

Usos predominantes de la tierra y potencial de recarga de agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil¹

Ericka Vilela

evilela@catie.ac.cr

Francisco Jiménez

CATIE. fjimenez@catie.ac.cr

La cuenca del Gama sufre de problemas causados por la ocupación urbana desordenada en el Distrito Federal y por la actividad agrícola. Los principales problemas son la contaminación de áreas de manantiales hídricos, el uso de pesticidas, la deforestación de áreas de protección permanente y la impermeabilización del suelo. Esos problemas afectan la calidad y la cantidad de agua en los manantiales que abastecen a la población urbana y otros trastornos como erosión y sedimentación de los cuerpos de agua.



Foto: Adla Marques.

¹ Basado en Vilela Pereira, E. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.

Resumen

Se determinaron los usos predominantes de la tierra y el potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama, localizada al suroeste del centro de Brasilia, Brasil. Por medio de imágenes de satélite e información secundaria, se analizó el tipo y extensión de actividades agrícolas, el plan de urbanización del área y la vegetación del Cerrado. El Cerrado conservado representa el 70% de la cuenca, 23% de uso urbano y 7% de uso agrícola. El río Gama abastece un tercio de agua del lago Paranoá; además, la cuenca se ubica en un área de protección ambiental que forma parte de la Reserva de la Biosfera del Cerrado. Los usos agrícolas y urbanos deben ser manejados cuidadosamente para evitar la pérdida de la riqueza genética en las áreas protegidas adyacentes. Las comunidades y el gobierno deben ponerse de acuerdo en cuanto al ordenamiento territorial del área, según la legislación ambiental vigente. El mapa de potencial de recarga natural de agua de la cuenca muestra que las áreas de mayor potencial de recarga hídrica son las que están bajo el uso de la tierra cerrado conservado en pendientes suaves. Se proponen algunas acciones necesarias para el manejo sostenible de la cuenca del río Gama.

Palabras claves: Recursos hídricos; cuencas hidrográficas; uso de la tierra; conservación de aguas; recarga de aguas; abastecimiento de agua; sostenibilidad; Reserva de la Biosfera del Cerrado; río Gama, Brasil.

Summary

Predominant land use and water charge potential in the watershed of the Gama River, Distrito Federal, Brazil. Studies were developed to evaluate the predominant land uses and the potential of natural water recharge in the Gama river basin, located to the southwest of Brasilia, Brazil. By means of satellite images and secondary information, data were collected on the type and extension of agricultural activities, the urbanization plan in the area and the Cerrado vegetation. The river basin occupation is: 70% of conserved Cerrado, 23% of urban use and 7% of agricultural use. The Gama River serves one third of the water entering into the Paranoá Lake; besides, it is located in area of environmental protection within El Cerrado Biosphere Reserve. Urban and agricultural uses must be carefully managed to avoid loss of genetic potential in adjacent protected areas. If water natural recharge potential is to be preserved in the Gama River watershed, local communities and government must get an agreement on the territorial ordering, respecting the existing environmental legislation. The map of the water natural recharge potential in the basin shows that greater hydrologic recharge is got in areas with soft slope and dense vegetation. Some actions are necessary to assure the sustainable management of the Gama river basin.

Keywords: Water resources; watershed; land use; water conservation; water charge; water supply; sustainability; Reserve of the Biosphere of the Cerrado; Gama River, Brazil.

El bioma Cerrado se localiza en el Altiplano Central de Brasil y en cuanto a extensión territorial es el segundo mayor bioma, superado solamente por la Amazonia (Sano y Almeida 1998). La ocupación desordenada de las tierras, baja generación de empleo, deforestación, sedimentación de los cursos de agua y contaminación provocada por fertilizantes, pesticidas, aguas negras y basura forman un conjunto de factores que comprometen la supervivencia de diversas especies del Cerrado. El Distrito

Federal (Brasilia) y su entorno son polos de atracción de emigrantes, por lo que el panorama que se vislumbra es la conversión del Cerrado a una gran región con intervención antrópica y pérdida de ecosistemas y de biodiversidad. Los recursos hídricos (ríos y riachuelos medianos y pequeños) están fuertemente amenazados por esta tendencia (UNESCO 2000).

