

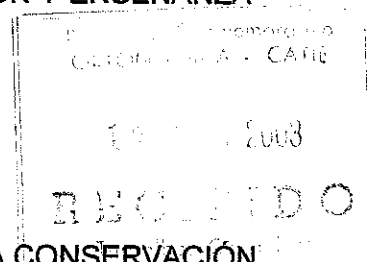
Usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la
Cuenca del Río Gama, Distrito Federal, Brasil

ÉRICA VILELA

103

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

CATIE



PROGRAMA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN

**USOS PREDOMINANTES DE LA TIERRA Y LA CALIDAD DEL
AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GAMA, DISTRITO FEDERAL,
BRASIL**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y como requisito parcial para optar al grado de:

Magister Scientiae

Por:


Érica Vilela

Turrialba, Diciembre de 2003

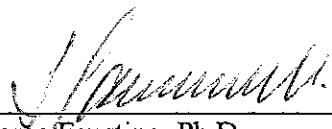
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



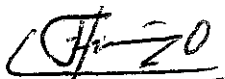
Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Consejero Principal



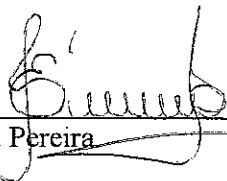
Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Guillermo Navarro, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Erica Vilela Pereira
Candidata

DEDICATORIA

Al Señor Jesús Cristo, a Él todo el honor y toda la gloria para siempre.

AGRADECIMIENTO

A Dios por todo lo que he logrado.

A mi mamá por su apoyo y amor incondicional y fundamental.

A mi papá y a mi hermana Ivana por su apoyo, amor y cariño.

A mi consejero Francisco Jiménez Ph.D., por su dedicación y paciencia.

Al profesor Raimundo Barros Ph.D., por su apoyo y cariño.

Al Comité Asesor: Jorge Faustino, Ph.D., Diego Gómez M.Sc., Guillermo Navarro Ph.D.

A OEA quien a través de sus fondos hizo posible este estudio.

A los profesores Elói Campos y Sergio Velásquez y los amigos de Greentec por el apoyo.

A las amigas Adla Marques y Cristina Araujo por la ayuda.

A los amigos Jacqueline, Mauro, Camila, Neide, Carlos, Vinicius, Gabriela y Patricia por sus oraciones.

A todas las personas que me ayudaron de alguna manera en la realización de este estudio en Brasil y en Costa Rica.

A mis amigos de la promoción 2002-2003.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Al personal de la Biblioteca ORTON, Manejo de Cuencas, Posgrado, Centro de Computo, Cafetería, Club Internacional, Gimnasio, Seguridad y Mantenimiento.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

LISTA DE SIGLAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE CUADROS

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Caracterización del problema.....	1
1.2. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.3. Objetivos.....	6
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1. La cuenca hidrográfica como unidad de ordenamiento y planificación.....	7
2.2. Manejo de la calidad del agua en una cuenca hidrográfica.....	8
2.2.1. El Índice de Calidad de Agua (ICA) y sus parámetros.....	9
2.2.2. Contaminación del agua.....	13
2.2.3. Impactos de la contaminación del agua por actividades agrícolas.....	16
2.2.4. Impactos de la contaminación del agua por actividades urbanas.....	18
2.3. Usos de la tierra y la calidad del agua.....	20
2.4. Uso de la tierra e impacto de la actividad antropogénica en la zona de estudio.....	24
2.5. El efecto del uso de la tierra sobre la cantidad de agua y los caudales.....	27
2.6. El bioma Cerrado.....	31
2.7. El Área de Preservación Ambiental Gama-Cabeça de Veado y la cuenca Gama.....	31
2.8. La legislación y la conservación de los recursos naturales en Brasil.....	33
2.8.1. La Política Nacional de los Recursos Hídricos.....	34
2.8.2. La Política de Recursos Hídricos del Distrito Federal.....	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Descripción del área de estudio.....	37
3.2. Caracterización biofísica.....	39
3.2.1. Metodología de los mapas.....	39
3.3. Caracterización socioeconómica.....	42
3.3.1. Identificación de los usos predominantes actuales de la tierra y principales actividades humanas en la cuenca Gama.....	42
3.4. Monitoreo de la calidad del agua superficial.....	43
3.4.1. Selección de las estaciones de muestreo y frecuencia de monitoreo.....	43
3.4.2. Análisis de la calidad del agua.....	44
3.4.3. Análisis de la información.....	44

3.5. Diseño de alternativas para la toma de decisiones que permitan mejorar el uso de la tierra para que se logre un manejo sostenible de la cuenca Gama, enfocado en la calidad del agua.....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. Caracterización biofísica.....	47
4.1.1. Hidrometeorología.....	47
4.1.2. Geología e Hidrogeología.....	51
4.1.3. Geomorfología.....	53
4.1.4. Suelos.....	57
4.2. Caracterización socioeconómica.....	62
4.2.1. Historia de la ocupación de Brasilia.....	62
4.2.2. Historia de ocupación de la cuenca Gama.....	64
4.2.2.1. Park Way.....	64
4.2.2.2. Vargem Bonita.....	65
4.2.2.3. El Área de Preservación Ambiental Gama Cabeça de Veado.....	66
4.2.3. Caracterización de la población.....	66
4.2.4. La cuestión de la distribución de tierras del Distrito Federal.....	72
4.2.5. Los conflictos de la legislación.....	74
4.2.6. Los conflictos de gestión.....	78
4.2.7. Gestión participativa.....	88
4.3. Identificación y caracterización de los usos actuales predominantes en la cuenca Gama.....	91
4.3.1. Descripción del uso agrícola de la tierra en cuanto al manejo de aguas.....	94
4.3.2. Descripción del uso de la tierra urbano en cuanto al manejo de aguas.....	95
4.3.3. Descripción del uso de la tierra cerrado en cuanto al manejo de aguas.....	96
4.3.4. Potencial de Recarga natural de agua.....	101
4.4. Análisis de calidad del agua en relación al uso de la tierra.....	107
4.4.1. Análisis de la calidad del agua según la Resolución CONAMA 20/86.....	108
4.4.2. Análisis de cada parámetro de la calidad del agua en relación a los usos de la tierra.....	109
4.4.3. Análisis del Índice da Calidad del Agua (ICA) en la cuenca Gama.....	124
4.5. Propuestas de estrategias y acciones que apoyen la toma de decisiones que dirigidas a mejorar el uso de la tierra para que se logre un manejo sostenible de la cuenca Gama.....	125
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	128
6. LITERATURA CITADA.....	131
7. ANEXOS.....	139

LISTA DE FIGURAS

páginas

Figura 1 Mapa de localización.....	38
Figura 2. Promedio mensual de la precipitación y de caudal del Río Gama en el periodo 1979-2002.....	50
Figura 3. Mapa geológico / hidrogeológico.....	52
Figura 4. Mapa geomorfológico.....	55
Figura 5. Mapa de pendiente.....	56
Figura 6. Mapa de suelos.....	61
Figura 7. Las ocho gran cuencas hidrográficas de Brasil.....	63
Figura 8. Interacción de los habitantes con los recursos naturales de la cuenca Gama.....	69
Figura 9. Porcentaje de habitantes de la cuenca Gama que clasifica la basura.....	69
Figura 10. Conciencia ecológica de la población de la zona rural de la cuenca Gama.....	72
Figura 11. Mapa Ambiental.....	82
Figura 12. Mapa Planialtimétrico.....	87
Figura 13. Mapa de Vegetación y Uso de la Tierra.....	93
Figura 14. Mapa de Potencial de Recarga Natural de Agua.....	102
Figura 15. Historia del uso de la tierra en el DF en porcentaje en relación al área total del DF 581400 km ² (100%).....	104
Figura 16. Precipitación anual y caudal de la cuenca Gama, Distrito Federal.....	105
Figura 17. Indicador de coloración del agua según el periodo de muestreo y el uso de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	111
Figura 18. Indicador de pH del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	112
Figura 19. Valores de pH del agua durante el periodo 1978-2003 en la cuenca Gama, Brasil.....	113
Figura 20. Turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	114
Figura 21. Promedio de turbidez del agua durante el periodo 1993-2003, en la cuenca Gama, Brasil.....	115
Figura 22. Hierro soluble del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	116
Figura 23. Sólidos disueltos totales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	118
Figura 24. Nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	120
Figura 25. Coliformes fecales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	122
Figura 26. Promedio del Índice de Calidad del Agua en los usos de la tierra predominantes en la cuenca Gama, Brasil.....	126

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Peso Asignado a cada una de las variables físico-químicas.....	10
Cuadro 2. Temas, clases y respectivos pesos utilizados para la generación del mapa de recarga natural.....	42
Cuadro 3. Datos la historia de la precipitación en la cuenca Gama.....	47
Cuadro 4. Datos de la historia del caudal del Río Gama.....	48
Cuadro 5. Porcentaje y área en hectáreas de cada tipo de suelo en la cuenca Gama.....	59
Cuadro 6. Resultados de la encuesta sobre actividades en la cuenca Gama.....	68
Cuadro 7. Resultado de la encuesta en el área rural de la cuenca Gama.....	71
Cuadro 8. Análisis de la legislación de un Área de Protección Ambiental.....	77
Cuadro 9. Usos de la tierra en la cuenca Gama.....	92
Cuadro 10. Historia del uso de la tierra en el DF en porcentaje en relación al área total del DF 581400 km ² (100%).....	103
Cuadro 11. Promedio de la precipitación y del caudal del Río Gama en periodos de 5 años.....	105
Cuadro 12. Resultados de los análisis del agua de acuerdo con la Resolución CONAMA 20/86..	109
Cuadro 13. Valores de los resultados de turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	111
Cuadro 14. Valores de los resultados de pH del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	113
Cuadro 15. Valores de los resultados de turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	114
Cuadro 16. Valores de los resultados de hierro del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	117
Cuadro 17. Valores de los resultados de sólidos disueltos totales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	119
Cuadro 18. Valores de los resultados de nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	120
Cuadro 19. Resultados obtenidos en el análisis del agua de fósforo total (mg/l) en la época lluviosa.....	121
Cuadro 20. Valores de los resultados de nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.....	123
Cuadro 21. Valor máximo permisible según las normas internacionales y nacionales.....	123
Cuadro 1A. Latitudes de los puntos de muestreo	
Cuadro 2A. Matriz de Conflictos	

LISTA DE SIGLAS

- APA - Área de Protección Ambiental
- APM - Área de Protección de Manantial
- APP - Área de Preservación Permanente
- ARIE - Áreas de Relevante Interés Ecológico
- CAESB - Compañía de agua y alcantarillado de Brasilia
- CONAMA - Consejo Nacional del Medio Ambiente
- DBO - Demanda Bioquímica de Oxígeno
- DF - Distrito Federal
- FAL - Hacienda Agua Limpa de la Universidad de Brasilia
- GDF - Gobierno do Distrito Federal
- IBAMA - Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y Recursos Naturales Renovables
- IBGE - Instituto Brasileño de Geografía y Estadística
- ICA - Índice de Calidad del Agua
- INFRAERO - Empresa Brasileira de Infraestructura Aeroportuaria
- MMA - Ministerio del Medio Ambiente
- PDOT - Plan Director de Ordenamiento Territorial
- PNMA - Política Nacional de Medio Ambiente
- RA - Región Administrativa
- SEMARH - Secretaria de Medio Ambiente y de Recursos Hídricos del Distrito Federal
- SMPW - Sector de Mansiones *Park Way*
- SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservación
- UC - Unidad de Conservación
- WWF - Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wide Fund for Nature)

Vilela P., 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, Costa Rica. 140 p.

Palabras claves: calidad del agua, usos de la tierra, cuenca hidrográfica, potencial de recarga natural de agua.

RESUMEN

“Se llevó a cabo un estudio de los usos predominantes de la tierra y la calidad del agua en la cuenca del Río Gama, localizada al suroeste del centro de Brasilia, capital de Brasil. La margen izquierda se encuentra bajo fuerte presión antrópica, por urbanización (Barrio Park Way, parte de los barrios Lago Sul y Dom Bosco) y agricultura (Vargem Bonita y Hacienda Agua Limpa), además de otras actividades tales como: áreas de recreación (Country Club de Brasilia y Clubes de la Base Aérea); parte del aeropuerto y ferrolínea. Los tributarios de la margen derecha conforman las áreas contiguas de preservación y poseen rica fauna y agua pura.

“Se escogieron seis estaciones de muestreo distribuidas en dos puntos para los tres usos predominantes de la tierra (bosque conservado, urbano y agrícola) y se tomó una muestra por mes durante cuatro meses, dos meses en la época lluviosa y dos meses en la época seca. En todas las muestras se han determinado color, pH, turbidez, nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales, hierro soluble y coliformes fecales. Se calculó el índice de calidad del agua, que muestra una calidad mayor en el uso bosque y menor en el uso agrícola y urbano. La mayoría de los parámetros, en los tres usos de la tierra analizados, están bajo los valores máximos permisibles establecidos por el Ministerio de Salud de Brasil, excepto coliformes fecales cuyos niveles están por encima de la norma brasileña. Sin embargo, las tendencias mostradas en algunos parámetros como pH, turbidez y nitratos muestran el efecto de la actividad antrópica sobre la calidad del agua y son un llamado de atención a los actores locales y decisores de la cuenca del Río Gama, para tomar las acciones necesarias en términos de la planificación y ordenamiento territorial y de manejo de las actividades productivas y urbanas en la cuenca.

Se elaboró un mapa de potencial de recarga natural de agua a través de la combinación de tres mapas: pendiente, hidrogeología y usos de la tierra. Se pudo observar que las áreas de muy bajo potencial de recarga son las áreas urbanizadas en pendientes pronunciadas seguidas por bajo, que están urbanizadas pero en pendientes suaves, potencial mediano en el área agrícola y bosques de galería por las pendientes acentuadas. Las áreas de alto potencial de recarga hídrica se caracterizan por el cerrado conservado en pendientes suaves. Se proponen algunas acciones necesarias para el manejo sostenible de la cuenca del Río Gama.”

Vilela P., E. 2003. Predominant land uses and water quality in the Gama River watershed, Distrito Federal, Brazil. MSc Thesis CATIE. Turrialba, Costa Rica. 140 p.

Keywords: water quality, land uses, watershed, ground-water recharge potential

SUMMARY

“A study was conducted of water quality in the predominant land uses of the Gama River watershed, located to the southwest of the center of Brasilia, capital of Brazil.” Significant anthropogenic pressure is exerted on the left riverbank by urbanization (Barrio Park Way, part of the Lago Sul and Dom Bosco neighborhoods) and agriculture (Vargem Bonita and Hacienda Agua Limpa), as well as other activities such as recreation areas (Brasilia Country Club and Airbase Clubs); part of the airport and railway line. The tributaries located on the right-hand riverbank are under protection as conservation areas, and house a rich fauna and clear watercourses.

“Six sampling stations distributed in two points were selected for each of the three predominant land uses (conserved forest, urban, and agricultural areas). One sample per month was taken over four months: two in the rainy season and two in the dry season.” Variables measured were color, turbidity, nitrates, phosphates, total dissolved solids, soluble iron and fecal coliforms. The quality index of the water was calculated. It was found that water quality was higher in forest area, and lower in urban and agricultural land uses. The results of the majority of variables analyzed in the three land uses were found to be underneath the maximum allowable values permitted by the Brazilian Ministry of Health except for fecal coliforms, whose levels were above the permitted standard. However, the tendencies demonstrated by several of the variables, such as pH, turbidity and nitrate content, clearly show the effects of the anthropogenic activities on water quality. The results point towards the need for allocating greater attention by local stakeholders and decision-makers on land use planning and the management of productive and urban activities in the study area.

A map was developed of ground-water recharge potential by combining three maps: gradient, hydrogeology, and land uses. From this map it can be observed that urban areas on pronounced gradients display a very low recharge potential, followed by low recharge potential in urban areas on less pronounced gradients, and medium potential in the agricultural areas and gallery forests. Areas with the highest potential are characterized by “cerrado” vegetation on low gradients. Several recommendations are made regarding actions for the sustainable management of the Gama River watershed.”

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Caracterización del problema

La vida del hombre y de cualquier nación se encuentra estrechamente ligada con el agua, pues no solamente constituye su fuente de existencia sino que contribuye a todas sus actividades. Sin ella no es posible la agricultura, la ganadería, la pesca y las actividades primarias en el desarrollo de la humanidad (Mendonza 1989). Se estima que la cantidad de agua existente en la Tierra es la misma desde la Prehistoria, sin embargo, el número de habitantes ha crecido. Si la población humana está creciendo de una manera acelerada, el consumo de agua ha aumentado a una velocidad dos veces mayor. Además de eso, el ser humano, sin pensar en las consecuencias de sus acciones, contamina las aguas, provoca alteraciones en el ciclo hidrológico, pudiendo generar impactos, muchas veces, perjudiciales a su propia existencia. En términos globales, la Tierra tiene una cantidad de agua muy superior a la demanda generada por el ser humano y sus actividades. Sin embargo, la gran variabilidad de disponibilidad hídrica, en el tiempo y en el espacio, aliada al proceso desordenado de ocupación y asentamiento del ser humano, ha desencadenado una serie de problemas hídricos crecientes en diversas regiones del planeta (Freitas y Dutra 2003).

La degradación de las cuencas, particularmente la causada por la actividad agrícola, ganadera, doméstica e industrial sobre los recursos hídricos, está recibiendo reconocimiento cada vez mayor como problema global. Sin embargo, a pesar de décadas de investigación y documentación sobre efectos e impactos, los usuarios del agua no siempre reconocen la presencia del problema. El reconocimiento de la pérdida de calidad del agua de un río puede no ser fácil, ya que la degradación ocurre, a menudo, lentamente durante muchos años; las condiciones biológicas dentro de un río pueden declinar gradualmente a lo largo del tiempo; por eso, con frecuencia, los efectos acumulativos llegan a ser evidentes solamente en las zonas más bajas (Harding *et al.* 1999).

