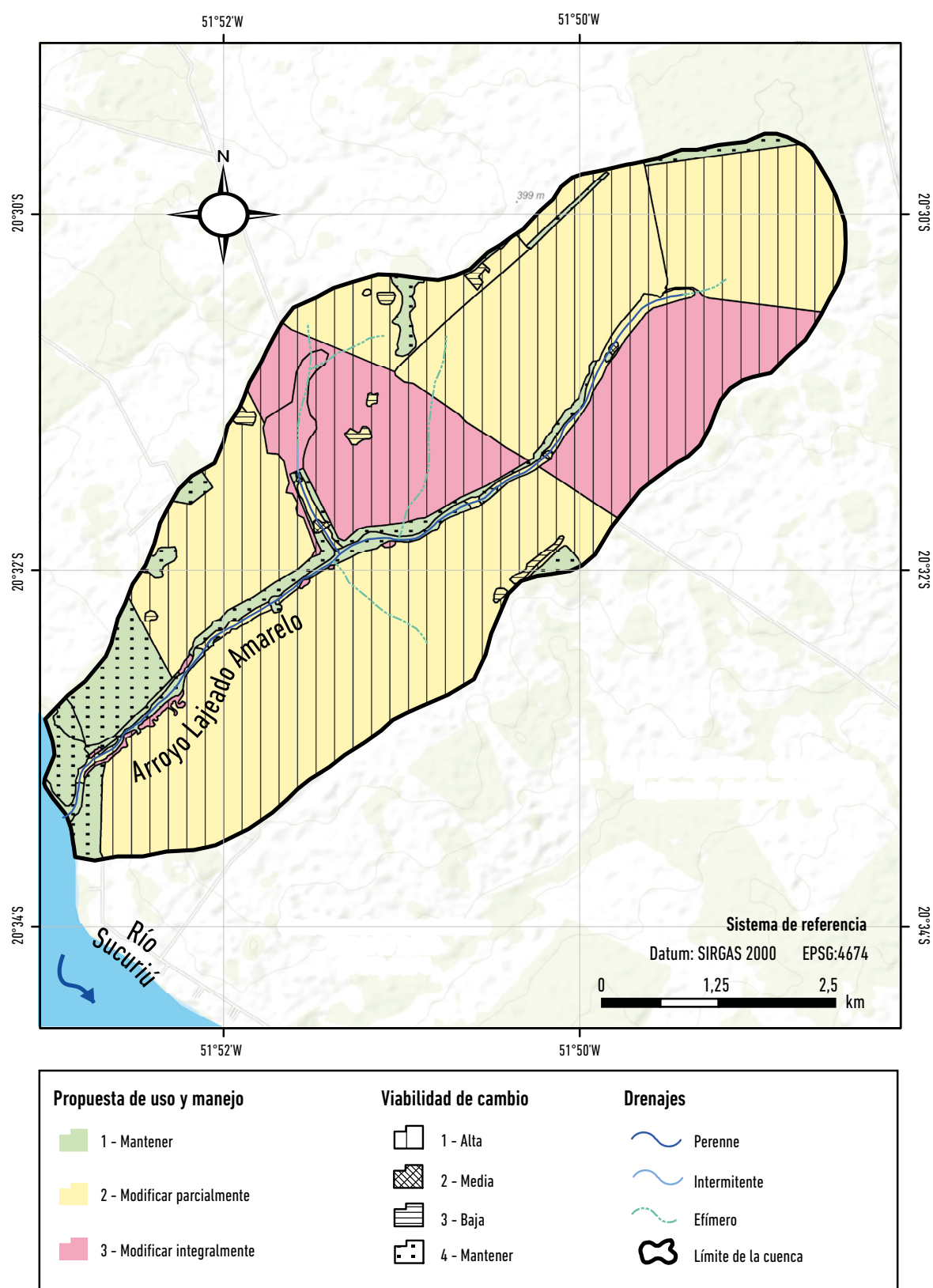


Figura 4. Propuestas de manejo y viabilidad para cambios en la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, 2015. Datos: modificado de Braz 2017, 214.