El río Gama, en cuya cuenca se llevó a cabo esta investigación, es uno de los tributarios principales del sistema hídrico del lago Paranoá que

forma parte del paisaje de Brasilia y donde la población desarrolla actividades de recreación, deporte y turismo. Según la UNESCO (2000), el lago Paranoá y sus tributarios constituyen un corredor acuático entre las tres áreas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado (Parque Nacional de Brasilia, Águas Emendadas, Área de Protección Ambiental Gama-Cabeça de Veado). La cuenca del río Gama forma parte del Área de Protección Ambiental (APA) Gama-Cabeça de Veado. La población de esta APA es

bastante diversa, debido a diferentes concentraciones humanas en las áreas urbanas y rurales y desiguales patrones de ingreso económico, escolaridad, tiempo de residencia y saneamiento público.

La cuenca del Gama sufre de problemas causados por la ocupación urbana desordenada en el Distrito Federal y por la actividad agrícola. Los principales problemas son la contaminación de áreas de manantiales hídricos, el uso de pesticidas, la deforestación de áreas de protección permanente y la impermeabilización del suelo. Esos problemas afectan la calidad y la cantidad de agua en los manantiales que abastecen a la población urbana y otros trastornos como erosión y sedimentación de los cuerpos de agua. Todo esto ocurre a pesar de la Ley Complementar No. 17, del 28/01/97, referente al Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PDOT) (UNESCO 2003).

Los usos de la tierra, su descripción biofísica y socioeconómica y su influencia en la calidad del agua, así como la identificación de zonas de recarga hídrica, son importantes para la planificación y manejo de las zonas de uso y protección del Distrito Federal, con el fin de unir las reservas de la biosfera mediante corredores biológicos. Uno de los objetivos de la conservación de estas áreas es mantener la calidad y cantidad de agua y del ambiente para las generaciones futuras. Por otra parte, la cuenca del río Gama cumple un papel fundamental en la sostenibilidad del lago Paranoá, lo que justificó la realización de este estudio.

Metodología

Se recolectó información relevante sobre el tipo y extensión de actividades agrícolas y sobre el plan de urbanización del área. Se utilizaron imágenes de satélites e información secundaria de diferentes fuentes en



Vista del aeropuerto internacional de Brasilia, cerca del río Cedro

Foto: Adlia Marques.

las bibliotecas de la Universidad de Brasilia y la Secretaría de Urbanización del Gobierno del Distrito Federal.

Para la elaboración de la base de datos cartográficos del área de estudio se utilizaron los archivos vectoriales de las hojas número 153, 164, 168, 170, 184, 185, 186, 200, 201 e 202 del Sistema Cartográfico del Distrito Federal (SICAD), en escala 1:10.000. Los diferentes planos de información fueron identificados y separados mediante el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2@; posteriormente se realizó la intersección de los mismos con el límite de la cuenca del río Gama, a través del procedimiento “clipping” (proceso de extraer un subconjunto de datos de un conjunto mayor).

El mapa de potencial de recarga natural se generó mediante la combinación de los mapas de pendiente, hidrogeología y uso del suelo, utilizando el procedimiento “Spatial Analyst” del SIG Arc

View@. Primero se reclasificaron las pendientes en solamente dos clases (<15% y >15%). Los pesos atribuidos para cada clase de temas utilizados en el procedimiento se presentan en el Cuadro 1.

El potencial de recarga se calculó como la suma algebraica de los pesos asignados a la pendiente, hidrogeología y vegetación y uso del suelo. Posteriormente, los valores de potencial natural de recarga hídrica se agruparon en cuatro clases: a) muy baja: 10, 11, 12; b) baja: 13, 14, 15 y 16; c) mediana: 17, 18, 19 y 20; d) alta: 21, 22 y 23.