En la mayoría de los países, los recursos hídricos son manejados de una forma muy disgregada, es decir cada uno de los sectores como agricultura, producción hidroeléctrica,

abastecimiento doméstico, industria, etc., planifica, desarrolla y administra la parte del recuso hídrico necesaria para su uso. Debido a las demandas por agua, los problemas de calidad se han multiplicado debido al aumento de cargas contaminantes; esta situación ha estimulado la necesidad de abordar los problemas y posibles soluciones con enfoques integrales, por lo menos al nivel de cuenca (Sagastizado 2001).

El bioma Cerrado está localizado básicamente en el Altiplano Central de Brasil y es el segundo mayor bioma del País en extensión territorial, superado solamente por la Amazonía. Se trata de un complejo de vegetación que posee relaciones ecológicas y fisonómicas con otras sabanas de la América Tropical y de continentes como África y Australia (Sano y Almeida 1998). Pese a su posición estratégica, la diversidad biológica del bioma Cerrado está siendo amenazada, teniendo en cuenta la intensificación de los procesos de urbanización y de ocupación agrícola, impidiendo que se hagan estudios más profundos para el conocimiento de su gran potencial (UNESCO 2000).

La ocupación desordenada de las tierras, baja generación de empleo y la amenaza en función de la deforestación, sedimentación de los cursos de agua y la 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 y su entorno son polos de atracción de emigrantes, por es que el panorama que se vislumbra es la conversión del Cerrado en una gran región antropogénica con significativas pérdidas de ambientes y de la biodiversidad. Los recursos hídricos, que se caracterizan por ríos y riachuelos de mediano y pequeño porte, están fuertemente amenazados en este contexto (UNESCO 2000).

La eliminación de la vegetación causa asolvamiento de los riachuelos debido al gran aporte de sedimentos. El lanzamiento de aguas pluviales y de residuos sólidos y líquidos, consecuencia da instalación de condominios próximos a los bosques de galería, causa degradación de la vegetación. Las causas son: la eliminación de bosques para la construcción de obras de ingeniería; la formación de claros en bosques bajo presión urbana, con un efecto cascada, pues en ellas penetran especies invasoras que pasan a predominar, ocasionando que, a mediano plazo, el bosque sea un área de restauración (capoeira) o hasta la pérdida de sus características forestales. La contaminación debida a los residuos arrastrados por la escorrentía, por la conexión de aguas negras clandestinas

en las aguas pluviales, práctica común en el Distrito Federal, y por el depósito de basura y escombros en los ríos, crea condiciones inapropiadas para muchas especies silvestres y muchas veces propician la multiplicación de mosquitos y otros vectores de enfermedades. Los suelos donde ocurren los cerrados *sensu stricto* son susceptibles a la erosión, y la vegetación nativa es el principal factor para su contención. La construcción de carreteras y la retirada de grava provocan erosión en la zona. La deforestación lleva a la formación de surcos y cárcavas (Rezende *et al.* 2000).

La cuenca Gama forma parte del Área de Protección Ambiental (APA) Gama e Cabeça-de-Veado (figura 1A). La población de esta APA es bastante diversificada. Eso debido a diferentes concentraciones humanas en las áreas urbanas y rurales y desiguales patrones de renta, escolaridad, tiempo de vivienda y saneamiento público. La densidad poblacional refleja la presión antrópica de las actividades humanas sobre el ambiente natural. Las determinaciones de las densidades poblacionales son importantes para verificar los vectores de presión sobre las áreas protegidas y/o preservadas. Las densidades permiten conocer el grado de fragmentación, aislamiento y conectividad de los hábitats en las zonas de amortiguamiento y corredores ecológicos de las unidades (Rezende *et al.* 2000).

1.2. Justificación e importancia de la investigación

La cuenca Gama, en la cual se enfatiza esta investigación, es una de los tributarios del Sistema Hídrico del Lago Paranoá, que es un lugar donde la población desarrolla actividades de recreación, deporte, turismo y forma parte del paisaje de Brasilia. Es considerado por los habitantes el mayor patrimonio ambiental de escala bucólica de la ciudad. La cuenca Gama aporta una tercera parte del agua que alimenta a este lago artificial (Fonseca 2001).

En cuanto a la relevancia ecológica, según UNESCO (2000), el Lago Paranoá y sus tributarios, como Gama, Cabeça de Veado, Riacho Fundo y otros 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). Sin embargo, será necesario un ordenamiento del uso de la tierra, especialmente en el sentido de cumplimiento de la legislación referente a la preservación permanente de fajas de 30 m de bosques de galería a cada lado del cauce y un programa de

recuperación de áreas degradadas para que sean asegurados corredores terrestres entre las reservas.

La deforestación y la ocupación de suelos susceptibles a la erosión han provocado la sedimentación de los cursos de agua y del propio lago. Muchas nacientes desaparecieron en función del uso inadecuado de los recursos hídricos. El lago ya sufrió un proceso de eutrofización que imposibilitó diversos usos (Fonseca 2001).

El APA Gama Cabeça de Veado fue creada por el Decreto No. 9417 de 21 de abril de 1986, por el Gobierno del Distrito Federal con el propósito de proteger las cabeceras de las cuencas de los mismos nombres, ya que abastecen un tercio de las aguas del Lago Paranoá y es fuente para captación de agua potable. En esta APA está una zona de urbanización bajo fuerte especulación inmobiliaria y también importantes centros de investigación como las áreas núcleo Jardín Botánico, Reserva Ecológica del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE), la Hacienda Experimental Agua Limpa (Universidad de Brasilia), el Jardín Zoológico y las Áreas de Relevante Interés Ecológico (ARIE) Riacho Fundo, Capetinga y Cerradão (Vía Ecológica 2002), donde hay representaciones de las principales fisonomías del bioma Cerrado, como bosques de galería, "cerradão", "cerrado", "campo sucio", "campo limpio", "vereda" y "campo rupestre" (Herinques *et al.* 1999).

El canal principal del Río Gama constituye un mosaico de trechos de contaminación concentrada (localizados en dirección a la desembocadura de los afluentes bajo influencia agro-urbana) y trechos de contaminación diluida (localizados en dirección a la desembocadura de los tributarios que vienen de las unidades de conservación), presentando, como tendencia general, efectos acumulativos en dirección a su desembocadura en el Lago Paranoá (Rezende *et al.* 2000).

La cuenca Gama sufre de los principales problemas causados por la ocupación urbana desordenada en el Distrito Federal; se puede citar la contaminación de áreas de manantiales hídricos, la deforestación de áreas de protección permanente y la impermeabilización del suelo. Esos problemas afectan la calidad y la cantidad de agua en los ríos importantes para el abastecimiento de las poblaciones urbanas y causan

muchos trastornos como procesos erosivos y sedimentación de los cuerpos de agua. Esa es la situación del Barrio Park Way (Araujo 2003). De la misma manera, parte del Área de Protección de Manantiales (APM) Catetinho está ocupada por plantaciones que utilizan agroquímicos que escurren para el área de captación de agua de la cuenca Gama y no son implantadas tecnologías de control ambiental y uso adecuado del suelo como manda la Ley Complementar No. 17, del 28/01/97, referente al Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PDOT) (UNESCO 2003).

De todas las reservas de la biosfera existentes, la Reserva de la Biosfera del Cerrado es una de las pocas que poseen la peculiaridad de ocupación humana numéricamente significativa. Incluye ciudades, unidades de conservación, sectores agrícolas y una diversificada red de enseñanza e investigación, posibilitando su monitoreo a partir de una línea base, final de los años 50 e inicio de los años 60 (UNESCO 2000). Para lograr un manejo integrado de una microcuenca es de vital importancia generar información de los principales problemas ambientales para la elaboración de propuestas de recuperación y conservación de las fuentes de agua, y por consiguiente, del desarrollo y mejora de la calidad de vida de sus habitantes (Córdoba 2002).

La caracterización biofísica y socioeconómica de la cuenca Gama y los usos de la tierra y su influencia en la calidad del agua son importantes para la planificación y manejo de las zonas de uso y protección del Distrito Federal (Brasil) que va a unir las Reservas de las Biosfera a través de corredores biológicos, pues uno de los objetivos de la conservación de estas áreas, es mantener la calidad y cantidad del agua y del ambiente para las generaciones futuras. Además de eso, esta cuenca Gama cumple un papel fundamental en la sustentabilidad del Lago Paranoá, lo que justificó la realización de este estudio. Es importante aclarar que la cuenca Gama está ubicada en el Distrito Federal, dentro del APA Gama Cabeça de Veado, una de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado, por lo tanto las informaciones que no se refieren a la cuenca Gama directamente se puede considerar para la cuenca en estudio pues esta refleja las características de la región.

1.3. Objetivos

General: relacionar usos de la tierra predominantes con la calidad del agua así como proponer estrategias y acciones para el manejo adecuado de la cuenca Gama, Distrito Federal, Brasil.

Específicos:

- ✓ Caracterizar biofísica y socioeconómicamente la cuenca Gama y determinar los cambios en el tiempo en el caudal del Río Gama, analizando posibles relaciones con cambios en la precipitación y con la actividad antropogénica.
- ✓ Identificar y caracterizar los usos actuales de la tierra predominantes y las principales actividades humanas y agrícolas en la cuenca Gama, Brasil.
- ✓ Evaluar el estado de calidad de agua en el Río Gama, mediante la determinación de parámetros físicos, químicos y biológicos en relación con la forma de uso de la tierra predominante en la cuenca.
- ✓ Proponer estrategias y acciones que apoyen la toma de decisiones dirigidas a mejorar el uso de la tierra para que se logre un manejo sostenible de la cuenca Gama, enfocado en la calidad del agua.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La cuenca hidrográfica como unidad de ordenamiento y planificación

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua; es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca "divisorias de aguas" se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. La cuenca la conforman componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Ramakrishna 1997).

En la actualidad, en la mayoría de los países, se habla de la cuenca hidrográfica considerándola como unidad natural idónea para la planificación, manejo y control de los recursos naturales de manera integral, aprovechando la relación e interacción que se da entre los diferentes elementos que la constituyen, otorgándole el carácter de unidad vital. Se han implementado, adaptado y probado metodologías para trabajar en cuencas, definir cuencas piloto, así como para caracterizar y jerarquizar subcuencas y microcuencas que permiten definir áreas prioritarias para iniciar trabajos. La cuenca es una de las alternativas viables para lograr el manejo integral de los recursos naturales, que permitan por una parte, su uso y aprovechamiento racional, conservando su capacidad productiva y el equilibrio ecológico de los diferentes ecosistemas. El uso de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación permite aprovechar las relaciones de interacción que existe entre los medios físico, biótico y socioeconómico (Vázquez 1990).

Según Mendonza (1989) las razones o fundamentos para la selección de la cuenca como unidad lógica para la planificación, ordenamiento y desarrollo de proyectos rurales se listan a continuación:

1. La cuenca es una región funcional establecida por relaciones físicas.
2. El enfoque de cuenca es lógico para la evaluación del vínculo biofísico de las actividades de las tierras altas y las tierras bajas, porque dentro de la cuenca ellas están vinculadas (enlazadas) por el ciclo hidrológico.
3. El enfoque es holístico lo cual facilita a los planificadores y manejadores considerar muchas facetas del desarrollo de recursos.
4. Actividades como el uso de la tierra y las alteraciones de las tierras altas, a menudo resultan en un cambio de impactos ambientales que pueden ser rápidamente examinados dentro del contexto cuenca.
5. El concepto cuenca tiene una gran lógica económica, ya que muchas de las externalidades involucradas con alternativas de prácticas a nivel de finca son internalizadas cuando la cuenca es manejada como unidad.
6. La cuenca permite analizar los efectos de las interacciones humanas con el ambiente. Los impactos ambientales dentro de la cuenca producen una retroalimentación enlazada por los cambios en los sistemas sociales.

2.2. Manejo de la calidad del agua en una cuenca hidrográfica

En general, el hombre se ha concentrado en la zona cercana a los ríos, o en las que tienen lluvias moderadas a fin de disponer fácilmente de agua para la irrigación de los cultivos. En el curso de la historia el agua ha sido una de las principales preocupaciones de los seres humanos, ya sea por excesos (inundaciones, erosión del suelo, etc.) o por defecto de la misma (sequía). Aunque los problemas relacionados con la disponibilidad del agua siguen teniendo vigencia, recientemente el hombre se ha visto obligado a preocuparse más por otro aspecto de la misma como lo es su calidad (Mendonza 1989).

Dado que el agua rara vez se encuentra en estado puro, la noción de contaminante del agua comprende cualquier organismo vivo, mineral o compuesto químico cuya concentración límite impida los usos benéficos del agua (Sagastizado 2001). La calidad del agua está definida por su contenido de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. Sobre el particular es conveniente recordar que el agua es por naturaleza, "el solvente universal", y que durante su travesía por la atmósfera y su recorrido por la cuenca, recoge entre otros, trazas de gases, contaminantes atmosféricos, porciones de árboles y de otros tipos de vegetación, así como sedimentos y solutos del suelo (Deloya 1990).

Sin embargo, el concepto "calidad de agua" generalmente se define de acuerdo a un determinado uso (agua potable, agua para riego, agua para producción hidroeléctrica, etc.). El agua que es apta para cierto uso no lo es necesariamente para otro: el agua para riego debe tener baja concentración en sales; agua para consumo doméstico debe tener bajo contenido de organismos infecciosos; agua para la producción hidroeléctrica debe tener baja carga de sedimentos. De aquí que no obstante disponer en un área de recursos hidráulicos en cantidad y oportunidad suficiente, su calidad pueda restringir determinados usos, dando lugar a situaciones deficitarias (Stadtmüller 1994).

La mayor parte de la experiencia en el uso del agua de diferentes calidades se ha acumulado a través de observaciones y de estudios detallados de los problemas que se plantean al usarlas. La comprensión de la relación causa y efecto entre una substancia del agua y el problema resultante permite evaluar su calidad y determinar su grado de aceptabilidad para un determinado uso. De la información acumulada de experiencias y resultados medidos han surgido ciertos elementos como indicadores de problemas relacionados con la calidad del agua (Mendonza 1989).

2.2.1. El Índice de Calidad de Agua (ICA) y sus parámetros

Las variables físico-químicas más empleadas para determinar la utilización del agua bajo el punto de vista higiénico, alimenticio e industrial son: el pH, oxígeno disuelto, fósforo, nitrógeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), turbiedad, sólidos totales, disueltos, conductividad eléctrica y análisis bacteriológicos. A partir de ellos se han creado índices que constituyen las clasificaciones cualitativas y cuantitativas, que tienen el propósito de simplificar la información para que pueda ser útil para la toma de decisiones, se concentran en los factores ambientales claves (Sagastizado 2001).

El ICA, índice físico-químico de calidad, que fue desarrollado por la Fundación Nacional de los Estados Unidos, utiliza los parámetros convencionales de calidad como oxígeno disuelto, bacterias coliformes fecales, pH, DBO, nitratos, fosfatos, variación de la temperatura en el agua y ambiental, turbidez y sólidos totales (Lobo 2000).

El ICA expresa el estado de calidad del agua en un ámbito de 0 a 100 unidades, lo cual señala condiciones entre críticas o pobres hasta muy óptimas. Cada variable tiene su

peso relativo (W) que depende de su importancia en relación con la calidad de agua. (Sagastizado 2001).

Cuadro 1. Peso asignado a cada uno de las variables físico-químicas

Parámetro o Variable (I)	Peso Asignado (W)
Oxígeno disuelto (% de saturación)	0.17
Coliformes fecales (NMP/100ml)	0.15
Potencial de hidrógeno (pH)	0.12
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	0.10
Nitratos (mg/l)	0.10
Fosfatos (mg/l)	0.10
Temperatura (°C)	0.10
Turbidez (NTU/JTU)	0.08
Sólidos Totales (mg/l)	0.08

Fuente: Lobo (2000) y Canter (1998)

Oxígeno disuelto: es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua. La vida acuática requiere el oxígeno para la supervivencia. Los procesos de consumo de materia orgánica disuelta, suspendida o precipitada presente en el agua puede agotar la concentración de este gas (Hem 1989), por eso es uno de los parámetros más significativos para conocer el grado de pureza del agua superficial. Se encuentra en solución en todas las aguas superficiales y subterráneas; en la superficie, su contenido cambia continuamente por las variaciones de la temperatura externa, el movimiento del agua y procesos fotosintéticos, entre otros. La presencia de sustancias tenso-activas (detergente y jabones) en su superficie impide la re-oxigenación del cuerpo hídrico necesario para la flora y plancton del medio (Sagastizado 2001). También es un indicador de niveles con reducción de oxígeno causado por carga de sedimento orgánico (Villegas 1995).

Coliformes fecales: tienen una relación directa con la contaminación de aguas por material fecal (Córdoba 2002); por eso puede ser un limitante para aguas de consumo humano (Behar et al. s.f.). Se utilizan como indicadores de contaminación fecal, bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes fecales; estas bacterias se definen como bacilos Gram negativos, aeróbicos y anaeróbicos facultativos, que fermentan la lactosa formando ácido y gas a 44,5 °C en 24 h. Estas bacterias se encuentran presentes en el intestino del

hombre y de animales de sangre caliente e incluye bacterias pertenecientes, al menos, a los géneros *Escherichia* y *Klebsiella* (UMCE 2003).

Concentraciones iones hidrógeno (pH): mide la acidez o alcalinidad del agua. La actividad del ión H⁺ puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros constituyentes presentes en el agua. La medida del pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. Los cambios en el pH afectan el grado de disociación de los ácidos y bases débiles los que a su vez afectan el grado de toxicidad de muchos de los constituyentes de la disolución (Córdoba 2002). Su importancia en la evaluación en el ICA está en las condiciones para la vida acuática y agua potable (Behar *et al.* s.f.).

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO): es una medida de oxígeno requerido para la estabilización biológica de la materia orgánica en un intervalo de tiempo (Córdoba 2002). Su importancia en la evaluación con el ICA está en la materia orgánica biodegradable y puede ser limitante para aguas de consumo humano (Behar *et al.* s.f.).