Tabla 3. Ejemplos de directrices ambientales y propuestas de manejo y conservación para la cuenca del arroyo Lajeado Amarelo - 1

Descripción	Plazo de cambio / Recuperación	Propuesta para la conservación
Campo sucio - Reserva legal, en recomposición	En ejecución	Recomponer el área a partir de la reforestación para acelerar la regeneración de la vegetación, pero esta medida es facultativa, ya que las áreas se están regenerando naturalmente.
Pasto degradado	Largo	Recuperación de toda el área del pastoreo degradado, cuando la implantación de un nuevo pastoreo, arar y preparar el suelo para el preplantío; corrección y fertilización del suelo (si es necesario); periodos de descanso; división por cuartones; construcción de terrazas del tipo <i>magnum</i> (mejor retención del agua); producción de forraje.
Pasto manejado	En ejecución	Mantener las prácticas de manejo del pastoreo. A nivel de continuación se pueden aplicar prácticas de carácter edáfico o de carácter mecánico. Es de gran valor la construcción de terrazas del tipo <i>magnum</i> (retención de agua). También se deben evitar y controlar la quema de los pastizales. Deben ser colocados bebederos en el pasto y evitar que el ganado descienda hasta el arroyo para beber.
Situación de riesgo	Medio	Recuperación de todo el pastoreo degradado, considerada aquí como un área de riesgo. Se recomienda la reforma completa de estos pastos. Cuando la implantación de un nuevo pastoreo, arar y preparar el suelo para la preplantación; si es posible no utilizar fertilizantes, evitando el transporte de estas partículas hasta la fuente; después de la reforma del pastoreo, mantener periodos de descanso; división por piquetes; construcción de terrazas del tipo <i>magnum</i> (mejor retención del agua); producción de forraje. Mantener las áreas más cercanas a la cabecera del curso de agua aisladas y promover su reforestación.

Datos: Braz 2017.

Tabla 4. Ejemplos de directrices ambientales y propuestas de manejo y conservación para la cuenca del arroyo Lajeado Amarelo - 2

Descripción	Consideraciones
Campo sucio - Reserva legal en recomposición	Existe una extensión considerable que forma una franja que bordea los cursos de agua; estos están aislados y en proceso natural de regeneración. La elección para la conversión de los pastos próximos a las áreas de preservación permanente —en adelante, APP— en reserva legal en recomposición es excelente para la conservación de los cursos de agua de la cuenca. A pesar de que solo la margen derecha está beneficiada por esta propuesta, esto muestra un gran avance en el valor ambiental dado a la cuenca por los propietarios rurales responsables de esta elección. El manantial también podría ser una de las zonas beneficiadas por esta propuesta. Es importante resaltar que esta área no es una APP y sí una franja destinada a la reserva legal de las propiedades rurales, que indirectamente acaban por aumentar la extensión de áreas que protegen los cursos de agua.
Pasto degradado	En las áreas de pastos en recuperación se observan a lo largo del tiempo un aumento en el contenido de materia orgánica de los suelos y en la cobertura vegetal del área, que garantizan mejor aprovechamiento del agua y evitan la posibilidad de compactación y de erosión de las áreas de pastizales, además de dificultar la infestación por plantas dañinas. Una vez recuperado el pasto sometido a un manejo adecuado tanto de la planta y del suelo, puede persistir durante décadas, sin necesidad de reformas (Oliveira y Corsi 2005, 21).
Pasto manejado	Los pastos son grandes causantes de la erosión y degradación del suelo. Este es el tipo de uso encontrado en la cuenca que debe involucrar el mayor número de prácticas conservacionistas. Las terrazas son grandes aliados en la conservación de los pastos y del medio ambiente, ya que evitan perjuicios económicos y ambientales. Se debe evitar el exceso de animales para que no se compacte el suelo, para ello es necesario dividir el pasto en cuartones para la rotación de los animales (como ya se está haciendo).
Situación de riesgo	Esta es un área que puede ser usada como ejemplo de los problemas acarreados por la falta de manejo en las clases de uso productivo. Es un área de pastoreo degradada que puede agravar e influir directamente en el transporte de sedimentos hacia el curso de agua y del asolvamiento del manantial; se ha convertido en un área de riesgo para la cuenca. Por lo tanto, debe ser la clase de mayor urgencia en cuanto al manejo e intervención para la conservación ambiental de la cuenca.

Datos: Braz 2017.

Posibilidades alternativas para la planificación ambiental de cuencas hidrográficas: capacidad y desafíos del manejo y la conservación ambiental

Comprender las cuencas hidrográficas como unidades sistémicas es fundamental para proponer medidas y acciones de planificación ambiental y manejo integrado que busquen el ordenamiento del uso de la tierra y la preservación de las aguas, minimizando los impactos causados por las actividades socioeconómicas que en esta se llevan a cabo.