Resultados y discusión

Identificación y caracterización de los usos actuales de la tierra predominantes en la cuenca del río Gama

Los usos predominantes de la tierra en la cuenca del río Gama pueden agruparse en a) área agrícola (Vargem Bonita y Córrego da Onça); b) área urbana (Park Way y

Cuadro 1.
Temas, clases y pesos utilizados para la generación del mapa de zonas de recarga hídrica

| Tema | Clase | Peso |
|----------------------------|--|------|
| Pendiente | 0-15% | 8 |
| | >15% | 3 |
| Hidrogeología* | P1 | 6 |
| | P2 | 5 |
| Vegetación y uso del suelo | Urbano | 2 |
| | Agrícola | 3 |
| | Campos limpio y sucio | 7 |
| | Cerrado | 8 |
| | Bosque de galería | 8 |
| | Plantación de <i>Pinus</i> y <i>Eucalyptus</i> | 9 |

* P1 = suelos arenosos con conductividad hidráulica $k_x > 10^{-5}$ m/s
P2 = suelos arcillosos $10^{-5} < k_v < 10^{-6}$ m/s (aguas superficiales con alto riesgo de contaminación)

Fuente: Profesor Elói Campos, especialista en Hidrogeología, Universidad de Brasilia, Brasil. Comunicación personal.

Cuadro 2.
Usos de la tierra en la cuenca del río Gama, Brasil, 2003

| Uso | Área (ha) | Área (%) |
|-----------------------------------|-----------|----------|
| Área de uso agrícola | 971 | 6,53 |
| Área urbana | 3480 | 23,41 |
| Campo limpio y sucio ¹ | 3533 | 23,76 |
| Cerrado | 5660 | 38,07 |
| Cuerpos de agua | 11 | 0,08 |
| Bosque de galería | 1101 | 7,41 |
| Plantación de pino y eucalipto | 112 | 0,76 |
| Total | 14868 | 100 |

¹ Campo limpio: una fitofisonomía predominantemente herbácea, con raros arbustos y ausencia completa de árboles.

Campo sucio: un tipo fisonómico exclusivamente herbáceo-arbustivo, cuyas plantas muchas veces están constituidas por individuos menos desarrollados de las especies arbóreas del cerrado (Sano y Almeida 1998).

Lago Sul); c) plantación de eucalipto y pino y cerrado conservado con sus fisonomías (campos limpio y sucio, bosque de galería y cerrado *sensu strictu*); d) cuerpos de agua (Cuadro 2). Se puede decir que es una cuenca conservada, pues el cerrado conservado representa el 70% del área; un 23% corresponde al uso urbano y solamente 7% es de uso agrícola

(Fig. 1). El río Gama abastece un tercio del agua que alimenta al lago Paranoá y, además, forma parte de un APA que pertenece a la Reserva de la Biosfera del Cerrado; por ello, los usos agrícolas y urbanos deben tener carácter especial y sostenible para evitar la pérdida de material genético de las áreas protegidas. Las comunidades y el gobierno deben