Nitratos: el aspecto geoquímico acuoso del nitrógeno es influenciado fuertemente por la importancia vital del elemento en la nutrición de la planta y animal. Está presente en la atmósfera, la hidrosfera, y la biosfera en los estados de la oxidación que cubren la gama completa de formas de iones (Hem 1989). Además determinan niveles de eutrofización (Behar *et al.* s.f.). Altas concentraciones de este elemento pueden ser nocivos para la salud (Córdoba 2002).

Fosfatos: el fósforo puede ocurrir en varios estados de oxidación, pero la forma significativa que ocurre en la mayoría de los sistemas naturales de agua es de fosfato, que es el producto final de la disociación del ácido fosfórico (Hem 1989). Su importancia en cuanto a la evaluación con el ICA es que esta variable determina niveles de eutrofización (Behar *et al.* s.f.). Se encuentran en muchos compuestos químicos, como detergentes domésticos e industriales, la orina, entre otros. La búsqueda de otros componentes se hace solo en aguas superficiales; en aguas profundas estos no alcanzan a llegar, ya que son retenidos en los estratos superiores del terreno (Sagastizado 2001).

Temperatura: influye en el proceso de auto depuración de las aguas (Córdoba 2002) porque al elevarse las temperaturas del agua aumentan las reacciones metabólicas, lo

que acelera la eliminación de los contaminantes orgánicos. Sin embargo esta aceleración provoca una rápida disminución del oxígeno disuelto en el agua, ya que las aguas más calientes retienen y disuelven menos este gas (Sagastizado 2001).

Turbidez: se debe a la presencia de material coloidal o en suspensión y es la propiedad óptica que causa que la luz se desvíe o se absorba en vez de transmitirse en línea recta. Las arcillas, materia orgánica e inorgánica finamente dividida son las responsables de la turbiedad en las aguas. El grado de turbidez no es igual a la concentración de sólidos suspendidos, es más bien una expresión de uno de los efectos de los sólidos suspendidos sobre las características del agua. La turbidez excesiva reduce la penetración de luz en los cuerpos de agua afectando el proceso de fotosíntesis y por consiguiente disminuyendo así la productividad primaria (Córdoba 2002).

Sólidos Totales Disueltos: concentración de minerales disueltos en el agua (limo, arcilla, arena) (Córdoba 2002), indicador de limitante para agua de consumo humano (Behar *et al.* s.f.).

Según Falkenmark y Chapman (1989) un cambio en el uso de la tierra puede alterar el contenido de nutrientes de las aguas superficiales y subterráneas, más concretamente los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P). La deforestación puede conducir a altas concentraciones de nitratos (NO_3) en el agua, debido a la descomposición del material vegetal y a una reducida absorción de nutrientes por la vegetación. La concentración de nitratos en la escorrentía de cuencas deforestadas puede ser 50 veces mayor que en una zona de captación con presencia de masas forestales, al cabo de varios años.

2.2.2. Contaminación del agua

Los términos contaminación del agua implica la presencia de materia extraña indeseable en una sustancia por lo demás, "pura" o "natural". El agua, al contrario del aire, es un compuesto simple y no una mezcla. El agua no es un líquido típico. Una de las consecuencias de estas propiedades físicas y químicas únicas del agua es que admite o acepta la contaminación fácilmente, en ocasiones aun a través de mecanismos que son totalmente insospechados (Turk *et al.* 1973). La calidad del agua se expresa con base en sus propiedades físicas, químicas y biológicas en asociación con el material mineral y

orgánico disuelto o en suspensión. El proceso de alteración de la calidad del agua en forma negativa por la actividad del hombre a un nivel no aceptable para cierto uso es definido como contaminación (Stadtmüller 1994).

En los últimos tiempos, los sistemas técnicos, económicos y políticos basados en la fuerza económica impulsada por la era industrial han sufrido una mutua retroalimentación tan amplia y efectiva que el crecimiento y el desarrollo material han ido acelerándose cada vez más. Por eso hay un desequilibrio del imagen entre el ambiente físico-biológico y la tecnología, los sistemas sociales y la política. Durante muchos siglos la contaminación ambiental no fue problema. En el caso de las aguas, éstas eran suficientes para proveer del líquido a las actividades diarias y también permitían una dilución amplia de desechos. Sin embargo, hoy día se ha sentido el impacto del agotamiento de la capacidad de autodepuración de los ríos y mares. La naturaleza se recupera muy lentamente y a veces no puede hacerlo del todo. Las interacciones de la especie humana con el medio le han traído toda clase de beneficios temporales a una generación, pero la destrucción no ha dado cabida a un disfrute semejante de los recursos naturales por parte de otras generaciones (Mata 1982).

Así la contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad. La calidad del agua puede definirse como su aptitud para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es, para bebida del hombre y de los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra y para recreación. La materia extraña contaminante podrá ser o materia inerte, como la de los compuestos de plomo o mercurio, o materia viva, como la de los microorganismos (Turk *et al.* 1973).

La contaminación del recurso hídrico ha sido definida por muchos científicos de diversas maneras. Sin embargo todos coinciden en que el resultado es el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua ocasionada por las actividades del hombre de forma tal que reducen su aptitud para los usos benéficos (Mendonza 1989).

La mayoría de la materia orgánica procedente de desechos de alimentos, de aguas negras domésticas y de residuos de fábricas, tales como partículas de tierra, es desintegrada en el agua por bacterias, protozoarios y diversos organismos mayores. Semejantes descomposiciones convierten sustancias ricas en energía en sustancias

pobres en energía, mediante reacciones químicas que utilizan oxígeno. Por supuesto, estas conversiones tienen lugar tanto en la tierra como en el agua. Sin embargo, la diferencia importante entre estos dos medios es que el oxígeno atmosférico a disposición de los animales terrestres es que el oxígeno atmosférico a disposición de los animales terrestres es reemplazado en forma relativamente rápida por la vida vegetal y, en esta forma, no se agota – los insectos, las aves y los mamíferos podrán compartir por los granos, pero no necesitan hacerlo, por oxígeno. En cambio, el oxígeno disuelto en las aguas puede agotarse más rápidamente de lo que es reemplazado desde la atmósfera y, por consiguiente, las bacterias, los protozoarios, los gusanos del lodo y la trucha compiten por oxígeno cuando los elementos nutritivos orgánicos son abundantes. Semejante competición afecta la distribución de las formas de vida en el agua. Cuando la introducción de una materia nutritiva (como basura o desechos industriales orgánicos) altera esta distribución en una forma que resulta desfavorable para el hombre (por ejemplo, de modo que cohíba la trucha y favorezca los protozoarios), la calidad del agua ha de considerarse como deteriorada, y por consiguiente, los elementos nutritivos añadidos son contaminantes (Turk *et al.* 1973).

La contaminación se ha convertido en un aspecto del diario vivir y como tema de agenda en todos los foros nacionales e internacionales en donde se analiza aspectos relacionados a los recursos naturales. Es a su vez motivo de grandes conflictos sociales, políticos y económicos relacionados con el avance tecnológico industrial, el crecimiento de los centros urbanos y la ampliación de los campos de cultivo, lo que aumenta los volúmenes de agentes contaminantes que no guardan un equilibrio ecológico con la naturaleza (Mendonza 1989).

La contaminación puede ser: de origen humano directo (contaminación fecal), indirecto (fumigaciones con pesticidas en agricultura, aguas de desechos de establecimientos ganaderos o industriales, etc.) o de origen natural (derrumbes, precolación por capas permeables con sustancias tóxicas, etc.). La clasificación por tipos nos ayuda a detectarlas, mientras que la clasificación de los contaminantes por su origen nos permite entender sus efectos (Mendonza 1996).

- Contaminación de fuentes no puntuales o difusas: no se produce por la descarga desde un lugar único y específico, sino que generalmente resulta de la escorrentía, precipitación, precolación, etc. La contaminación de fuentes no puntuales se presenta

cuando la tasa a la cual los materiales contaminantes que entran en el cuerpo de agua o agua subterránea, exceden los niveles naturales (Villegas 1995). Los tipos de contaminantes no puntuales más comúnmente encontrados en la agricultura han sido identificados como bacterias, nutrientes, salinidad, sedimentación, organismos patogénicos y materiales tóxicos (Napier *et al.* 1983).

- Contaminación de fuentes puntuales: este tipo de contaminación está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas receptoras, las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar (Ongley 1997).

Rodríguez *et al.* (1984) hicieron un estudio de la calidad de las aguas de los ríos Toyogres y San Nicolas, Cartago, Costa Rica, para el período 1980-1982, donde ambos los cauces reciben gran cantidad de descargas domésticas sin tratamiento previo y sus aguas se emplean en el riego de hortalizas. Los índices de calidad calculados indican que ambos cauces están muy contaminados y sus aguas no son aptas para el consumo animal, la agricultura y la industria. El crecimiento de la población y la carencia tanto de un plan para la depuración de las aguas residuales como de los fondos para llevarlo a cabo, han ido aumentando la carga contaminante que se vierte en los ríos y arroyos del país.

Sequeira y Chacón (1984) hicieron una descripción y cuantificación de los materiales orgánicos e inorgánicos generados por el desarrollo urbano, la actividad industrial y la agrícola de toda la cuenca del Río Grande de Tárcoles. Concluyeron que el principal problema de contaminación de las aguas en esta cuenca está constituido por las descargas de materia orgánica, tanto urbana como a las de origen industrial, en donde los beneficios de café aportan 137 toneladas / día entre los meses de septiembre y febrero. Las otras actividades en números conservadores contribuyen con 69 toneladas / día durante todo el año, pues la capacidad instalada puede generar 14 toneladas por día.

Los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante tanto desde el punto de vista físico como químico. La contaminación física característica de los sedimentos es la turbidez (limitada penetración de la luz solar) y la sedimentación (pérdida de la capacidad de almacenaje de los embalses, destrucción de las barreras de coral, pérdida de las áreas de desove para ciertas especies ictícolas). La contaminación química debida a los sedimentos incluye la absorción de metales y el fósforo, así como las sustancias químicas orgánicas hidrofóbicas (FAO 1996).

2.2.3. Impactos de la contaminación del agua por actividades agrícolas

La actividad agrícola puede contribuir con tres tipos de contaminantes: sólidos en suspensión, organismos vivos y componentes químicos. Los sólidos en suspensión provienen de los procesos de malas prácticas agrícolas que acentúan la erosión de los suelos, tales como arado, labranza, deforestación, sobrepastoreo, entre otras. Los elementos químicos provienen de la fertilización, la aplicación de plaguicidas y las aguas de riego, algunos de estos elementos pueden fijarse en el suelo, dependiendo de su concentración pueden constituir un serio problema para su posterior cultivo (Sagardoy 1993). Los plaguicidas persistentes pueden permanecer en el medio por años, sus efectos se hacen notorios por medio de procesos de magnificación y acumulación en las cadenas alimentarias de los diferentes ecosistemas (Mata 1982). Finalmente, los residuos de muchas agroindustrias y algunos procesos de cosecha también pueden aportar una cantidad considerable de materia orgánica que afecta la calidad y el riego con aguas servidas no tratadas que actúan como diseminadoras de organismos patógenos (Sagardoy 1993).

Numerosos estudios han demostrado la relación de los nitratos como fuentes de contaminación de aguas de acuíferos y su estrecha vinculación con el deterioro de ecosistemas naturales, amenaza a la salud de los humanos y animales, y su consecuente impacto en la producción agropecuaria y economía nacional. Este problema está directamente ligado con el uso de la tierra, pues gran parte de los nitratos de mantos acuíferos provienen de los fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales (Ramos y Ocio 1992; Wong *et al.* 1997).

Aunque no se conoce a ciencia cierta el origen de este incremento, la fertilización agrícola ha sido considerada como una de las principales fuentes, junto con la quema de combustibles fósiles. Buena parte de otros gases como el amoníaco y el óxido nítrico se derivan del uso de fertilizantes nitrogenados en los suelos. El óxido nítrico junto con otros óxidos de nitrógeno pueden ser transformados en la atmósfera en ácido nítrico, el cual es uno de los mayores componentes de la lluvia ácida. Además, la fertilización intensiva de suelos agrícolas puede incrementar el porcentaje al cual el nitrógeno en forma de amoníaco es volatilizado y perdido hacia el aire. También puede acelerarse el rompimiento microbial del amonio y el nitrato del suelo, provocando la liberación del óxido

nitroso. Aunque el óxido nitroso es no reactivo y tiene larga vida en la baja atmósfera, cuando alcanza la estratosfera puede desencadenar reacciones que agotan y adelgazan la capa de ozono estratosférico que protege a la tierra de los rayos ultravioleta (Renderos 2001). También puede mencionarse la pérdida de nutrientes que aseguran la fertilidad de los suelos a largo plazo, así como también la pérdida de la biodiversidad de plantas y animales adaptados a suelos con bajas cantidades de nitrógeno (Vitousek *et al.* 1997).

Andreoli (1993) cita que los impactos de la agricultura, principalmente las pérdidas de suelo ocasionados por el uso de prácticas intensivas e inadecuadas de preparación de suelos, la quema de rastrojos, ausencia de cobertura vegetal y de prácticas conservacionistas provocan la formación de cárcavas, remoción de capas fértiles, degradación física de los suelos y la contaminación de las zanjas de drenaje.

El establecimiento de nuevas zonas de agricultura ecológica se ve en muchas ocasiones dificultado por la degradación ambiental existente en las zonas agrícolas convencionales. Valero (1994) analizó los parámetros implicados en los procesos de contaminación y degradación por efecto de las prácticas agrícolas realizando correlaciones entre la vulnerabilidad y el riesgo en una zona, llegando al concepto de peligrosidad integral. Menciona que la contaminación producida por los plaguicidas sintéticos, los abonos químicos y los efluentes de ganaderías intensivas puede afectar a los elementos ambientales físicos, es decir el suelo, las aguas subterráneas y superficiales y la atmósfera, y los elementos biológicos: fauna y flora en su más amplio sentido.

2.2.4. Impactos de la contaminación del agua por actividades urbanas

Los aspectos utilitarios del agua nos pueden servir como un ejemplo claro de la necesidad de mantener este recurso limpio. El agua es el elemento natural más importante desde el punto de vista de la supervivencia del hombre y de la contaminación ambiental. La contaminación física por sedimentación hace que muchos ríos no sirvan para la navegación; estos ríos se ensanchan y pierden profundidad, debido al mal uso de las cuencas que producen el agua. La misma contaminación hace que una represa hidroeléctrica pierda su capacidad receptora de agua con lo que disminuye su potencial (Mata 1982).

Si la industria necesita agua de magnífica calidad para generar vapor o para otros procesos ¿cuánto más necesario será que el agua esté limpia para ser ingerida por humanos? En fin, cada aspecto en si justifica el hecho de que una vez usada el agua debe ser devuelta al medio lo más limpia que sea posible. Las cadenas de contaminación de zonas de alta industrialización, casi siempre produce los contaminantes menos absorbidos o degradados por el ambiente (metales pesados, ácidos y bases, hidrocarburos policlorados, etc.). Estas cadenas se dieron primero en países muy desarrollados, pero se están produciendo en los que están en vías de desarrollo. Eso se debe a que parte de esas industrias están siendo exportadas desde algunos países ricos, para escapar de la aplicación de las regulaciones ambientales establecidas en ellos, como una forma de evitar que el nivel de contaminación aumente (Mata 1982).

Se han dado varias clasificaciones de los contaminantes, dependiendo de su escasa o mayor toxicidad, o dependiendo de su alta o nula degradabilidad. Algunos contaminantes pueden ser altamente tóxicos pero de rápida degradación. Este sería el caso aplicable a los ácidos que llegan al mar y son neutralizados rápidamente. Por otro lado un contaminante como el petróleo produce un impacto de mucha importancia sobre la fauna marina inmediatamente después del derrame, pero al cabo de una semana la intemperización ha bajado la actividad tóxica de la mancha, y quedan únicamente las breas que si bien no tienen gran efecto sobre las especies marinas, contaminan las playas a un grado tal que las pérdidas por la baja en el turismo son también cuantiosas. Se dan numerosas fugas naturales de petróleo en los yacimientos bajo el fondo marino, sin embargo hay bacterias que van degradando muy lentamente los hidrocarburos y se produce una recuperación natural. A pesar de esta recuperación, las fugas son tan voluminosas hoy día, que el impacto de los derrames es sensible, sobre todo cerca de las áreas de gran tráfico de tanqueros y en las terminales petroleras (Mata 1982).

Según Camacho (1991), en las grandes ciudades el mayor riesgo parece ser las afecciones en las vías respiratorias ocasionadas por los contaminantes químicos de la atmósfera, sin embargo, la contaminación biológica del agua y de los alimentos ha ocasionado también problemas graves en la salud humana. En las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara se generan 34% del total a nivel nacional, estimado en 184 metros cúbicos por segundo; de éstos, 105 corresponden a descargas municipales y 79 a descargas industriales. Se considera que los nueve tipo de industrias que producen la mayor cantidad de aguas residuales son: azucarera, química, de papel y celulosa,

petrolera, de bebidas, textiles, siderúrgica, eléctrica y alimentaria. Estos nueve grupos aportan el 82% del total de aguas residuales de origen industrial.

Una forma en que la urbanización puede afectar la calidad del agua de la corriente es a través de cambios en temperatura del agua. La temperatura del agua de la corriente es mayor y más variable en las corrientes que drenan en tierras urbanas que en las corrientes que drenan tierras con cobertura boscosa. En el verano, durante las tormentas el escurrimiento de la lluvia de las superficies impermeables calientes (porciones del estacionamiento, tejados, etc.) hacia las corrientes, causa aumento de la temperatura. También las cuencas urbanas son probablemente menos sombreadas que en las cuencas forestadas más naturales. Donde hay una extensa superficie impermeable, la infiltración es reducida y consecuentemente el agua subterránea también es reducida. Todos estos factores contribuyen a temperaturas medias del agua más altas en cuencas urbanas en relación a cuencas forestadas (Klauda y Kazyak 2002).