El trabajo aborda una propuesta metodológica alternativa en cuanto al manejo de cuencas hidrográficas desde una perspectiva sistémica, para lo cual utiliza conceptos básicos de la geografía y toma en consideración la metodología propuesta por Fernandes (2010) para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. De esta forma, se busca mantener la producción a partir de los usos de la tierra apropiados para el territorio, pensando siempre en la conservación ambiental a largo plazo, lo que abre nuevos caminos hacia una perspectiva diferente en cuanto al ordenamiento y planificación de las cuencas hidrográficas en procura de su conservación.

Las cuencas hidrográficas están compuestas por diferentes usos de la tierra, determinados por sus características naturales y antrópicas. El uso y la cobertura de la tierra definen de forma directa la dinámica ambiental y la conservación de una cuenca hidrográfica. Pero es incorrecto afirmar que una clase de uso (pastoreo, por ejemplo) ejerce los mismos impactos, porque el manejo diferenciará la manera en que el uso la puede impactar ambientalmente. Las propuestas dirigidas a las cuencas hidrográficas deben incluir la existencia de las propiedades rurales, que pueden ser innumerables, por lo cual la gestión que incluye los diferentes actores involucrados en la cuenca es otra de las limitantes por superar.

Identificar los tipos de problemas ambientales (cambios, impactos, etc.) no es tarea fácil. Sin embargo, es muy necesario para establecer las medidas que puedan revertirlos o al menos minimizarlos. De este modo, será posible avanzar en directrices que contribuyan a una planificación preventiva o estratégica, en el ámbito del manejo integrado de las cuencas hidrográficas.

Uno de los retos observados a lo largo de esta investigación fue la adaptación y la aplicación del concepto de manejo de la tierra y las propuestas de conservación a una cuenca hidrográfica, pasando de la visión local a un sistema ambiental, además de la aplicación de este

enfoque no solo a una variable o a un tipo de agricultura, sino a la cuenca hidrográfica como un sistema y pensando en el manejo de los diferentes componentes y sus interrelaciones. En la cuenca hidrográfica del arroyo Lajeado Amarelo, las áreas que poseen prácticas de manejo ejercen significativa influencia en la calidad de sus aguas superficiales. Por eso, evaluar estos aspectos se convierte en la base para entender la dinámica ambiental de las cuencas.

Pensar en el manejo como una propuesta de conservación para las cuencas hidrográficas y en la calidad de las aguas y su relación con los diversos usos, permitió a los autores reflexionar sobre cómo adaptar una metodología consolidada de manera que sirva, ahora bajo una nueva óptica. El análisis del manejo y la conservación ambiental de la cuenca hidrográfica evidenció la complejidad de la investigación de manejo en las cuencas como sistemas ambientales. La estructura y dinámica de un sistema ambiental es compleja, debido a los flujos de materia y energía resultantes de la interacción de sus componentes.

Aunque la complejidad en la comprensión de un sistema provoque resistencias en el alcance del manejo bajo el enfoque de las cuencas hidrográficas, la propuesta presentó resultados satisfactorios en cuanto a la aplicación del manejo con vistas a la conservación ambiental, demostrando que el manejo puede ser desarrollado como un conjunto de prácticas y directrices adecuadas, en acciones conjuntas, encaminadas más que al ámbito local a la conservación sistémica de la cuenca como un todo. Por ello fueron se propuestas prácticas de protección económica (para algunos tipos de usos y explotación) y ambiental (pensando en la preservación de la cuenca).

La metodología empleada proporciona una mejor comprensión del uso y cobertura de la tierra, su caracterización y completa evaluación en cuanto a la conservación de las cuencas hidrográficas, permitiendo el diagnóstico y pronóstico para cada clase de manejo cartografiada. Por eso, se propone considerar, no solo la comprensión de la dinámica de uso y cobertura de la tierra en la cuenca en cuestión, sino también las diferentes formas de manejo sobre cada clase de uso, pues será el manejo el que diferenciará la magnitud del impacto o la conservación de una cuenca hidrográfica.

En este sentido, el uso de las geotecnologías aseguró la implementación de un banco de datos, compilación y almacenamiento de la información que aseguró la investigación, permitiendo la manipulación, procesamiento,

cartografía, cuantificación de las áreas y análisis de los resultados, todo lo que fue base para las propuestas establecidas para la conservación de la cuenca.