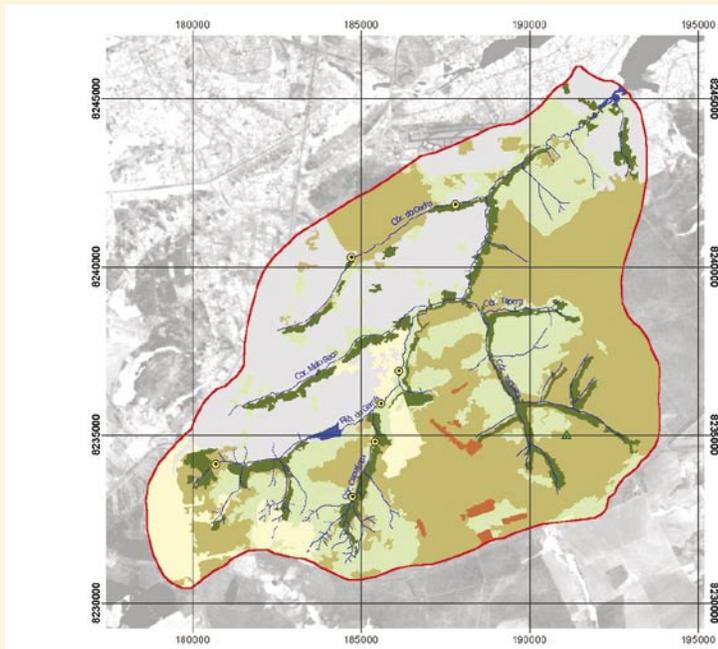
ponerse de acuerdo en cuanto al ordenamiento territorial del área, según lo establece la legislación ambiental y el PDOT.

Descripción del uso agrícola de la tierra en cuanto al manejo de aguas

En el área agrícola predominan las plantaciones de hortalizas; la mayoría de ellas bajo riego por aspersión. El área irrigada es de 310 ha y se emplea agua proveniente de la represa. Los cultivos en invernadero cubren 20 ha y representan una ganancia significativa de productividad con respecto al cultivo convencional a campo abierto. Las hortalizas se cultivan durante todo el año, aunque la producción y calidad disminuyen en la época lluviosa por la variación de la humedad del suelo, la mayor incidencia de plagas y enfermedades y menor eficiencia de los agroquímicos, que son lavados por la lluvia. Esto conlleva a un incremento en el uso de plaguicidas, aunque según los propios agricultores, la cantidad y frecuencia de aplicación corresponden a lo establecido en las especificaciones de los productos; no obstante, no existe ningún control. Además, no se practican técnicas de manejo ni de conservación de suelos y aguas. Por resolución del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), en un APA están prohibidos o regulados los usos y prácticas que puedan causar degradación del ambiente.

Descripción del uso urbano en cuanto al manejo de aguas

La margen izquierda del río Gama se encuentra bajo fuerte presión antrópica por la urbanización y agricultura, áreas de recreación, el aeropuerto y la Base Aérea y la línea ferroviaria. Las nacientes del río Gama son todavía aprovechadas para el abastecimiento público de agua potable a los barrios Núcleo Bandeirante (SMPW) y Lago Sul, por medio de tres represas de nivel (captaciones Catetinho I, II y



- Límite de la cuenca
- Hidrografia
- Lago, laguna, represa
- Punto de toma de muestra de agua
- ▲ Meteorología - IBGE
- Uso de la Tierra**
- Área agrícola
- Área urbana
- Campo
- Cerrado
- Bosque de Galería
- Plantación de eucalipto y pino

Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca Gama, Distrito Federal, Brasil

Nombre:
Érica Vilela

Escala 1: 100.000

Proyección UTM
Base SICAD
Fuente: GreenTec - 2001

Fuente: Vilela (2004)

Figura 1. Mapa de vegetación en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil



Foto: Adlia Marques.

En el área urbana todavía existe vegetación de Cerrado y de bosque de galería

III). Se estima que, en promedio, cerca de 34 l/s son distribuidos a la población después de simple cloración y fluoración.

El área urbana posee normas para la construcción especificadas en el Memorial Descriptivo 119/97, con relativa preocupación ambiental, ya que menciona la prohibición de levantar edificaciones en terrenos en proceso de erosión, inundables o en condiciones geológicas inadecuadas para la urbanización. Sin embargo, las mismas normas otorgan a algunas instituciones la potestad de solucionar tales problemas y, entonces, permitir la construcción. No obstante, como el área se ubica dentro de un APA, tales normas deberían respetar los lineamientos de zonificación ambiental y mencionar el sistema de tratamiento de desechos líquidos y sólidos que se debe utilizar.