Así como han existido culturas que lentamente destruyeron su hábitat, también el ser humano ha inventado técnicas y formas de alterar el entorno de manera armónica. Contra la contaminación ambiental el hombre moderno está creando diferentes formas de combatirlas, a un costo muy alto de capital y energía, pero en busca de un equilibrio que le permita seguir viviendo en el planeta. El hombre ha producido también desde hace mucho, sistemas artificiales amortiguadores o de equilibrio, y hoy más que nunca, debe ser consciente de su participación en la recuperación del ambiente, para mantener los medios de supervivencia (Mata 1982).

2.3. Usos de la tierra y la calidad del agua

Según Richters (1987) el uso de la tierra se puede entender como cualquier aplicación que se le haga a este recurso, en el sentido de que cualquier área definida tiene en efecto su uso. Según esta definición se debe admitir que el bosque natural en las cuencas hidrográficas es utilizado frecuentemente como área de protección para la producción de agua, recurso que es aprovechado para diferentes propósitos.

Las cuencas cubiertas por bosques producen agua de muy buena calidad, por la alta capacidad de infiltración de los suelos forestales, las bajas tasas de escorrentía superficial

y la falta de erosión acelerada. Los suelos forestales son excelentes filtros naturales para el agua. El agua proveniente de cuencas cubiertas por bosques vírgenes tiene la mejor calidad disponible. La sombra de los árboles cercanos a los cauces evita alteraciones en la temperatura del agua, y por lo tanto, cambios químicos y biológicos relacionados con la temperatura (Stadtmüller 1994).

Según Stadtmüller (1994) el agua proveniente de cuencas forestales se caracteriza por el bajo contenido de sedimentos, baja turbidez, bajo contenido de organismos infecciosos, baja temperatura, así como un alto contenido de oxígeno disuelto. Aparte de las propiedades hidrológicas de áreas cubiertas por bosques, es necesario mencionar dos aspectos adicionales para aclarar el rol de los bosques en la calidad de aguas:

- La presencia de bosques automáticamente significa la ausencia de usos intensivos (agricultura, potreros, industria) y por ende, de fuentes contaminantes.
- Si las riberas están cubiertas por bosques, generalmente impiden que sedimentos producidos por procesos erosivos lleguen al río.

La ausencia de un uso intensivo y de fuentes de contaminación, simplemente hace que un área boscosa (aparte de sus propiedades beneficiosas como alta infiltración, suelos profundos) garantice una alta calidad de agua. El área variable de afluencia en zonas forestales se limita generalmente a zonas inmediatas a los cursos de agua, aproximadamente 50 m, pero puede ser más ancho en zonas del trópico húmedo. Esto significa la necesidad de aplicar un cuidado particular en estas zonas pantanosas. De acuerdo a estas características, las zonas aledañas a los cursos de agua deben ser sometidas a ciertas restricciones de manejo o hasta ser excluidas de intervenciones forestales (Stadtmüller 1994).

Según Stadtmüller (1994), las intervenciones silviculturales y operaciones de manejo forestal pueden alterar algunos parámetros de calidad de agua tales como sedimentos y turbidez, temperatura y oxígeno disuelto. Los demás parámetros, tales como la concentración de nutrientes, la ocurrencia de organismos patógenos o la contaminación por agroquímicos, no son afectados por intervenciones silviculturales y otras operaciones de manejo, siempre y cuando no se usen herbicidas o fertilizantes a gran escala y dentro del área variable de afluencia.

Estudios sobre los efectos del manejo forestal en la calidad de agua mostraron tres impactos:

- Las intervenciones fuertes pueden aumentar localmente la escorrentía máxima, lo que incide en la erosión de la orilla del río y en la cantidad de sedimentos.
- La tala sustancial de árboles en zonas de ribera causa un aumento de la temperatura del agua con consecuencias en los procesos biológicos en el agua.
- La extracción puede aumentar considerablemente el aporte de sedimentos.

La deforestación interrumpe el ecosistema del bosque. El carácter físico, químico, y biológico de las corrientes que escurren de áreas deforestadas puede ser cambiado drásticamente debido al aumento de la radiación solar. Esto eleva las temperaturas de la corriente y puede alterar su biología. También puede depositar desechos orgánicos en el cauce, puede aumentar el hábitat de macroinvertebrados y el suministro de alimentos. Además, la deforestación de los bosques de galería interrumpe la capacidad de regulación del alimento del ecosistema y puede aumentar la lixiviación de productos químicos del suelo a las corrientes. La eliminación de los productos del bosque puede causar la erosión del suelo y el arrastre de sedimentos, que también pueden afectar la biología de la corriente (Noel *et al.* 1986).

Las diferencias de diversidad entre la cuenca alta y la baja se pueden también deberse a variaciones en la cobertura de la tierra, en la geología, en las variaciones naturales de la morfología del río y en su hidrología (Harding *et al.* 1999).

Vouri y Joensuu (1996), en una investigación sobre el impacto del drenaje del bosque sobre los macroinvertebrados de una cuenca alta, concluyeron que las actuales zonas de amortiguamiento y charcas de sedimentación son escasas para proteger la biodiversidad del drenaje de las corrientes, donde las tierras son fácilmente erosionables. Las corrientes de la cabecera de la cuenca son particularmente sensibles a los cambios de las prácticas de utilización del suelo en el área de captación. Estos cambios han sido tan rápidos e intensos en Europa y Norteamérica, que hoy día son difíciles de encontrar una corriente en su estado natural original.

Más de 30% de las 105 mayores ciudades del mundo dependen de áreas protegidas (parques y reservas) para su abastecimiento de agua, revela un estudio del WWF y el Banco Mundial. Según la investigación, los bosques protegidos por tales áreas ayudan a mantener la buena calidad del agua y pueden también ayudar a aumentar la cantidad, en

el caso de los bosques tropicales húmedos. El estudio realizado por la Alianza para la Conservación de Bosques y Uso Sostenible (WWF - Banco Mundial) contiene datos económicos que demuestran como es mucho más barato conservar los bosques en las áreas de manantiales (fuentes de agua) que construir centros de tratamiento más complejos para purificar el agua contaminada. La ciudad de Nueva York ilustra esa situación. Durante décadas la administración de la ciudad optó por purificar el agua potable filtrándola naturalmente por los bosques, a un costo inicial entre US\$ 1 billón a US\$ 1,5 billones en el periodo de diez años. Esto es siete veces más barato que los US\$ 6 a 8 billones que serían los gastos, en la forma tradicional de tratar y distribuir agua potable, más US\$ 300 a 500 millones anuales en costos operacionales (WWF-Brasil 2003).

Las áreas que aún teniendo pendientes fuertes, suelos superficiales y lluvias muy erosivas, tienen su cobertura natural, no son marginales desde el punto de vista biofísico en el contexto de manejo de cuencas. Sin embargo, cuando en ellas se produce el avance de la llamada "frontera agrícola", estas áreas se convierten en marginales siempre y cuando no se traten sobre la base de los objetivos del manejo de cuencas (sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales). Las decisiones relativas al planeamiento del uso adecuado de la tierra se basan en una serie de factores políticos, sociales, institucionales y físicos, interpretadas, en función de los objetivos del manejo de cuencas para que sirvan de base, para adoptar las decisiones sobre su uso final. Esa serie de factores biofísicos y socioeconómicos determinan una serie, de relaciones productivas de los hombres con la tierra y en las zonas tropicales húmedas. Se desconocen todavía muchas de las interacciones agua-suelo-planta que permitirían planificar adecuadamente sistemas de producción para abastecer la creciente población (Rodríguez 1988).

Heckadon (1999) menciona que en la cuenca del Canal de Panamá el estudio de la calidad de las aguas ha sido poco profundizado. Las contadas investigaciones realizadas se han concentrado en las tomas de agua de las potabilizadoras de Miraflores y Chilibre en Panamá y Mount Hope en Colón. En el resto del país la situación es similar, por no contarse con una red de estaciones para monitorear los cambios en la calidad de las aguas de ríos y quebradas. En el caso de la Cuenca del Canal, poco se sabe de lo que ocurre en la mayoría de los cursos de agua que fluyen a los lagos. A grandes rasgos, la evaluación hecha por el Proyecto de Monitoreo de la Cuenca del Canal de Panamá (PMCC) basada en indicadores de contaminación orgánica, inorgánica, microbiológica,

apuntan a un creciente deterioro de la calidad de las aguas. Sobretudo en el curso medio del Chagres, el sector más afectado por la urbanización e industrialización a lo largo del eje de la carretera Transistmica.

Bosques naturales bien manejados minimizan el riesgo de deslizamiento, erosión y sedimentación. Ellos mejoran substancialmente la pureza del agua, y en algunos casos también retienen y almacenan el agua, garantizando la integridad del suelo. El estudio "El Agua, los Bosques y las Ciudades", contiene tres recomendaciones para que las grandes ciudades consigan garantizar el abastecimiento de agua para sus poblaciones. La primera es la creación de áreas protegidas alrededor de los reservorios y manantiales. La segunda es el manejo de manantiales que están afuera de las áreas protegidas, pues la ocupación alrededor de los reservorios necesita obedecer a criterios que garantizan la protección del agua. Finalmente, el estudio resalta la importancia de restaurar áreas degradadas (WWF-Brasil 2003).

Según Frankenberger (2002) el factor más importante en la determinación del impacto negativo del desarrollo en calidad del agua parece ser el número y el grado de las áreas impermeables conectadas directamente con la red del drenaje de las alcantarillas. ¿Cuánto área impermeable es demasiado? Mucha gente ha sugerido que la deterioración de la calidad del agua comienza cuando el 10% a el 20% del área de la cuenca es impermeables. Los estudios en muchas áreas del país han encontrado que las concentraciones de varios contaminantes aumentan con el aumento de la cubierta impermeable, mientras que la biodiversidad disminuye. Debe tenerse presente que muchos de estos estudios han sido realizados en áreas donde el bosque es la utilización del suelo dominante fuera de áreas urbanas, en lugar de agricultura. Debido a que la calidad del agua del río y la biodiversidad dependen de una amplia gama de factores, incluyendo las prácticas de gestión que se ponen en ejecución, es inverosímil que los detalles específicos de las relaciones encontradas en una área se pueden asumir para ser verdades en otra área. La investigación está en curso para identificar otros métodos de relacionar impactos de la calidad del desarrollo y del agua.

2.4. Uso de la tierra e impacto de la actividad antropogénica en la zona de estudio

Se estima que las prácticas de uso de la tierra tienen impactos importantes, tanto en la disponibilidad como en la calidad de los recursos hídricos. Estos impactos pueden ser tanto positivos como negativos. Es lógico pensar que los beneficios de una mejora en el manejo de la tierra, o los costos asociados a los impactos negativos por un uso inadecuado de los recursos hídricos, podrían repercutir no sólo en los usuarios del agua que los causan, sino también en la población que vive en la cuenca baja o, en el caso de las aguas subterráneas, en los que hacen uso de los recursos contaminados. Para evaluar estos costos y beneficios, es importante tener una idea clara, desde la perspectiva del medio físico, de hasta qué punto las diferentes prácticas de uso de la tierra afectan al régimen hidrológico y la calidad del agua y en qué tamaño de cuenca son relevantes estos impactos. Para establecer las relaciones entre los usuarios del agua de la cuenca, es importante tener una clara idea de los posibles impactos de los usos de la tierra, tanto sobre el régimen hidrológico (disponibilidad de agua) como sobre la calidad del agua, y las escalas a las que estos impactos son relevantes (Kiersch 2000).

Calder (1998) discute que la base del conocimiento que se utiliza para la toma de decisión del uso de la tierra y del recurso de agua a menudo se sustenta más en la sabiduría (mito) que en la realidad establecida por la ciencia. Se sugiere más cuidado con los mitos porque las actividades de la tala de árboles son responsables por el mayor cambio del uso de la tierra que ocurre en el planeta hoy, y por consecuencia los mayores impactos hidrológicos.

Es difícil formular declaraciones universales con validez sobre los impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos por diferentes razones. Estos impactos dependen de un conjunto de factores naturales y socioeconómicos. Los factores naturales incluyen el clima, la topografía y la estructura del suelo. Los factores socioeconómicos incluyen la capacidad económica y la sensibilización de los agricultores, las prácticas de manejo y el desarrollo de la infraestructura, por ejemplo, las carreteras. Además, los impactos del uso agrícola de la tierra podrían ser difíciles de distinguir de los impactos naturales o de los impactos de origen humano, como es el caso del impacto de la escorrentía agrícola comparada con los sistemas de saneamiento rurales sobre la degradación de las aguas superficiales y subterráneas (Kiersch 2000).

El uso racional de la tierra es económicamente productivo sólo cuando se planea a largo plazo. Cuando el uso de la tierra es económicamente productivo, no solamente se goza de una satisfacción y orgullo en la posesión de la tierra, sino simultáneamente se dispone de tiempo y medios para la atención adecuada y el mantenimiento de todos los elementos comprendidos en el paisaje. Aún cuando el tiempo y la experiencia lograda parecen favorecer el desarrollo de un buen uso de la tierra, hay muchos factores que atentan contra este objetivo. Hasta que el hombre no aprenda a restringir el crecimiento de la población, el buen uso de la tierra será solamente un concepto teórico (Holdridge 1996).

La capital federal de Brasil, Brasilia, fue planificada en el centro del país con el propósito estratégico de promover el desarrollo del interior. Edificios del gobierno y gran parte de los servicios urbanos fueron construidos en los años 60. La ciudad se está expandiendo rápidamente sobre los 5814 km² del Distrito Federal. Pese a su posición estratégica, la diversidad biológica del Bioma Cerrado está siendo amenazada, debido a la intensificación de los procesos de urbanización y de ocupación agrícola, este proceso impide que se hagan estudios más profundos para el conocimiento de su inmenso potencial (UNESCO 2000).

El intenso flujo migratorio y el crecimiento de la agricultura han presionado el ambiente y amenazan alterar la planificación original de la ciudad, considerada patrimonio de la humanidad por UNESCO. No hay un sistema planificado de unidades de conservación y su número es bajo, inferior a 2% del área del bioma. La falta de integración entre las políticas agrícolas y ambientales tienen consecuencias inmediatas como la presión que ejerce la ocupación dentro de las unidades de conservación, dificultad en crear nuevas áreas protegidas, reducción y fragmentación de la vegetación dentro de las unidades de conservación, en los corredores ecológicos, e impactos irreversibles sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos (Verissimo *et al.* 2000).

El tipo y la intensidad del desarrollo humano y del uso de los recursos naturales provoca la pérdida de la diversidad biológica. La creación de "fronteras preservadas" es una actitud válida ante la continua reducción y fragmentación de los paisajes naturales. Sin embargo, no es suficiente crear Unidades de Conservación con el propósito de conservar la biodiversidad, sino que son necesarias la planificación y la gestión integrada del uso y

ocupación del territorio, así como el monitoreo y control adaptativo de las acciones que se introducen en el paisaje (Verissimo *et al.* 2000).

Souza (1990) en un estudio de la interdependencia entre del desarrollo ocupacional del Altiplano Central de Brasil y la calidad del agua disponible, recolectó una cuenca modelo (la cuenca hidrográfica del Río Corumbá) para el establecimiento de las condiciones que existen de niveles y distribución espacial de la ocupación, de las actividades con íntima relación con la calidad del agua. Se han estudiado los datos existentes de la calidad del agua y se ha hecho un análisis comparativo entre esos datos y los datos que son disponibles sobre las actividades ocupacionales. También se han utilizado los resultados de aplicaciones de modelos matemáticos de simulación de la calidad del agua en la cuenca modelo. Las conclusiones son las siguientes:

1. La contribución de sólidos que se han transportado por la actividad agrícola es significativa y corresponde a más de 85% del total transportado.
2. Es grande la capacidad de autodepuración de materias orgánicas biodegradables y de organismos patogénicos en la cuenca, pero esos parámetros no se hacen en límites críticos a nivel ocupacional del suelo; es decir, el desarrollo ocupacional del Altiplano Central no puede quedarse limitado por las descargas de aguas servidas municipales en los cuerpos de agua.
3. Existe la posibilidad de comprometimiento de las aguas en el Altiplano Central por las descargas de tóxicos de origen industrial y agrícola; ese hecho puede constituirse en limitación al desarrollo económico de la región.

Hay una fuerte tendencia de los ambientes acuáticos lénticos en el altiplano para la eutrofización; ese es el hecho más crítico que puede condicionar el desarrollo ocupacional de la región y, principalmente su desarrollo económico, porque los principales aportes de nutrientes en la cuenca modelo han resultado de las actividades agrícolas y de la ganadería, que son la base económica y la vocación del Altiplano Central de Brasil (Souza 1990).

El Río Gama posee en su nacimiento tres pequeñas captaciones (Catetinho II, III e IV), que abastecen el barrio Park Way y el Núcleo Rural Vargem Bonita. A pesar de que el APA Gama e Cabeça de Veado fue creada en 1986, aún no se ha realizado la zonificación y

posterior plan de gestión del área, que se traduciría en un instrumento importante en la búsqueda de una ocupación más ordenada, preservando los ecosistemas naturales, conforme a la legislación ambiental y de recursos hídricos vigente (Araujo, 2003). Los principales problemas que afectan la cuenca Gama son: crecimiento acelerado de la población, contaminación de las aguas, erosión y sedimentación, incendios forestales, construcción de carreteras e invasiones de tierras públicas para urbanización, muchas veces localizados en Reservas Ecológicas, que son áreas de preservación permanente, tales como nacientes de agua, bosques de galería, veredas y pendientes acentuadas muy susceptibles a procesos erosivos (Sinhoroto 2002).

2.5. El efecto del uso de la tierra sobre la cantidad de agua y los caudales

Los resultados de docenas de investigaciones en cuencas experimentales alrededor del mundo, incluyendo el trópico húmedo – particularmente las realizadas para probar la hipótesis de que la cobertura vegetal afecta la producción de agua – muestran una evidencia indudable de que terrenos cubiertos por bosques producen menos agua que los mismos terrenos en barbecho, pasto o cultivos pequeños (Hewlett 1979; Bosch y Hewlett 1982; Hamilton *et al.* 1985). En zonas húmedas tropicales, esta diferencia es de aproximadamente 10% (Brujinzeel *et al.* 1987), con una variación entre 110 y 825 mm/a en el primer año después de la conversión y un promedio de 200 a 300 mm/a, comparando bosque con una cobertura de pasto bien manejada (Brujinzeel 1990). La menor producción de agua de bosques en comparación con otras coberturas vegetales se debe principalmente a la alta evapotranspiración de los bosques (Baumgartner 1970).