Las directrices para la conservación de cuencas hidrográficas fueron propuestas con base en el conocimiento de campo de la cuenca hidrográfica, experiencias anteriores como la de Braz (2017) y, sobre todo, mediante la elaboración de nuevos productos cartográficos. Las directrices para la conservación aquí propuestas, no son estáticas e inflexibles, al contrario, ellas buscan establecer el equilibrio entre la preservación y la explotación (relación entendida aquí como conservación ambiental) en la cuenca hidrográfica.

Agradecimientos

A la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES) por financiar la investigación de maestría del primer autor a través de becas de estudio, que resultó en las contribuciones para el manejo de cuencas hidrográficas. Los autores también agradecen a la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) y al Programa de Posgrado en Geografía de esta universidad, por la infraestructura y apoyo técnico a lo largo de la duración de esta investigación. Finalmente, los autores agradecen al Ministerio de Medio Ambiente (MMA) de Brasil por facilitar las imágenes del satélite RapidEye, por medio del Geocatálogo.

Referencias

- ANA (Agência Nacional de Água). 2011. "O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?" *Cadernos de capacitação em recursos hídricos*, vol. 1. Brasília: SAG.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2012. *El reto del manejo integrado de cuencas hidrográficas*. Washington: BID.
- Bertalanffy, Ludwig von. 1975. *Teoria Geral dos Sistemas*. Petrópolis: Vozes.
- Berton, José, e Francisco Lombardi Neto. 2012. *Conservação do solo*. 8^{va} ed. San Pablo: Ícone.
- Botelho, Rosângela Garrido Machado, e Antonio Soares Silva. 2014. "Bacia hidrográfica e qualidade ambiental." En *Reflexões sobre a geografia física no Brasil*, organizado por Antônio Carlos Vitte y Antônio José Teixeira Guerra, 153-192. Río de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Braz, Adalto Moreira. 2017. "Geotecnologias aplicadas na análise das implicações entre o uso, cobertura e manejo da terra e a qualidade das águas superficiais: bacias hidrográficas dos córregos Lajeado Amarelo e Ribeirãozinho, Três Lagoas/MS." Tesis de Maestría en Geografía, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- Cecílio, Roberto Avelino, y Edvaldo Fialho Reis. 2006. *Manejo de Bacias Hidrográficas*. (Material didático). Alegre, ES: Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Espírito Santo.
- Chile. 2013. *Guía, análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial*. Santiago de Chile: Ministerio del Interior, Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo.
- Chorley, Richard John, ed. 1969. *Water, Earth and Man: A Synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio-Economic Geography*. Londres: Methuen and Co. Ltd.
- Chow, Ven Te, David R. Maidment, y Larry W. Mays. 1988. *Applied Hydrology*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Christofolletti, Antonio. 1979. *Análise de sistemas em geografia*. San Pablo: Hucitec/Edusp.
- Cohen, Alice, y Seanna Davidson. 2011. "The Watershed Approach: Challenges, Antecedents, and the Transition from Technical Tool to Governance Unit." *Water Alternatives* 4 (1): 1-14.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). 1986. *Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986: Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental*. Consultado el 10 de marzo de 2015. <http://www.ima.al.gov.br/wizard/docs/RESOLU%C3%87%C3%83O%20CONAMA%20N%C2%BA001.1986.pdf>
- Cunha, Luis Henrique Herminio, y Maria Celia Nunes Coelho. 2012. "Política e gestão ambiental." En *A questão ambiental: diferentes abordagens*, organizado por Sandra Baptista Cunha y Antônio José Teixeira Guerra, 43-79. Río de Janeiro: Bertrand Brasil.
- D'Agostini, Luis Rrenato, y Sandro Luis Schlindwein. 1998. *Dialética da avaliação do uso e manejo das terras: da classificação interpretativa a um indicador de sustentabilidade*. Florianópolis: Editora UFSC.
- Drake, Kevin, y Michael Hogan. 2013. *Watershed Management Guidebook: A Guide to Outcome-Based Watershed Management*. Tahoma: Integrated Environmental Restoration Services.
- Fernandes, Maurício Roberto. 2010. *Manejo integrado de bacias Hidrográficas: fundamentos e aplicações*. Belo Horizonte: SMEA/CREA.
- Frolova, Marina. 2007. "El estudio de los paisajes del agua en una cuenca vertiente: propuesta metodológica." *Revista de Estudios Regionales*, no. 83, 21-47.
- García, Jorge Mario. 2007. "Aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integrada de los recursos hídricos. Aproximación al caso cubano." *Voluntad Hidráulica* 99 (45): 18-29.
- Gomes, Marco Antonio Ferreira. 2010. "Manejo de Bacias Hidrográficas em Áreas de Afloramento do Aquífero