Toda la población urbana es abastecida con el sistema de agua tratada y alcantarillada a cargo de la Compañía de Agua y Alcantarillado de Brasilia (CAESB). La población rural no recibe el mismo servicio, sino que se abastece de pozos, lo cual es permitido por la legislación.

Para los desechos líquidos, tanto el área urbana como rural utilizan el sistema de pozos sépticos. Las condiciones hidrogeológicas de la cuenca del río Gama no son favorables a este tipo de estructura. Puesto que la población urbana tiende a aumentar, es importante que haya reglas de construcción de los pozos sépticos, para que estos tengan un digestor anaeróbico que produzca un residuo limpio y estéril, o manejar tales residuos a través de alcantarillados y sistemas de tratamientos desarrollados por la CAESB. Uno de los artículos de la Resolución CONAMA 010/88 indica que en los proyectos de urbanización en un APA, la institución administradora debe implementar un sistema de colecta y tratamiento de aguas negras de manera sostenible, pero esta regla no está en el Memorial Descriptivo.

Descripción del uso de la tierra cerrado en su relación con el recurso hídrico

En el cerrado predominan las formaciones de sabanas, pero ocurren también formaciones forestales. El gradiente de formaciones fisonómicas depende de tres aspectos del sustrato: la fertilidad y concentración de aluminio disponible, la profundidad del suelo y el grado y duración de la saturación hídrica en la capa superficial y sub-superficial (UNESCO 2000).

La vegetación de la zona del cerrado se puede clasificar en dos tipos (Einten 1990): de interflujo y asociada con un curso de agua. La del tipo interflujo está conformada por el Cerrado *sensu stricto* (plantas leñosas, mayoritariamente torcidas, troncos inclinados o a veces paralelos al suelo antes que el extremo distal se vuelva hacia arriba); el bosque mesofítico (en suelos profundos, bien drenados y ricos en nutrientes de los interflujos, generalmente siempreverdes; en suelos superficiales son semidecíduos, y en suelos muy superficiales son completamente decíduos); campos rupes-tre (en picos de sierras de altitudes moderadas de 1000 a 1800 m, con gran número de especies endémicas y fisonomía variable: sabana arbustiva o praderas de campo limpio de gramíneas, vegetación de afloramiento rocoso que ocurre en la superficie de los peñascos).

La vegetación asociada con un curso de agua está conformada por buritizales y veredas y ocurre solamente en los valles donde el suelo permanece inundado; está compuesta básicamente de gramíneas y buritis (*Mauritia flexuosa*) de la familia palmáceas, aunque pueden haber algunos pocos arbustos. **Campo húmedo:** es un campo limpio compuesto de gramíneas, inundado durante la estación lluviosa y reseco en la superficie durante la estación seca; generalmente forma una franja a ambos lados de un bosque de galería o vereda. **Bosques de galería:** vegetación forestal a lo largo de ríos pequeños y ría-

chuelos, de flora bastante variable y muy influenciada por las formaciones vegetales adyacentes (Barbosa *et al.* 1990); esta fisonomía es perennifolia, aun durante la estación seca (Sano y Almeida 1998).

Potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama

El potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama básicamente está en función de los usos de la tierra y las pendientes. La capacidad de recarga va desde muy baja hasta alta (Fig. 2). Las áreas con muy bajo potencial de recarga son las áreas urbanizadas, seguidas por áreas de bosque de galería conservado (bajo potencial) con pendientes acentuadas (>30%). Los bosques de galería conservados con pendientes

de 15-30% y un área de plantación de soja cerca de las nacientes del río Gama presentan un potencial mediano. Las áreas de alto potencial de recarga son el cerrado conservado y las pendientes suaves.