No obstante esta realidad probada científicamente, no ha sido aceptada todavía por gran parte del público general, ya que no corresponde al “mito” bosque. Sin embargo, varios países ya han considerado este hecho en leyes, decretos y guías de manejo (Hewlett 1982), donde por ejemplo, en ciertas áreas de poca precipitación, se prohíben reforestaciones (Inglaterra y Sudáfrica), o en áreas boscosas de recarga para acuíferos para agua potable, los planes de manejo prescriben mantener una cobertura boscosa poco densa pero con alta capacidad de protección del suelo y la hojarasca (Alemania) (Stadmuller 1994).

Un cambio en la cubierta del suelo de especies de menor a mayor evapotranspiración (ET) conduce a un descenso en el caudal anual. De una revisión de 94 cuencas de recepción experimentales, Bosch y Hewlett (1982) concluyeron que el establecimiento de una cubierta forestal en un terreno con núcleos de vegetación aislados reduce la escorrentía superficial de agua. Los bosques de coníferas, las especies madereras de hoja caduca, el monte bajo y las praderas tienen (en ese orden) una influencia decreciente en la escorrentía superficial proveniente de superficies fuente donde las cubiertas han sido manipuladas. Contrariamente, un cambio de una cubierta vegetal de mayor a menor ET incrementará la escorrentía superficial media: una reducción en la cubierta forestal incrementa el aporte de agua. El impacto, sin embargo, depende mucho de las prácticas de manejo y de los usos de la tierra alternativos. Una explotación forestal cuidadosa y selectiva tiene un efecto muy limitado o nulo sobre el caudal. El caudal después del desarrollo de la nueva cubierta vegetal podría ser más alto, el mismo o inferior al valor original, dependiendo del tipo de vegetación (Bruijnzeel 1990).

El caudal disminuye en el tiempo con el establecimiento de la nueva cubierta vegetal, pero las escalas temporales varían bastante. En zonas húmedas y cálidas, el efecto de la tala es más corto que en las zonas menos húmedas, debido al rápido crecimiento de la vegetación (Falkenmark y Chapman 1989). A medida que la precipitación aumenta, disminuye la influencia de la cubierta vegetal y del suelo sobre los caudales de tormentas. En cuencas mayores, los efectos de las prácticas de uso de la tierra sobre los caudales pico son contrarrestadas por el tiempo de respuesta de los diferentes tributarios, diferentes usos de la tierra y variaciones en la precipitación (Bruijnzeel 1990). En cuencas mayores, este efecto de falta de sincronización puede llevar a una reducción en la descarga del caudal punta, aunque se incrementa el caudal global debido a los cambios en el uso de la tierra en determinadas subcuencas (Brooks *et al.* 1991).

El efecto del cambio en el uso de la tierra sobre el caudal en la estación seca depende de los procesos concurrentes, pero fundamentalmente de los cambios en la ET y de la capacidad de infiltración. El impacto neto es normalmente muy específico de las condiciones locales (Calder 1998). La mayor parte de los ensayos llevados a cabo en regímenes dominados por la precipitación muestra que la eliminación de los bosques (o el cambio de especies altamente consumidoras de agua a especies de bajo consumo) incrementa los caudales en la estación seca (Brooks *et al.* 1991). En contraste, estos caudales provenientes de la tierra deforestada podrían decrecer si se redujera la

capacidad de infiltración del suelo, por ejemplo mediante el uso de maquinaria pesada (Bruijnzeel 1990). El bajo caudal que resulta de extensos periodos sin lluvias o de sequía no se vería alterado substancialmente por los cambios en la cubierta vegetal (Brooks *et al.* 1991).

Estudios de comportamiento hidrológico de cuencas en zonas templadas indican que la eliminación de los bosques en las cuencas significa un aumento en los caudales, debido a la reducción de pérdidas por la alta evapotranspiración característica de los bosques. Sin embargo, en el caso de bosques nublados, especialmente en zonas tropicales, la deforestación puede causar una pérdida sustancial de agua en la cuenca (Zadroga 1981). Esto se debe a varios factores de los cuales el más importante es el ingreso adicional de agua al bosque por medio de la precipitación horizontal, lo que puede significar un aumento considerable de agua en el balance hídrico (Stadmuller 1986).

El manejo de la cobertura forestal puede realizarse con el objetivo de aumentar la producción de agua mediante la tala selectiva de árboles, de tal manera que la reducción de la interceptación y transpiración de los árboles remanentes sea mayor que el aumento de interceptación y transpiración de la vegetación del suelo más la evaporación del mismo (Lull 1970). El mismo autor manifiesta que, teóricamente, el método más eficiente para aumentar la producción de agua es eliminar la cobertura forestal manteniendo una cobertura que garantice la protección del suelo. Sin embargo, en la práctica, es el bosque el que garantiza mejor y a más bajo costo una adecuada protección del suelo.

Witch (1961) resalta que la no consideración del aporte de agua por medio de la precipitación horizontal en cuencas con componentes de bosques nublados, significa un gran error para la determinación volumétrica de la precipitación, lo que a su vez introduce valores equivocados en la estimación del balance hídrico de la cuenca.

Tosi (1974) menciona que la deforestación de bosques nublados tropicales da lugar a una disminución de los caudales, lo que significa a la vez una reducción de la recarga de los acuíferos subterráneos. Budowski (1980) indica que los bosques nublados a través de su "efecto de esponja" tienen gran importancia hidrológica. Su remoción puede tener consecuencias catastróficas para los valles situados aguas abajo. Lamentablemente, la

deforestación en los trópicos muy a menudo va seguida por un cambio de uso de la tierra que disminuye a un nivel tan bajo que la mayoría del agua proveniente de la lluvia escurre superficialmente (Bruijnzeel 1990).

El Parque Nacional "La Tigra" ubicado apenas a 20 km de la capital de Honduras, Tegucigalpa, tiene una superficie de 7500 ha, la mayoría cubierta por bosques nublados a alturas entre 1500 y 2200 msnm. Esta área suministra entre 30% y 50% del agua potable de Tegucigalpa (Campanella *et al.* 1982). Durante los meses secos (marzo, abril y mayo) el porcentaje de agua potable suministrado por el área de "La Tigra" sube drásticamente ya que las otras fuentes de agua para Tegucigalpa bajan en forma muy marcada su capacidad de abastecimiento. Es por eso que muchos esfuerzos para proteger mejor esta área han sido justificados con el argumento de la importancia hidrológica de este bosque (Stadmuller 1986).

2.6. El Bioma Cerrado

El bioma Cerrado presenta una de las diversidades más ricas dentro de la vegetación de sabanas del mundo (Sano y Almeida 1998), con cerca de 400 especies vasculares por hectárea. Excepto para ciertas porciones del bosque pluvial tropical, es la más rica vegetación de la Tierra (Einten 1990). En la época seca, las quemadas dominan extensas áreas, alimentadas por las hojas secas y la baja humedad relativa. La vegetación presenta estrategias de adaptación a la sequía, con sus raíces alcanzando profundidades abajo de 10 m, con germinación de semillas en la época de lluvia y crecimiento radicular pronunciado en los primeros estadios de desarrollo (Sano y Almeida 1998).

El Cerrado, en sus varias fisionomías, abarca 20 grados de latitud, cubre un área de cerca de 20 millones de hectáreas, o sea, 20% del territorio brasileño. Tiene un clima tropical con precipitación promedio entre 750 a 2000 mm/año. El clima poco ameno es responsable por el alto grado de intemperización de los suelos y por su baja fertilidad natural, que, a pesar que son profundos, presentan restricciones en cuanto a la disponibilidad de nutrientes y grandes cantidades disponibles de hierro y aluminio (UNESCO 2000).

El fuego es otro factor importante en determinar cambios en las fisionomías naturales. Su principal fuente de combustible son las gramíneas que forman la capa rastrera. Las

quemadas pueden ser intensas en la estación seca, afectando principalmente a capa arbustiva y la regeneración natural de las especies arbóreas. La riqueza y la diversidad de las formaciones de sabanas y forestales del bioma son elevada. La diversidad genética también es alta, especialmente porque este presenta en el estrato arbóreo un gran número de géneros con pocas especies (UNESCO 2000).

2.7. El Área de Preservación Ambiental Gama-Cabeça de Veado y la cuenca Gama

Con la implementación de la Ley 9985, que instituye el Sistema Nacional de Unidades de Conservación (SNUC), se pretendió uniformizar la base conceptual referente a las áreas protegidas, particularmente en lo que dice con respecto a las categorías de unidades de conservación en las tres esferas del gobierno (federal, estatal y municipal). La ley de SNUC definió conservación de la naturaleza como el manejo del uso humano de la naturaleza, incluyendo la preservación, la manutención, la utilización sostenible, la restauración y la recuperación del ambiente natural. El objetivo es producir el mayor beneficio, basado en la sostenibilidad para las actuales generaciones, manteniendo su potencial de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras, y garantizando la sobrevivencia de los seres vivos en general (Araujo 2003).

En el SNUC, el Área de Protección Ambiental (APA) es definida como una área en general extensa, con un grado de ocupación humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos o culturales especialmente importantes para la calidad de vida y el bienestar de las poblaciones humanas. Los objetivos básicos de las APAs son proteger la diversidad biológica, disciplinar el proceso de ocupación y asegurar la sostenibilidad del uso de los recursos naturales. El Área de Protección Ambiental es constituida por tierras públicas o privadas (Araujo 2003).

Parte del Área de Preservación Ambiental (APA) Gama-Cabeça de Veado forma parte de la Reserva de la Biosfera del Cerrado, creada por UNESCO en 1994, por varios motivos: por la riqueza singular de su biodiversidad, por ser uno de los biomas más amenazados del Planeta, porque la ocupación humana actualmente está entre los 25 biomas pronosticados como posibles de desaparecer y por nacer en el cerrado los grandes ríos brasileños que abastecen las cuencas Amazonas, São Francisco y Prata. El nivel de desconocimiento del Cerrado en cuanto a su potencial biológico, la falta de políticas

eficaces de planificación, desarrollo y conservación, ausencia de zonificaciones ambientales integradas para las áreas urbanas y rurales, falta de tecnologías apropiadas para los productores y el no-reconocimiento del Cerrado como patrimonio nacional (Verissimo *et al.* 2000).

Las tres principales unidades de conservación del Distrito Federal están alejados una de otra como máximo 50 km, estas son: el Parque Nacional de Brasilia con 30.000 ha y las otras dos con 10.000 ha en cada reserva ecológica. El APA Gama e Cabeça de Veado comprenden una zona residencial y tres reservas ecológicas y reservas científicas contiguas que pertenecen a la Universidad de Brasilia, al Instituto Brasileño de Geografía y Estadística y al Jardín Botánico. Tal APA protege importantes nacientes y riachuelos y abriga la mayoría de las investigaciones de largo plazo en el cerrado (figura 1A).

2.8. La legislación y la conservación de los recursos naturales en Brasil

Si bien es cierto que Brasil tiene una de las mayores biodiversidades del planeta, por otro lado todavía hay mucho que hacer para superar el desconocimiento de ésta. Se calcula que son cerca de 3 millones de especies no identificadas, lo que corresponde a 20 veces más que el número de especies conocidas. Por lo tanto, además del esfuerzo de investigación para catalogar la biodiversidad, es importante que áreas significativas sean preservadas para que la riqueza biológica, aunque todavía desconocida no se pierda bajo el desarrollo (Sarney 2000). Según Porreca (1996), en términos de protección, se puede utilizar tres instrumentos que son las leyes y decretos, los instrumentos técnicos como monitoreo, sistemas de información y administrativos y en último caso, las instrucciones normativas y multas, que son instrumentos punitivos.

El Código de Aguas (Brasil 1934) fue una de las primeras leyes federales para la protección del medio ambiente. Otros avances surgieron en la década de 60 con el Código Forestal (Brasil 1965), Ley de Protección a la Fauna (Brasil 1967a) y Código de Minería (Brasil 1967b) y, en las últimas décadas con la creación de la Política Nacional del Medio Ambiente (Brasil 1981) y de la Política Nacional de Recursos Hídricos. La función de las leyes relativas al medio ambiente es minimizar la interferencia causada por la utilización de los recursos naturales. Sin embargo, no siempre estas leyes son efectivamente cumplidas. Los trabajos de conservación de agua y suelo practicados antes

de la aprobación estas leyes estaban restringidos a algunas acciones aisladas hechas a nivel de propiedad agrícola, no surtiendo efectos notables (Brasil 1983).

Para que se llegara a un equilibrio entre la preservación del medio ambiente y las actividades de producción sería importante un análisis global de regiones visualizando el uso múltiple, continuo y económico de los recursos naturales. En esto se basa la decisión de trabajar con cuencas hidrográficas, cuya filosofía de acción presupone la integración de esfuerzos en la identificación, discusión e implementación de las propuestas para la solución de problemas comunes (Brasil 1983).

2.8.1. La Política Nacional de los Recursos Hídricos

La Ley del Derecho del Agua de Brasil es el Código de las Aguas, del 10 de julio de 1934, y a pesar de sus más de 60 años, todavía es considerada por la Doctrina Jurídica como uno de los textos modelos del Derecho Positivo Brasileño. La Constitución Nacional actual modificó el texto del dominio privado del agua, de manera que desde 1988 todos los cuerpos de agua son de dominio público. La Ley No. 9433 de 1997 creó el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, cuya presidencia es ocupada por el titular perteneciente al Ministerio del Medio Ambiente – MMA, y cuya Secretaría Ejecutiva es la Secretaría de Recursos Hídricos, que hace parte de la Administración Centralizada integrante de la estructura del MMA. Sobre esta ley, es importante resaltar que su texto proclama, con mucha claridad, los principios básicos practicados hoy en casi todos los países que avanzaran en la gestión de los recursos hídricos (Garrido 1999).

El primer principio es considerar la cuenca hidrográfica como unidad de planificación pero tomando en cuenta también las aguas subterráneas. El segundo principio es el de los usos múltiples del agua, donde pone todas las categorías de usuarios en igualdad de condiciones en términos de acceso a ese recurso natural. El tercer principio es el reconocimiento del agua como un bien finito y vulnerable, que por lo tanto requiere una utilización conservacionista. El cuarto dice del reconocimiento del valor económico del agua, dato que sirve como argumento para el cobro de la utilización de este recurso. El quinto y último dice de la gestión descentralizada y participativa, o sea, lo que se puede ser decidido por los gobiernos regionales o locales con participación de la sociedad organizada, ONGs y usuarios (Garrido 1999).

Al disponer sobre un recurso natural que se distribuye espacialmente por todo el país, la Política Nacional de Recursos Hídricos se constituye en una etapa importante para el ordenamiento del territorio brasileño, ya que uno de los objetivos establecidos por esta Ley es "asegurar a la actual y a las futuras generaciones la necesaria disponibilidad de agua, en patrones de calidad adecuados a los respectivos usos" o sea, el uso sostenible de los recursos hídricos del territorio. Con el mismo énfasis se destacan entre las directrices generales de acción para la implementación de esta Política, la adecuación de la gestión de recursos hídricos a las diversidades de recursos hídricos con la gestión ambiental; la articulación de la gestión de recursos hídricos con a del uso de la tierra; y la integración de la gestión de la cuencas hidrográficas con a del sistema estuario y costero (Domínguez y Santos 2003).

Al cuantificar los planes directores, la ley confiere al instrumento el direccionamiento de los programas de recursos hídricos, lo que implica compatibilizarlos con los planes sectoriales del uso del agua y articulación con los demás instrumentos de planificación del uso del suelo, como la zonificación ecológica y económica (Domínguez y Santos 2003). La sanción de esta Ley N.º 9433/97 trajo una serie de expectativas para la sociedad brasileña con relación a la concretización de varios de sus ideales en cuanto a la preservación de los recursos hídricos (Garrido 2003).

El Sistema Nacional de Gerencia de Recursos Hídricos, creado por la Ley N.º 9433/97, tiene como objetivos: coordinar la gestión integrada de las aguas; arbitrar administrativamente los conflictos relacionados a los recursos hídricos; implementar la Política Nacional de Recursos Hídricos, y planear, regular y controlar el uso de recursos hídricos (art. 32). Estos objetivos tienen diferentes énfasis en el ámbito de la base territorial considerada, y su logro depende de estrecha articulación con los demás sistemas de gerencia que actúan en el uso y ocupación del suelo. Gran parte de los conflictos sobre agua que el sistema de recursos hídricos tendrá que administrar viene del uso y ocupación inadecuados de la tierra, que terminan por reflejarse en los recursos hídricos. Integran el Sistema Nacional de Gerencia de Recursos Hídricos: el Consejo Nacional de Recursos Hídricos, la Agencia Nacional del Agua, los Consejos de Recursos Hídricos de los Estados y del Distrito Federal, los Comités de Cuenca Hidrográfica, las instituciones de los poderes públicos, federal, estatales y municipales, cuyas competencias se relacionan con la gestión de recursos hídricos y las Agencias de Agua (Domínguez y Santos 2003).

El Código Forestal (Ley No. 4771 1965) dice que la vegetación natural existente en las nacientes de los ríos y los bosques de galería son considerados Áreas de Preservación Permanente. En el caso de deforestación, los propios infractores, además de restaurar estos bosques con especies nativas, deberán pagar multa de valor variable. Serán constituidas en las nacientes del río un área en forma de paralelogramo, denominada Paralelogramo de Cobertura Forestal, que será establecido tomándose en cuenta la longitud y el ancho del río, en la cual está vedada la deforestación de cualquier forma (Garrido 1999).