- Guarani." En *Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias Hidrográficas: manejo de recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental*, organizado por Marco Antonio Ferreira Gomes y Maria Conceição Peres Young Pessoa, 275-319. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Graefe, Olivier. 2011. "River Basins as a New Environmental Regions? The Depolitization of Water Management." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 14: 24-27. doi: 10.1016/j.sbspro.2011.03.014
- Guerra, Antônio José Teixeira, y Rosângela Garrido Machado Botelho. 1998. "Erosão dos solos." En *Geomorfologia do Brasil*, organizado por Sandra Baptista Cunha e Antônio José Teixeira Guerra, 181-227. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- GWP (Global Water Partnership). 2009. *Manual para la gestión integrada de recursos hídricos en cuencas*. París: GWP-INBO.
- Horton, Robert Elmer. 1945. "Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: A Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology." *Bulletin of The Geological Society of America* 56 (3): 275-370. doi: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:ED OSAT]2.0.CO;2.
- Lobatón, Myriam Susana Barrera. 2009. "Manejo de cuencas hidrográficas durante el siglo XX: un análisis desde la geografía." En *Lecturas en la teoría de la geografía*, editado por Jhon Williams G. Montoya, 233-266. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Machado, Pedro José de Oliveira, y Fillipe Tamiozzo Pereira Torres. 2012. *Introdução à hidrogeografia*. San Pablo: Cengage Learning.
- Machado, Walquíria, y Nilza Aparecida Freres Stipp. 2003. "Caracterização do manejo de solo na Microbacia Hidrográfica do Ribeirão dos Apertados-PR." *Geografia* 12 (2): 45-73.
- Mitchell, Bruce. 1990. *Integrated Water Management: International experiences and perspectives*. Londres: Belhaven Press.
- OEA (Organización de los Estados Americanos). 1978. *Calidad ambiental y desarrollo de cuencas hidrográficas: un modelo para planificación y análisis integrados*. Washington: Secretaría General Organización de los Estados Americanos.
- Oliveira, Patrícia Perondi Anchão, y Moacyr Corsi. 2005. *Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de bovinos*. Circular Técnica 38. São Carlos: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).
- Presidencia de la República de Brasil. 2012. *Decreto-lei nº 12.651, de 25 de mayo de 2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*. Consultado el 6 de noviembre 2014. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm
- Piedra, Julio Iván González. 2004. "El Manejo de Cuencas en Cuba: actualidades y retos." En *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*, compilado por Helena Cotler, 21-40. México: Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (INE-SEMARNAT).
- Pinto, Nelson de Sousa, Antonio Carlos Tatit Holtz, José Augusto Martins, y Francisco Luiz Sibut Gomide. 1976. *Hidrologia básica*. San Pablo: Edgard Blucher.
- Presidência da Republica. 1987. "Decreto nº 94.076, de 05 de março de 1987: Institui o Programa Nacional de Micro Bacias Hidrográficas e dá outras providências." *Diário Oficial* seção 1: 3159. Consultado el 7 de julio de 2015. <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-94076-5-marco-1987-444426-publicacaooriginal-1-pe.html>
- Presidência da Republica. 1997. "Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997." Consultado el 7 de julio de 2015. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm
- Rodríguez, José Manuel Mateo. 2008. "Fundamentación teórico-metodológica." En *Estructura geográfico-ambiental y sostenibilidad de cuencas hidrográficas urbanizadas*, organizado por José Manuel Mateo, Manuel Bollo Manent e Isabel Valdivia Fernández, 11-20. La Habana: Feliz Varela.
- Rodríguez, José Manuel Mateo, Edson Vicente Silva, y Antonio Cezar Leal. 2011. "Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas." En *Planejamento ambiental e bacias hidrográficas, Tomo 1: Planejamento e gestão de bacias hidrográficas*, organizado por Edson Vicente da Silva, José Manuel Mateo Rodríguez, y Antonio Jeovah de Andrade Meireles, 29-47. Fortaleza: UFC.
- Salinas Chávez, Eduardo, Leticia Roberta Trombeta, y Antonio Cezar Leal. 2018. "Estudo da paisagem aplicado ao planejamento e gestão de bacias hidrográficas." En *Governança da água: das políticas públicas a gestão de conflitos*, organizado por Adriano Severo Figueiró y Claudio Antonio di Mauro, 82-111. Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista (ANAP).
- Santana, Derli Prudente. 2003. *Manejo integrado de bacias hidrográficas*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.
- Santos, Rozely Ferreira. 2004. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. San Pablo: Oficina de Textos.
- Silva, Clécio Azevedo da. 1994. "Manejo integrado em microbacias hidrográficas." *Estudos Sociedade e Agricultura*, no. 3, 182-188.
- Silva, Rui Corrêa da. 2014. *Mecanização e manejo do solo*. São Paulo: Érica.
- Silveira, André L. L. da. 2009. "Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica." En *Hidrologia, ciência e aplicação*, organizado por