Con base en el potencial de recarga hídrica se pueden conocer algunas de las consecuencias del mal uso de la tierra y la falta de planificación y zonificación ambiental. Algunas de las áreas con bajo y muy bajo potencial de recarga presentan, además, niveles altos de escorrentía y como son áreas deforestadas, se incrementa la sedimentación en los ríos. Por otra parte, muchos sistemas de drenaje de aguas pluviales son construidos de manera inadecuada y acarrear a los ríos partículas de suelo y arena, ya que hay muchas casas en fase de construcción.

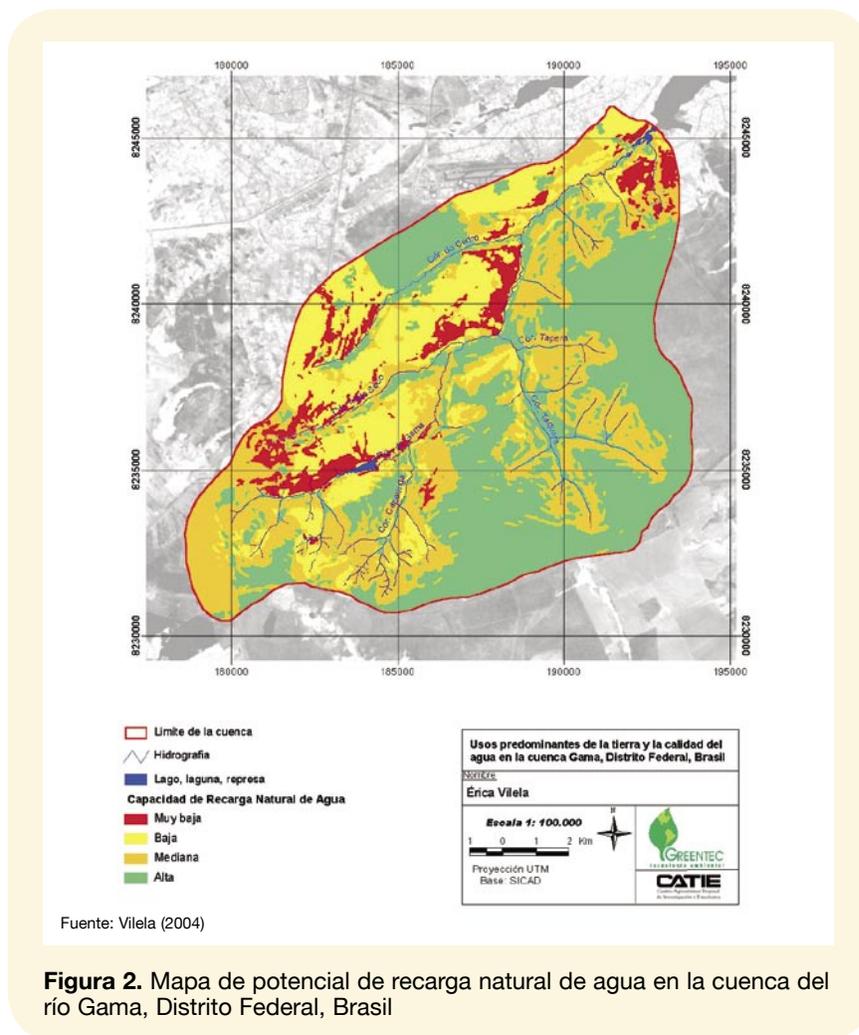


Figura 2. Mapa de potencial de recarga natural de agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil

Cuadro 3.

Cambios en el uso de la tierra (%) en relación al área total del Distrito Federal (581.400 km², 100%)

| Usos de la tierra | 1954 | 1964 | 1973 | 1984 | 1994 | 1998 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cerrado | 34,84 | 34,18 | 30,29 | 18,11 | 17,29 | 9,91 |
| Área agrícola | 0,02 | 0,44 | 6,06 | 20,80 | 36,79 | 46,32 |
| Área urbana | 0,02 | 0,80 | 2,10 | 3,68 | 4,84 | 6,57 |

Cuadro 4.