2.8.2. La Política de los Recursos Hídricos del Distrito Federal

El uso y manejo de la Cuenca Gama se aplica a la Política de los Recursos Hídricos del Distrito Federal y esta se dio a partir de la aprobación de la Ley No. 512 de 28 de julio del 1993, que ha permitido al Gobierno del Distrito Federal, en los últimos siete años, tomar iniciativas en el sentido de la consolidación del Sistema de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Distrito Federal. En 13 de junio del 2001 la Ley No. 512 fue substituida por una otra ley – la Nueva Ley de las Aguas del Distrito Federal, la Ley No. 2725, ya en fase de reglamentación. Esta ley posee muchos puntos en común con la Ley N.º 9433 de 08 de enero de 1997 (que instituye la Política Nacional de Recursos Hídricos), principalmente en lo que se refiere a sus instrumentos de gestión: los planes directores de recursos hídricos, la clasificación de cuerpos de agua en clases de uso preponderantes, otorga del derecho del uso y el sistema de informaciones de recursos hídricos y el cobro por el uso del agua. La existencia de órganos como el Consejo de Recursos Hídricos y los Comités de Cuenca Hidrográfica garantizan la participación de la comunidad, de organizaciones civiles y de instituciones de investigación en el complejo proceso de gestión de aguas (SEMARH 2003).

La Ley Distrital No. 512 estableció la Política de Recursos Hídricos del Distrito Federal e instituyó el Sistema de Gerencia Integrado de Recursos Hídricos y eligió la SEMARH como institución gestora del sistema, de la gerencia de los recursos hídricos en los aspectos de calidad y cantidad, también del ejercicio de las atribuciones de fiscalización del cumplimiento de la legislación del uso, control, protección y conservación de los recursos hídricos (Leite *et al.* 2001).

La estructura institucional de recursos hídricos de visión sistémica, con estructura descentralizada y participativa, carece sin embargo, de una entidad reguladora que de equilibrio y sostenibilidad al sistema, tal como la Agencia Nacional de Aguas (ANA) (Leite *et al.* 2001).

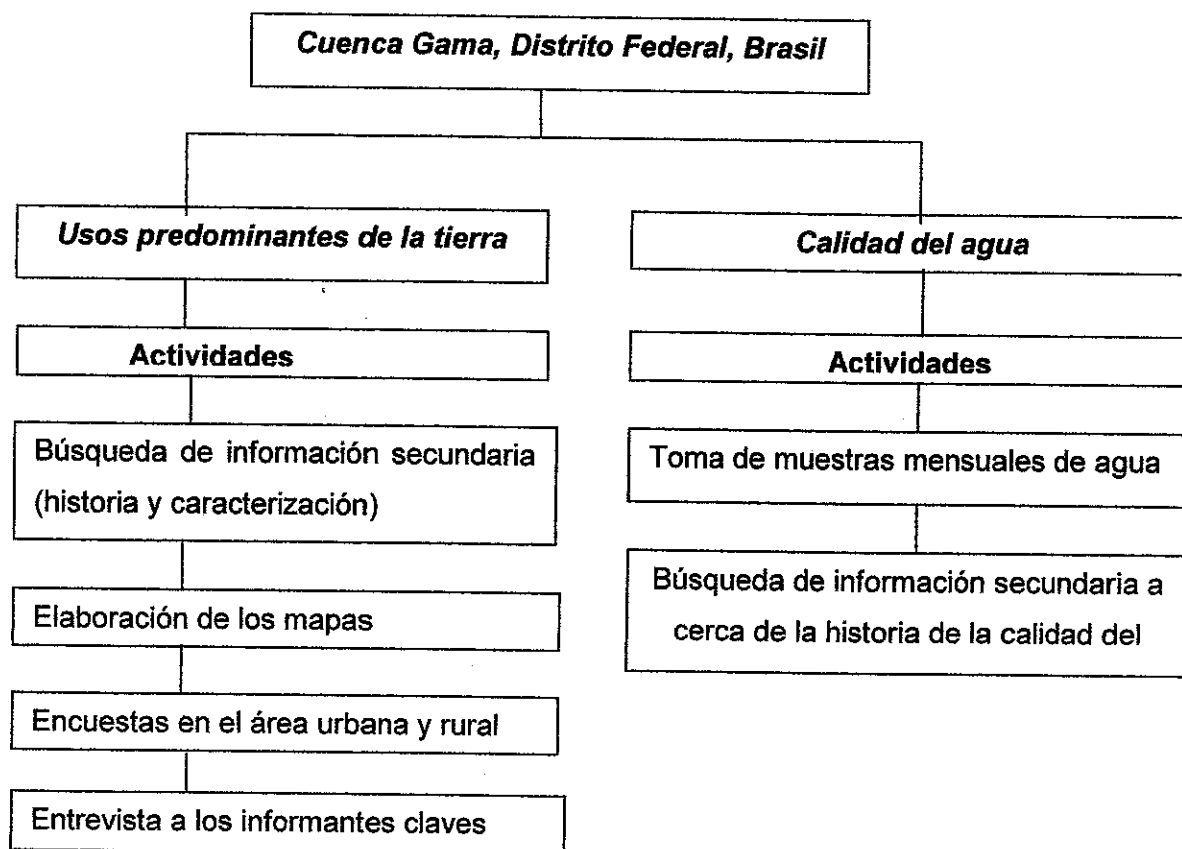
El Gobierno del Distrito Federal, asumiendo la incumbencia, propuso la creación de una Agencia Distrital de Aguas. El ADA garantizará la consolidación y sostenibilidad del sistema por medio del otorgamiento cobro por el uso de los recursos hídricos. Lo más importante en la nueva Ley No. 2725 es la ampliación de la participación de la sociedad civil en el proceso de formación de los Comités de Cuenca y la participación de representantes de los Poderes Judicial y Legislativo en el Consejo de Recursos Hídricos del Distrito Federal (Leite *et al.* 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio es la cuenca Gama está localizada al suroeste del centro de Brasilia, en la zona suburbana de la ciudad. Esta área está entre los paralelos 15°50' y 16° de Latitud Sur y los meridianos 47°50' y 48° Longitud W (Ferreira 1998) y tiene un área de 14868 ha (figura 1).

Las actividades desarrolladas para la realización de este estudio son mejores visualizadas en el esquema abajo:



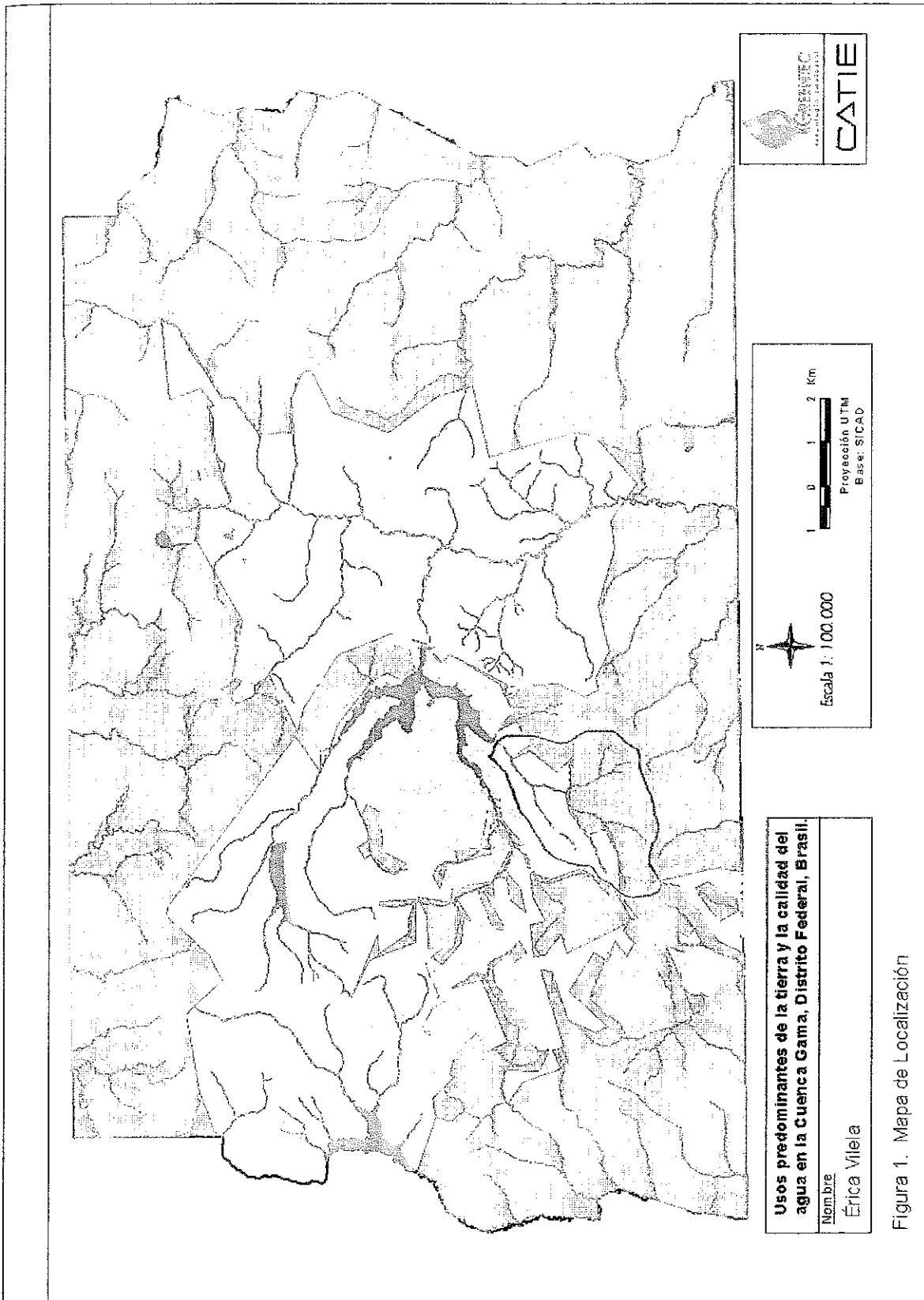


Figura 1. Mapa de Localización

3.2 Caracterización biofísica

La primera etapa comprendió la recolección de información secundaria existente de la zona relacionada con área de la cuenca. Para eso se realizó una búsqueda en la biblioteca de la Universidad de Brasilia, sobretodo de tesis que fueron o han sido desarrolladas en la cuenca. Además de entrevistas con investigadores que trabajan en la cuenca ayudaron con indicaciones, sugerencias, préstamo de libros, tesis y artículos importantes.

La segunda etapa comprendió en obtener informaciones del tipo área de la cuenca, porcentaje del área de cada uso de la tierra predominante, clasificación de suelo, cobertura vegetal, pendiente, geología y hidrogeología, geomorfología, planialtimetría, potencial de recarga natural por medio de mapas, fotos aéreas e imágenes de satélite.

En la Compañía de Aguas y Aguas Negras de Brasilia (CAESB) se obtuvieron los datos históricos y actuales de caudal del Río Gama en el sitio de captación de agua potable que esta institución maneja en la cuenca.

En cuanto a la precipitación, los datos se obtuvieron de una estación meteorológica ubicada dentro de los límites de la cuenca Gama administrada por la Reserva Ecológica del IBGE.

Con base en esos datos se hizo un análisis comparativo de las variaciones a través del tiempo de ambas variables y se hizo observaciones con relación al desarrollo histórico de usos de la tierra en la cuenca, a través de variables como por ejemplo, aumento de la población de la cuenca.

3.2.1 Metodología de los mapas

Para la elaboración de la base cartográfica 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 planes de información fueron identificados y separados utilizándose el Sistema de Información Geográfica Arc View 3.2 y, posteriormente, se realizó la intersección de los

mismos con el límite de la Cuenca Gama, a través del procedimiento "clipping" (proceso de extraer un subconjunto de datos de un conjunto mayor, por medio de selección de los datos localizados adentro y afuera del área de recorte. Esa área es normalmente un polígono cerrado.

La elaboración de los mapas temáticos se realizó de la siguiente manera:

- a) **Mapa ambiental:** se utilizó como fuente el Mapa Ambiental elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Hídricos del Distrito Federal (SEMARH) en el año de 2000, en escala 1:150.000. El mapa original se procesó en el Sistema de Informaciones Geográficas Arc View 3.2 y el producto generado fue el mapa ambiental del área de la Cuenca Gama, con todas las áreas protegidas.
- b) **Mapa de pendiente:** a partir de los archivos digitales conteniendo las curvas de nivel en escala 1:10.000 se generó el mapa de pendientes del área de estudio. Fueran establecidas cuatro clases de pendientes (0-5%, 5-15%, 15-30% e >30%).
- c) **Mapa geológico/hidrogeológico:** se utilizó como fuente el Mapa geológico/hidrogeológico elaborado por Campos & Freitas Silva (1998). Para el mapa digital se aplicó el procedimiento "clipping" y el producto generado fue el mapa geológico/hidrogeológico del área de la cuenca Gama.
- d) **Mapa geomorfológico:** se utilizó como fuente el mapa geomorfológico elaborado por Pinto (1990). El mapa digital original se aplicó el procedimiento "clipping", extrayéndose el mapa geomorfológico del área de la cuenca Gama, conteniendo tres clases (área intermedia, regiones de chapada y planicies aluviales y alveolares).
- e) **Mapa planialométrico:** este producto se generó mediante la extracción de información de los archivos vectoriales de SICAD (curvas de nivel, vías urbanas, lotes e hidrografía) en escala 1:10.000 en ambiente de Arc View.
- f) **Mapa de suelos:** se utilizó como fuente el mapa de suelos elaborado por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) en el año de 1997, en escala 1:100.000, el mapa de suelos del área de la cuenca Gama mediante el procedimiento "clipping".
- g) **Mapa de vegetación y uso del suelo:** para este producto se generó a partir del procesamiento y ediciones del mapa de vegetación y uso del suelo del Distrito Federal del año de 2001, en escala 1:100.000, publicado por UNESCO (2003) en

el libro "Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço".

- h) **Mapa de potencial de recarga natural de agua:** el mapa de potencial de recarga natural fue generado mediante la combinación de informaciones de los mapas de pendiente, hidrogeología y uso del suelo, utilizándose el módulo "Spatial Analyst" del SIG Arc View. Primeramente se realizó una reclasificación del mapa de pendientes para solamente dos clases (0-15% y >15%). Los pesos atribuidos para cada clase de los diferentes temas utilizados en la operación se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Temas, clases y respectivos pesos utilizados para la generación del mapa de recarga natural.

Tema	Clase	Peso
Pendiente	0-15%	8
	>15%	3
Hidrogeología*	P ₁	6
	P ₂	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 rasas con alto riesgo de contaminación)

Fuente: profesor Elói Campos

La fórmula matemática aplicada fue la siguiente:

$$\text{Recarga} = \text{Pendiente} + \text{Hidrogeología} + \text{Vegetación y Uso del Suelo}$$

Posteriormente se procedió el agrupamiento de los valores del potencial natural de recarga en cuatro clases: a) muy baja: valores 10, 11, 12; b) baja: valores 13, 14, 15 y 16; c) mediana: valores 17, 18, 19 y 20; d) alta: valores 21, 22 y 23.

3.3 Caracterización socioeconómica

Se recopiló y sistematizó información relevante sobre los cambios demográficos en la cuenca, condiciones sociales, educación, vivienda, ingresos e incremento de la urbanización. La información fue recopilada a partir de los registros de la Secretaría de Urbanización del Gobierno del Distrito Federal y en la Región Administrativa del Núcleo Bandeirante, responsable de la gestión de los barrios existentes en la cuenca.

Para el estudio del ordenamiento territorial de la época de la planificación del Distrito Federal, se consiguió el Informe Belcher, que es el documento realizado por la firma Donald J. Belcher and Associates (ITHACA, NEW YORK), contratada por el gobierno brasileño en 1954, al decidir por la aplicación de un dispositivo constitucional que, desde 1891, determinaba la interiorización de la capital para el levantamiento y selección de un local donde sería implantada la nueva capital de Brasil. Entonces a partir de este documento es posible hacer una comparación entre el ordenamiento territorial de acuerdo con este informe y los usos actuales de la cuenca Gama, formando así una matriz donde se identificó los conflictos existentes en la zona.

3.3.1 Identificación de los usos actuales de la tierra predominantes y las principales actividades humanas en la cuenca Gama

Se recolectó información relevante sobre el tipo y extensión de actividades agrícolas y sobre el plan de urbanización del área. Para eso se utilizó imágenes de satélites y datos de la bibliografía existentes en las bibliotecas de la Universidad de Brasilia y la Secretaría de Urbanización del Gobierno del Distrito Federal.

Se realizaron entrevistas a 25 productores en la zona agrícola, con el objetivo de saber sobre las actividades desarrolladas dentro de cada finca que pueden influir en la calidad del agua, por ejemplo cuáles los cultivos, tipo de manejo de desechos sólidos y líquidos, y conocimiento de la legislación acerca de la conservación de la vegetación nativa y de los recursos hídricos, etc. De la misma manera se realizaron entrevistas a 91 habitantes de la zona urbana para saber sobre el manejo de desechos, el uso del río y conocimiento de la legislación. También fueron entrevistados los informantes claves de las instituciones involucradas en el manejo de la cuenca Gama, o sea, el director de la Región

Administrativa Núcleo Bandeirante, a la que pertenece los barrios Park Way e Vargem Bonita; la directora de la Reserva Ecológica del IBGE; el director de la Hacienda Agua Limpa, el responsable por la captación de CAESB; el director de la subsecretaría de Recursos Hídricos de SEMARH. A todos se les hizo básicamente las mismas preguntas acerca de la participación de las respectivas instituciones en el manejo de los recursos hídricos, de la vegetación y fauna, de la ocupación del área y de la legislación.

3.4 Monitoreo de la calidad del agua superficial en relación al uso de la tierra predominante en la cuenca Gama

3.4.1 Selección de estaciones de muestreo y frecuencia de monitoreo

La información fue recolectada mediante mediciones en campo, a través de un muestreo de juicio, con dos puntos de muestreo en cada uso de la tierra. A través de la imagen de satélite se identificaron los tres usos predominantes de la tierra en la cuenca Gama: en áreas con cerrado muy conservado, cerrado con intervenciones agrícolas de hortalizas y cerrado con intervenciones urbanas. En un reconocimiento de la zona y con la información obtenida en un recorrido de la misma, se identificaron, los sitios críticos para el monitoreo de calidad de agua, consistiendo además del uso de la tierra, el acceso principalmente. Esta actividad se realizó de manera conjunta con técnicos de Secretaría de Producción Agrícola de Vargem Bonita (EMATER).