- Carlos Eduardo Morelli Tucci, 35-51. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Sochava, Viktor Borisovich. 1978. *Introdução à teoria do geossistema*. Novasibéria, Nauka.
- Souza, Ana Cláudia Medeiros, Márcia Regina Farias da Silva, y Nildo da Silva Dias. 2012. "Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN)." *Irriga* 1 (2): 280-296. doi: 10.15809/irriga.2012v1n01p280.
- Strahler, Arthur Newell. 1952. "Hypsometric (Area-Altitude): Analysis of Erosional Topography." *Geological Society of America Bulletin* 63 (10): 1117-1142. doi: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2.
- Souza, Enio Resende, y Maurício Roberto Fernandes. 2002. "Sub-Bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais." Ponencia presentada en el *III Simpósio de Produção de Gado de Corte*, Viçosa, MG, 30 de mayo al 1 de junio.
- Tucci, Carlos Eduardo Morelli, y Carlos André Mendes. 2006. *Avaliação ambiental integrada da bacia hidrográfica*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Tundisi, José Galizia. 2003. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima.
- World Vision. 2014. *Manual de manejo de cuencas*. Monrovia: World Vision.

Adalto Moreira Braz

Licenciado y maestro en Geografía por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS (Brasil). Estudiante del Doctorado en Geografía de la Universidad Federal de Goiás - UFG (Brasil). Sus intereses investigativos se orientan hacia la geoinformática, la cartografía de paisajes, el turismo y planificación.

Patricia Helena Mirandola Garcia

Doctora en Geografía por la Universidad Federal de Río de Janeiro - UFRJ (Brasil). Profesora adjunta en los cursos de Geografía (grado y posgrado) de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS (Brasil). Coordinadora del Laboratorio de Práctica y Geoprocesamiento (LAPEGEO) y del grupo de investigación de Directrices de Gestión Ambiental y Uso de Geotecnologías (DIGEAGEO), ambos de la UFMS. Sus intereses investigativos se orientan hacia las geotecnologías aplicadas a estudios ambientales, cuencas hidrográficas y planificación ambiental.

André Luiz Pinto

Doctor en Geociencias por la Universidad Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP (Brasil). Profesor asociado en los cursos de Geografía (grado y posgrado) de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS (Brasil). Coordinador del Laboratorio de Monitoreo Ambiental (LAMA) y del grupo de investigación en Planificación y Gestión Ambiental de Mato Grosso do Sul, ambos de la UFMS. Sus intereses investigativos se orientan hacia la planificación y gestión de recursos hídricos, calidad de las aguas, saneamiento y gestión ambiental.

Eduardo Salinas Chávez

Doctor en Geografía y profesor titular en la Universidad de La Habana (Cuba). Profesor visitante extranjero en el Posgrado en Geografía de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS (Brasil). Es integrante del grupo de investigación de Directrices de Gestión Ambiental y Uso de Geotecnologías (DIGEAGEO) de la UFMS. Sus intereses investigativos se orientan hacia los paisajes, la planificación del turismo y el ordenamiento territorial.

Ivanilton José de Oliveira

Doctor en Geografía por la Universidad de São Paulo - USP (Brasil), con posdoctorado por la Universidad de Santiago de Compostela (España). Profesor asociado en el Instituto de Estudios Socioambientales (IESA) de la Universidad Federal de Goiás - UFG (Brasil), donde se desempeña en los cursos de Geografía (graduación y posgrado). Es integrante del grupo de investigación de Cartografía para Escuelas de la UFG. Sus intereses investigativos se orientan hacia la cartografía temática, la cartografía del turismo y la cartografía de paisajes.