Promedio de la precipitación y del caudal del río Gama en períodos de cinco años

| Períodos | Caudal (l/s) | Precipitación anual (mm) |
|-----------|--------------|--------------------------|
| 1979-1983 | 5,64 | 1574 |
| 1984-1988 | 2,01 | 1291 |
| 1989-1993 | 2,35 | 1498 |
| 1994-1998 | 2,28 | 1565 |
| 1999-2002 | 1,83 | 1065 |

Los cambios históricos de uso de la tierra en el Distrito Federal (UNESCO 2000), considerando los tres usos principales que tiene la cuenca del río Gama (Cuadro 3), muestran claramente la disminución del cerrado y el crecimiento del área agrícola y del área urbana.

El aumento acelerado del uso agrícola y la reducción del área de cerrado, según lo demuestran los datos de 1984, han afectado las zonas de recarga hídrica y posiblemente son la causa de la reducción del caudal del río Gama (Cuadro 4), ya que tal reducción no puede ser explicada por cambios en la cantidad de lluvia.

Para la futura zonificación ambiental del área, el potencial de recarga natural de agua puede ser un instrumento de gestión que permita orientar los usos vigentes de la tierra, así como impedir la expansión de las áreas urbanas pues las aguas superficiales y subterráneas son de importancia fundamental para cualquier ciudad. La dinámica de formación del paisaje en el Distrito Federal está íntimamente relacionada con los procesos intensivos de urbanización y crecimiento de la ocupación agrícola

que, en conjunto, pueden ser considerados los principales componentes de las transformaciones territoriales y de la reducción del área ocupada por la vegetación de Cerrado. El desarrollo urbano y agrícola alrededor de las áreas protegidas (Parque Nacional de Brasília, Estación Ecológica de Águas Emendadas y APA Gama e Cabeça de Veado) no siempre ha sido planificado y ordenado, lo que favorece el surgimiento de fragmentos aislados de vegetación natural sin conectividad con otras áreas de Cerrado, y compromete el flujo de material genético y la reducción de la biodiversidad.

Estrategias y acciones para mejorar el uso de la tierra y lograr el manejo sostenible de la cuenca del río Gama

El manejo integrado y sostenible de una cuenca hidrográfica debe involucrar la participación de los actores claves. Las propuestas se presentan en forma individual a fin de identificar posibles responsables; sin embargo, deben integrarse e implementarse bajo un enfoque común de manejo y gestión sostenible de la cuenca del río Gama.

- *Reserva Ecológica del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE)*: las investigaciones desarrolladas en la Reserva deben generar información útil para la educación ambiental de las comunidades vecinas.
- *Hacienda Agua Limpa de la Universidad de Brasília (FAL)*: los trabajos de educación ambiental desarrollados por esta institución deben enfocarse en el manejo integrado de cuencas hidrográficas como unidad de planificación, manejo y gestión, de manera que las acciones propuestas y desarrolladas tengan como objetivo no solamente la conservación de la biodiversidad sino también de todos los recursos naturales.
- *Compañía de agua y alcantarillado de Brasília (CAESB)*: esta institución maneja solamente el área de protección de manantiales (APM); es necesario que a su agenda de trabajo se incorpore el enfoque de manejo integrado de cuenca hidrográfica.
- *Administración del Núcleo Bandeirante*: debe considerar la cuenca del río Gama como unidad de gestión y parte de un APA, para que sus acciones en Park Way beneficien a los habitantes dentro de un contexto de sostenibilidad. Además, debe promover la participación de los pobladores en reuniones de los comités y su integración al manejo de la cuenca; por otra parte, debe oponerse a la construcción de urbanizaciones dentro del Área de Protección Permanente (APP) y atender las decisiones del comité de la cuenca.
- *Secretaría de Medio Ambiente y de Recursos Hídricos del Distrito Federal (SEMARH)*: además de capacitar a un mayor número de funcionarios, SEMARH debe formar parte del manejo integrado de la cuenca, aprovechar la información generada por las investigaciones en áreas protegidas y de CAESB, y participar en el comité de la cuenca.