Una vez seleccionadas las estaciones de muestreo, fueron georeferenciadas (cuadro 1A) mediante el uso de un GPS, con el propósito de que las estaciones fueran exactamente las mismas durante todo el trabajo. A partir de ahí, se colectaron muestras de agua, siempre en la mañana, utilizándose frascos de polietileno para los parámetros fisicoquímicos y de vidrio para los parámetros bacteriológicos; se mantuvieron en refrigeración a en una caja térmica con hielo hasta la entrega antes del mediodía. Las muestras de agua fueron seleccionadas al azar en el margen del cauce, según las indicaciones del propio laboratorio de CAESB, o sea introduciendo totalmente los frascos en el agua de manera que no quedara volumen de aire en su interior y que quedaran bien cerrados. El periodo del monitoreo comprendió de los dos últimos meses de la estación lluviosa (marzo y abril) y los dos primeros meses de la estación de estiaje (mayo y junio),

tomándose una muestra en cada mes mencionado.

En cada punto de muestreo se estimó la pendiente utilizándose el mapa de pendiente. Para todos los datos se tomó en cuenta el sitio, frecuencia y época aún como alguna información relevante por parte de los habitantes, por ejemplo, en la zona rural si el día del muestreo se había aplicado agroquímicos en las hortalizas o si habían lavado los trastes en el río.

3.4.2 Análisis de calidad del agua

Los análisis se realizaron en el laboratorio de CAESB, de acuerdo a las especificaciones de "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater", 19th edition.

A partir de las informaciones obtenidas del análisis del agua efectuado por el Laboratorio de CAESB, se calculó el Índice de Calidad siguiendo el procedimiento propuesto por Lobo (2000) y Canter (1998). Para ello se utilizaron las curvas de aptitud de cada parámetro (A1) para encontrar el valor del subíndice respectivo de cada parámetro "i", es decir, se transforman los valores originales medidos a subíndices con rango que oscilan entre 0 y 100, nivel mínimo y máximo de calidad respectivamente (Ott s.f.). La importancia o peso relativo asignado a cada parámetro se realizó con base en la propuesta de Lobo (2000) sin embargo, como el Laboratorio de CAESB no realiza el análisis de algunos de los parámetros, se ponderó el peso de los parámetros disponibles de acuerdo con su importancia, de tal manera que la suma algebraica de estos sea igual a uno.

El Índice de Calidad de Agua (ICA) se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$ICA = \sum I_i * W_i$$

Donde I es el valor del subíndice del i-ésimo parámetro y W es el peso del i-ésimo parámetro.

3.4.3 Análisis de la Información

Con los valores obtenidos en cada una de las estaciones de monitoreo, se efectuó análisis de varianza con el fin de identificar si existen diferencias significativas entre los sitios de muestreo y las estaciones. Se aplicó una prueba de Duncan de comparación de medias para analizar el comportamiento de las variables físico-químicas.

El análisis de la información obtenida sobre la calidad del agua se realizó mediante Análisis de Varianza (ANDEVA) utilizándose el modelo matemático siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{k(i)} + E_j + ET_{ij} + \varepsilon_{k(ij)}$$

Donde: Y_{ij} = calidad del agua

μ = promedio de la calidad del agua obtenido a través del ICA

T_i = efecto del i-ésimo uso del suelo

$\varepsilon_{k(i)}$ = error debido a uso del suelo

E_j = efecto de la j-ésima época del año

ET_{ij} = interacción para x uso del suelo

$\varepsilon_{k(ij)}$ = error debido a época

El análisis de la información obtenida a través de las encuestas se realizó mediante estadística descriptiva, por medio de la caracterización, cuadros y técnica gráfica.

3.5 Diseño de alternativas para la toma de decisiones que permitan mejorar el uso de la tierra para que se logre un manejo sostenible de la cuenca Gama, enfocado en la calidad del agua.

Después que toda la información colectada y procesada, se propusieron estrategias, acciones y medidas alternativas que conlleven a mejores tomas de decisiones a fin de lograr un manejo sostenible de la cuenca Gama.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización biofísica

4.1.1 Hidrometeorología

El Río Gama posee una extensión de 20,7 km y su cuenca ocupa un área de 14.472 ha, con perímetro de 58,2 km. Los tributarios de su margen derecha poseen agua pura y rica fauna, que conforman las áreas contiguas de preservación. Se encuentran en estas condiciones las nacientes del Río Gama (APM Catetinho), las quebradas Capetinga y Taquara (ARIE Capetinga-Taquara, Reserva Ecológica del IBGE y Estación Ecológica del Jardín Botánico de Brasilia), y también pequeñas quebradas como Macacos, Grito y Cacherê (UNESCO 2003).

De acuerdo con la clasificación de Köppen, el clima dominante en la región es el tropical, caliente y subhúmedo, con dos estaciones bien definidas. El verano es bastante lluvioso, se extiende de octubre a marzo, y comprende prácticamente toda la precipitación anual, que varía entre 1500 mm y 1700 mm en este periodo, la temperatura promedio es 26 °C. El invierno es muy seco con un promedio de solamente 22 mm de lluvia. La temperatura promedio en esta época es de 12 °C. En los meses de junio a agosto que se registran los más bajos índices de humedad relativa del aire, cerca de 12% (Ferreira 1998).

El caudal del Río Gama disminuye en la época seca y aumenta en la época lluviosa y tiene un comportamiento parecido a lo de la precipitación durante el año (figura 2). Los datos de la precipitación y del caudal en el Río Gama están en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Datos la historia de la precipitación en la cuenca Gama

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total/año	Prom Mensual/año
1980	396,8	288,4	43,4	99	27,9	15	0	0	48	34,1	237	269,7	1459,3	264,56
1981	220,1	67,2	291,4	36	37,2	30	21,7	27,9	3	328,6	357	186	1606,1	275,93
1982	291,4	64,4	303,8	108	102,3	0	0	21,7	42	235,6	150	198,4	1517,6	269,20
1983	536,3	249,2	387,5	78	27,9	0	24,8	0	24	229,4	303	285,2	2145,3	317,56
1984	173,6	100,8	170,5	57	49,6	0	0	46,5	105	139,5	108	192,2	1142,7	240,52
1985	263,5	123,2	223,2	93	55,8	0	0	0	66	192,2	102	297,6	1416,5	261,65
1986	158,1	58,8	145,7	78	9,3	0	46,5	55,8	12	86,8	75	155	881	220,54
1987	133,3	179,2	213,9	207	18,6	3	0	0	54	108,5	501	257,3	1675,8	281,75
1988	158,1	58,8	145,7	78	9,3	0	46,5	55,8	12	86,8	75	155	881	220,69
1989	170,5	238	43,4	15	0	42	9,3	68,2	117	192,2	339	365,8	1600,4	276,11
1990	210,8	201,6	89,9	90	83,7	0	62	15,5	84	89,9	156	86,8	1170,2	243,09
1991	220,1	294	266,6	126	9,3	0	0	0	42	62	348	251,1	1619,1	277,70
1992	362,7	221,2	117,8	111	3,1	0	0	34,1	54	139,5	285	226,3	1554,7	272,82
1993	189,1	355,6	86,8	135	31	18	0	37,2	90	83,7	153	362,7	1542,1	271,93
1994	275,9	134,4	399,9	150	15,5	27	3,1	0	0	46,5	222	328,6	1602,9	276,68
1995	179,8	224	316,2	216	31	0	0	0	6	86,8	291	328,6	1679,4	282,65
1996	65,1	184,8	303,8	39	27,9	0	0	46,5	39	117,8	261	294,5	1379,4	259,65
1997	356,5	103,6	303,8	147	114,7	21	0	0	72	55,8	180	120,9	1475,3	267,10
1998	142,6	378	182,9	75	6,2	6	0	0	0	173,6	219	145,7	1329	255,92
1999	102,3	72,8	979,6	60	6,2	0	0	0	60	210,8	282	186	1959,7	304,52
2000	182,9	173,6	229,4	171	0	0	0	43,4	138	127,1	276	356,5	1697,9	284,45
2001	145,7	106,4	192,2	54	40,3	0	0	24,8	48	161,2	198	0	970,6	228,58
2002	167,4	190,4	173,6	54	3,1	0	3,1	0	123	24,8	255	0	994,4	230,49
2003	272,8	100,8	207,7	15	0	0	0	0	0	0	0	0	596,3	199,95
prom	223,98	173,72	242,45	95,50	29,58	6,75	9,04	19,89	51,63	125,55	223,88	210,41		
desv. est.	103,84	91,82	181,25	53,40	31,23	11,79	17,56	22,58	40,63	76,80	109,30	110,42		
media	186,00	173,66	210,80	84,00	27,90	0,00	0,00	17,70	48,00	113,15	222,94	204,41		

Cuadro 4. Datos de la historia del caudal del Río Gama

año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
1979	13,8	12,9	10,2	8,71	4,69	4,34	3,68	3,35	3,85	3,43	3,74	4,69	6,45
1980	8,07	9,27	6,37	5,95	4,57	3,94	3,35	3,08	2,98	2,75	3,37	5,78	4,96
1981	5,67	4,28	6,55	5,07	4,01	3,58	3,13	2,85	2,57	4,42	8,85	6,59	4,8
1982	9,21	6,07	9,01	6,58	5,57	4,35	3,79	3,51	3,29	4,46	5,51	4,68	5,5
1983	9,61	11	10,2	7,77	5,5	4,61	4,15	3,58	3,37	3,97	6,29	7,95	6,5
1984	6,04	5,15	4,85	4,37	1,85	1,42	1,21	1,13	1,24	1,27	1,12	1,62	2,61
1985	3,12	2,74	3,16	2,64	1,86	1,39	1,19	0,944	0,862	1,38	1,65	3	1,99
1986	3,62	2,19	2,25	1,45	1,13	0,881	0,84	0,808	0,626	0,747	0,69	1,2	1,37
1987	1,1	1,38	2,55	2,93	1,9	1,19	0,9	0,743	0,71	0,731	2,04	4,24	1,7
1988	2,39	2,76	4,65	3,61	2,02	1,82	1,49	1,16	0,954	1,67	2,18	3,94	2,39
1989	3,2	3,31	2,84	1,66	1,2	1,15	0,93	0,898	0,833	1	3,07	5,27	2,11
1990	4,43	3,33	2,61	2,03	1,82	1,23	1,28	0,931	1,23	1,42	2,99	1,96	2,11
1991	2,44	3,22	5,18	3,75	1,85	1,2	0,9	0,765	0,693	0,971	2,44	3,87	2,27
1992	4,42	6,93	3,36	3,26	2,11	1,54	1,23	1,07	1,16	1,66	3,76	4,5	2,92
1993	3,29	5,7	3,31	3,08	2,07	1,78	1,38	1,27	1,14	1,12	1,09	3,27	2,38
1994	5,05	3,11	6,81	4,36	2,51	1,97	1,6	1,25	1,08	0,963	2,11	3,42	2,85
1995	3,6	4,89	5,16	4,68	2,9	1,91	1,48	1,15	0,939	0,962	1,93	2,23	2,65
1996	1,82	1,49	3,49	1,61	1,33	0,947	0,77	0,701	0,713	0,951	1,61	2,02	1,45
1997	4,78	2,71	5,01	4,43	3,18	1,95	1,33	0,943	1,03	0,739	1,37	1,5	2,41
1998	2,22	5,24	4,47	2,67	1,58	1,15	0,8	0,553	0,42	0,742	2,25	2,91	2,08
1999	1,85	1,44	2,58	1,34	0,857	0,617	0,46	0,361	0,472	0,686	2,06	3,14	1,32
2000	4,17	3,78	4,36	3,84	1,83	1,25	0,92	0,78	1,07	0,695	3,18	3,75	2,47
2001	3,64	2,28	4,28	2,98	1,68	1,08	0,84	0,642	0,556	1,57	1,5	2,02	1,92
2002	2,9	3,53	3,14	2,57	1,29	0,939	0,71	0,494	0,748	0,361	1,47	1,36	1,63
promedio	4,71	4,71	5,03	4,29	2,9	2,29	1,96	1,63	1,64	1,97	3,26	4,27	3,05
desv. est.	2,89	2,90	2,26	1,90	1,36	1,21	1,09	1,01	1,00	1,21	1,83	1,70	1,52
mediana	3,63	3,43	4,42	3,44	1,88	1,41	1,22	0,98	1,01	1,16	2,15	3,35	2,39

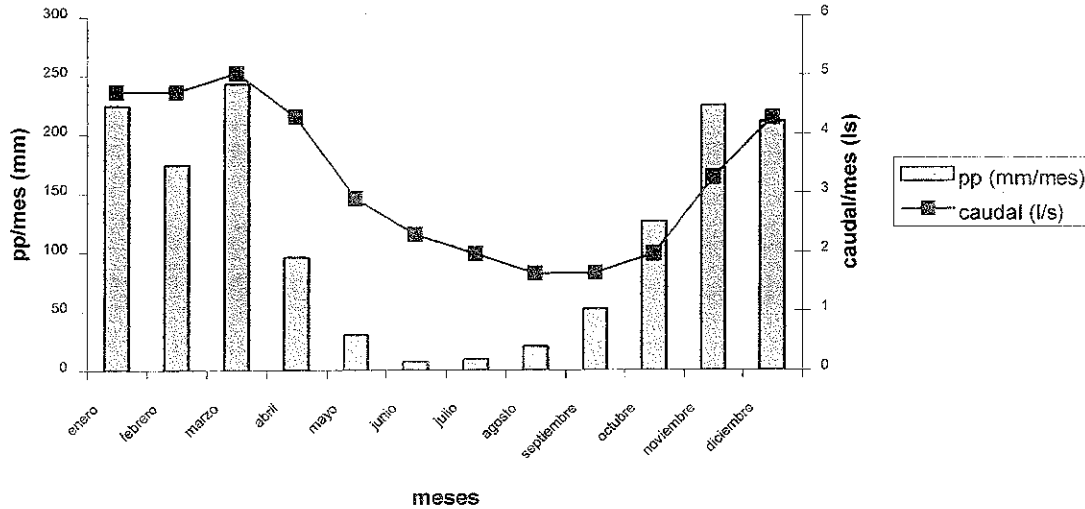


Figura 2. Promedio mensual de la precipitación y de caudal del Río Gama en el periodo 1979-2002

Un estudio reciente se hizo en la región del Cerrado de Brasil, William A. Hoffmann, del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad de Brasilia y Robert B. Jackson de la Universidad Duke. Los dos investigadores usando modelos de circulación global de la atmósfera en los supercomputadores del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas, en Austin, Texas (Estados Unidos), simulaban los efectos climáticos de la sustitución total de la vegetación del cerrado y de otras sabanas del mundo por la agropecuaria. Los resultados para la región del cerrado, en especial en el área central, donde está situada Brasilia, son preocupantes. Hubo una significativa reducción (10%) en la cantidad de lluvia anual y un aumento promedio de la temperatura de 0,73 °C, que puede llegar a más de 1 °C en esa área central. Aún en regiones vecinas al cerrado se observaron modificaciones climáticas significativas. Para tener una idea de lo que representan esos valores, basta recordarse que la reducción en la precipitación y el aumento de la temperatura observados en Brasilia serían suficientes para aumentar el período seco y tener características climáticas de una región semi-árida. Con el aumento de la intensidad y de la duración de la sequía, podemos esperar también un aumento en la frecuencia de los incendios forestales, lo que reduciría la cobertura vegetal e implicaría el agravamiento de la sequía, en un ciclo cerrado de retroalimentación. Las consecuencias de ese proceso, a largo plazo, todavía no pueden ser evaluadas (Henriques 2003).

4.1.2 Geología e Hidrogeología

La geología es la base para la determinación de la vocación hidrogeológica de una región; ella condiciona la infiltración, la circulación, la acumulación y la explotación del agua en los horizontes superficiales de la cresta terrestre. Después son presentadas las correlaciones estratigráficas, las estructuras y la tectónica, la caracterización físico-química de las aguas y la vocación hidrográfica del Distrito Federal (Barros 1990).

El Distrito Federal está constituido por rocas de la Formación Canastra y Grupo Paranoá de la edad precambriana, y por una capa detrítico-laterítica de edad terciaria-cuaternaria y de aluviones recientes del cuaternario. Las características litológicas de la región son el predominio de rocas metamórficas, con valores de porosidad y permeabilidad muy bajos; ese hecho ha condicionado la circulación, acumulación y explotación de parte del agua infiltrada a las estructuras que son plegadas a los espacios planares abiertos y subordinados a los vacíos de disolución. Por el predominio de rocas metamórficas, los acuíferos son principalmente del tipo fisural, por donde se percolan anualmente cerca de 1,2 billón de m³ de agua. Ellos son grandes cajas de agua con características propias (Barros 1990).

El área de la cuenca Gama pertenece al Grupo Paranoá y predominan las rocas ardosisas, que son rocas arcillosas de color morado y la roca metarritmito R₃, con intercalaciones de niveles arenosos y arcillosos, de altura cerca de 90 m a partir de la base (figura 3). En cuanto a la hidrogeología, la cuenca Gama presenta el sistema de acuífero de dominio poroso, caracterizados por reservorios donde el agua ocupa los espacios entre los minerales que constituyen el cuerpo rocoso. Este dominio es representado por el manto de alteración de las rocas (suelos). La importancia local de los acuíferos de este dominio está vinculada a dos parámetros principales: espesura saturada (b) e conductividad hidráulica (K), siendo que ambos son directamente controlados por la geología y por la geomorfología de su substrato. En función de esos parámetros (b e K), este dominio puede ser dividido en cuatro sistemas denominados P₁, P₂, P₃ e P₄. Los sistemas P₁ y P₂ están presentes en la cuenca Gama y son caracterizados por grandes espesuras (>5 metros) y conductividad hidráulica respectivamente alta y mediana respectivamente (IEMA 1998).