- **Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural (EMATER):** corresponde a esta institución la orientación a todos los finqueros de la cuenca en cuanto a técnicas de conservación del suelo y del agua, promoción de incentivos para la práctica de agricultura conservacionista y facilitar las negociaciones con el gobierno en cuanto a préstamos e impuestos para la adopción de tales técnicas.
- **Comité de habitantes de Park Way:** debe integrarse a las actividades de educación ambiental y cambio de actitud para evitar la degradación de la cuenca y buscar alternativas para el manejo sostenible de la cuenca.
- **Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuaria (INFRAERO):** ya que la construcción de la segunda pista del aeropuerto es inevitable, al menos se debe velar para que el área deforestada sea en el borde más cercano a la primera pista y que no se permita la construcción de gasolineras, tiendas de carros y otros establecimientos que significan mayor deforestación e impermeabilización del suelo y contaminación de las aguas. De igual manera, debe participar en las reuniones de comités donde se deciden las acciones del manejo integrado de la cuenca.

Conclusiones y recomendaciones

- En el área rural se deben establecer actividades de conservación del suelo, evitar el uso de agroquímicos y promover el uso de técnicas avanzadas de agricultura orgánica. En el área urbana se deben identificar las actividades contaminantes y promover la educación ambiental; se debe crear conciencia de que viven en una cuenca importante y en un área de protección ambiental, y que todas las actividades desarrolladas tienen consecuencias que se reflejan en todo el Distrito Federal y el bioma Cerrado.
- El potencial de recarga hídrica en las áreas urbanas y agrícolas



Área del Cerrado conservado, cerca del río Gama

Foto: Adlia Marques.

es bajo o muy bajo, por lo que se debe evitar la impermeabilización del suelo, por un lado, y fomentar la construcción de obras artificiales de recarga hídrica, principalmente en la zona urbana donde el potencial de recarga es muy bajo. El área de protección de manantiales tiene un potencial de recarga hídrica medio, pero si continúa el plan de urbanización en esta área, posiblemente el potencial se reducirá a nivel bajo o muy bajo.

- En este estudio no se pudo identificar evidencias de que el caudal haya disminuido por las actividades antropogénicas, como aumento de la urbanización, agricultura

y disminución del Cerrado. No obstante, la cuenca Gama tiene muchos problemas de erosión e impermeabilización del suelo, lo que puede resultar en la sedimentación de los ríos y consecuentemente disminución del caudal y perjuicio para el lago Paranoá.

- Es necesario un ordenamiento del uso de la tierra, especialmente en el cumplimiento de la legislación referente a la preservación de la franja de 30 m de bosques de galería a cada lado del cauce y de los ríos, así como un programa de recuperación de áreas degradadas para promover corredores terrestres entre las reservas. 🌱

Literatura citada

- Barbosa, LM; Barbosa, JM; Batista, EA; Veronese, SA; Asperti, LM; Bedinelli, X; Belasque, EF. 1990. Ensayos de campo para regeneração de um trecho degradado de mata ciliar. Sao Paulo, Brasil. Revista Oficial da Faculdade de Agronomia e Zootecnia "Manoel Carlos Goncalves" 15: 53-56.
- Einten, G. 1990. Vegetação. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. 9 p.
- Sano, SM; Almeida, SP. 1998. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. Brasília, Brasil. 556 p.
- UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). 2000. Vegetação no Distrito Federal – tempo e espaço. Brasília, Brasil. 74 p.
- . (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). 2003. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama Cabeça-de-Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e conflitos socioambientais. Brasília, Brasil. 171 p.
- Vilela Pereira, E. 2003. Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del río Gama, Distrito Federal, Brasil. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 139 p.