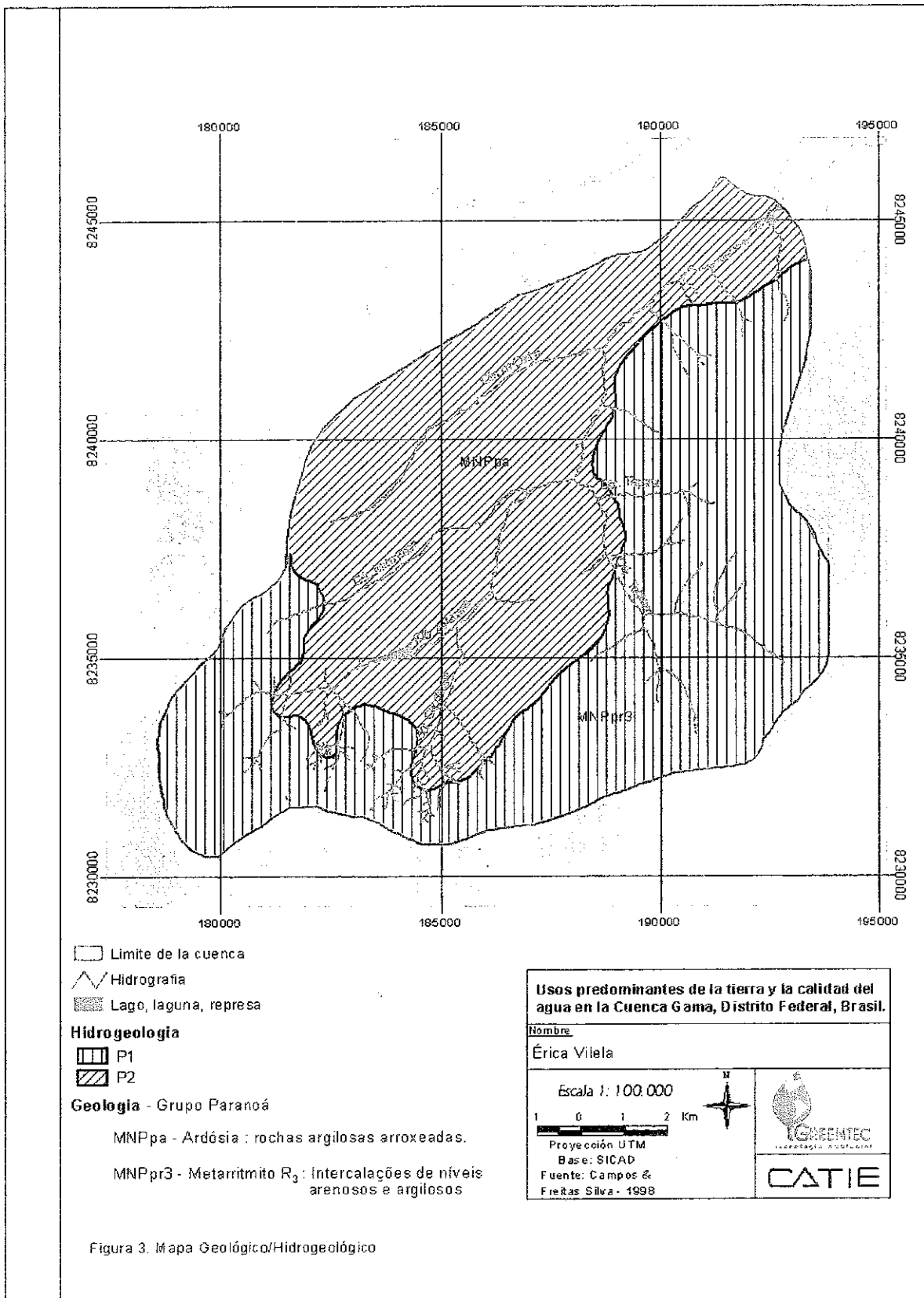


Figura 3. Mapa Geológico/Hidrogeológico

4.1.3 Geomorfología

La geomorfología de la región del Cerrado presenta características peculiares. Las formas del relieve predominantes son residuales de superficies de aplanamiento de edad terciaria; ellas son regionalmente conocidas como chapadas. Las chapadas tienen topografía plana levemente ondulada con una capa de latossoles y de laterita. Junto de las chapadas se encuentran áreas serranas en rocas resistentes de edades variadas, depresiones y valles fluviales alargados. Las características geomorfológicas han resultado de una prolongada interacción de un clima tropical con factores litológicos, edáficos y bióticos (Pinto 1990).

Pinto (1986) establece tres macrounidades geomorfológica para el Distrito Federal: (a) región de chapada, (b) área intermedia y (c) región de valle. La cuenca Gama comprende dos unidades geomorfológicas: la región de Chapada (Brasilia) y el área intermedia referente a la depresión del Lago Paranoá, o sea, cerca donde está el desagüe y planicies aluviales (figura 4).

La macrounidad chapada ocupa cerca del 34% del área del DF, destacándose la chapada Contagem, que prácticamente contorna la ciudad de Brasilia. La chapada Brasilia, donde está la cuenca Gama, se presenta como un prolongamiento de la extremidad sureste de la chapada Contagem y altitud media de 1100m. Corresponde a un nivel inferior del escalonamiento de roca resistentes del Grupo Paranoá. Posee como cobertura lateritas vesiculares y Latossoles rojo oscuro y rojo amarillo. En las áreas con menos de 8% de pendiente se encuentra fragmentos de cuarzo. Esta chapada separa dos cuencas importantes del DF: São Bartolomeu y Paranoá, a la cual pertenece la cuenca Gama (Pinto 1986).

El área intermedia está en el Núcleo Semidómico del Paranoá, que es circundada por las chapadas Contagem y Brasilia, ocupa cerca d 31% del DF, es un área deprimida de 700 km² y una variación topográfica suave de más de 1000 m (Pinto 1993). En las planicies ocurren sedimentos aluviales muy común en relevos planos, donde empiezan a desarrollar los bosques de galería (IEMA 1998). Las pendientes de la cuenca Gama se puede visualizar en la figura 5.

Muy recientemente el paisaje geomorfológico del Cerrado ha cambiado en consecuencia de una fuerte devastación de la flora y de la fauna para proyectos de urbanización ampliación de áreas agrícolas. La manera como se está ocupando el Distrito Federal, en general, con la fundación de ciudades-satélites y núcleos rurales, la abertura de carreteras, la construcción de represas y la expansión de proyectos agrícolas han provocado el rompimiento del equilibrio dinámico de los sistemas naturales, con cambios importantes en el medio ambiente y en el bienestar de las comunidades (Pinto 1986). Ejemplos de la interferencia humana en ese paisaje se han encontrado en la cuenca Gama.

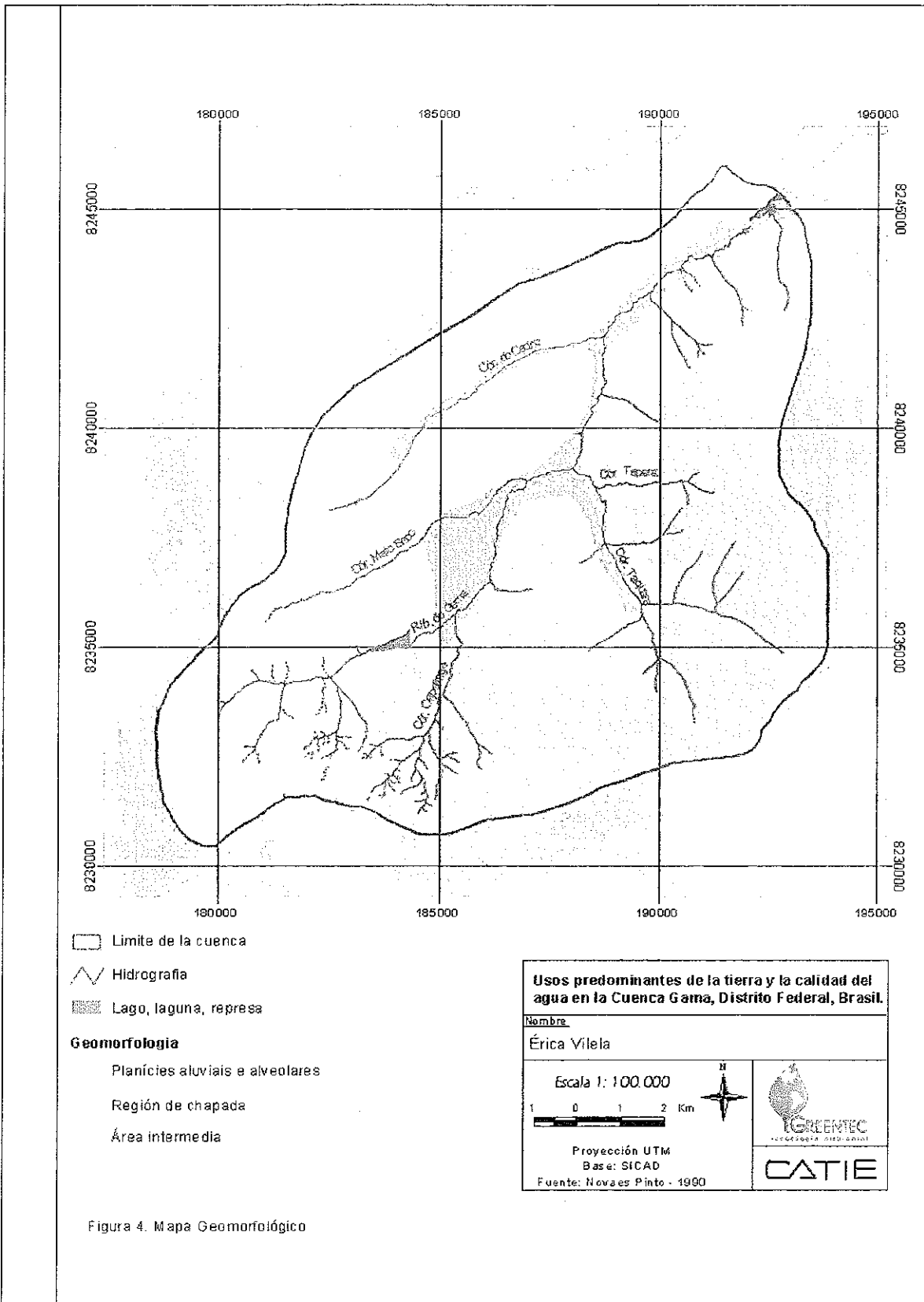


Figura 4. Mapa Geomorfológico

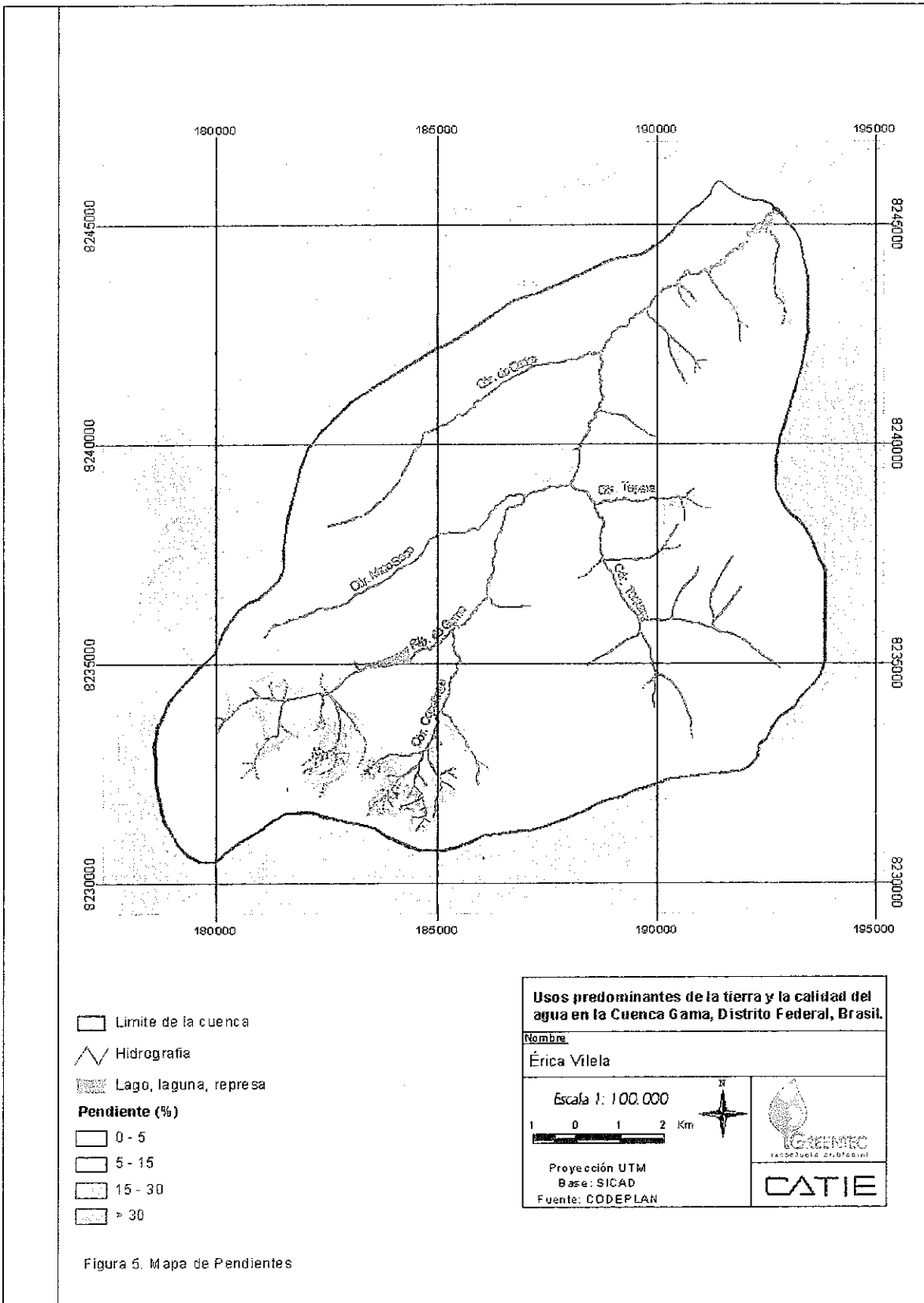


Figura 5. Mapa de Pendientes

4.1.4 Suelos

De acuerdo con la figura 6, la cuenca Gama tiene cuatro tipos de suelos de acuerdo con el Sistema Brasileño de Clasificación de Suelos, latossoles, cambissolos, hidromórficos e hidromórficos indiscriminados que se describen a continuación:

Latossoles (LVd) (LEd): estos suelos son formados por un proceso denominado Latolización, donde ocurre básicamente la remoción de sílica después de la intemperización de los minerales primarios constituyentes, por eso presenta una reserva pequeña de nutrientes. Son suelos minerales profundos (generalmente superiores a 2 m), no hidromórficos, con horizonte B muy espeso y secuencia de horizontes poco diferenciados. Los colores varían de rojo oscuro hasta amarillo, y estas variaciones están presentes en los suelos de la cuenca Gama. Presentan porosidad alta que, por consecuencia de la lixiviación de la sílica, es rico en óxido de hierro y aluminio (Ferreira 1998). Son suelos bien drenados y están asociados con la forma más común de vegetación abierta, el Cerrado *sensu stricto* (Haridasan 1990). Los Latossoles tienen textura media y arcillosa, cuya estructura granular tiene el comportamiento hídrico semejante al de la arena, con alta infiltración. Sin embargo, si estos suelos se encuentran sin vegetación se vuelven muy susceptibles a erosión, una vez que esa textura posibilita el arrastre de grande cantidad de partículas por el agua de la lluvia para sitios más bajos del paisaje. A pesar del gran potencial para el uso agropecuario, prácticas como uso indiscriminado de monocultura y eliminación de la vegetación nativa pueden provocar grandes desequilibrios al medio ambiente casi incontrolables, como cárcavas gigantes y sedimentación de los ríos (Ferreira 1998).

En este tipo de formación de paisaje hay especies de animales y plantas que ocurren solamente en este tipo de ambiente, además de la mesofauna (termitas, coleópteros etc.) que en la vegetación nativa contribuye bastante en la ciclaje de nutrientes en el suelo. Por eso el uso sostenible de los Latossoles es fundamental para prolongar la vida biológica de este bioma (Correia 1997).

Cambissolo (Cd): son suelos poco desarrollados en relación a los Latossoles debido a la pendiente en que ocurren, con grande proceso erosivo, como en los bordes de las chapadas. Estos suelos se caracterizan por la presencia de un horizonte cámbico

subsuperficial donde todavía pueden estar presentes algunos minerales primarios fácilmente intemperizables. El horizonte cámbico generalmente está compuesto de gravas, con textura más gruesa que los Latossolos y no ofrece condiciones para un buen desarrollo de raíces (Ferreira 1998). Los cambissolos se desarrollan a partir de filitos, metassilitos, xistos, ardosias y quartizitos, resultando suelos distróficos con baja fertilidad, donde generalmente crecen los campos limpio y sucio (Haridasan 1993).

Los cambissolos muchas veces son usados como fuente de grava para la construcción de carreteras y después abandonados, causando serios daños al medio ambiente. De esta manera, los cambissolos situados en relieves de pendientes acentuadas deben ser mantenidos como área protegidas. Los cambissolos que no son muy pedregosos pueden ser utilizados para plantación de especies arbóreas, que es una actividad poco intensa y que posibilita la cobertura del suelo de una forma permanente (Correia 1997)

Hidromórficos (Hi): presentan el nivel freático en la superficie durante todo el año o en la mayor parte del año, o sea, son desarrollados bajo la influencia de exceso de humedad (Ferreira 1998). Muchas veces son clasificados como Gleis Húmedos u orgánicos, dependiendo de la cantidad de materia orgánica. En los suelos "glei" se encuentran una capa muy oscura por la acumulación de materia orgánica y ausencia de descomposición aeróbica debajo de la capa superficial. Raramente los suelos hidromórficos presentan alta disponibilidad de nutrientes (Haridasan 1993).

Además de la baja fertilidad, presentan serias limitaciones al uso agrícola con relación a la deficiencia de oxígeno e impedimento a la mecanización. Las actividades agrícolas no son recomendadas pues el drenaje artificial cambia totalmente las características de estos suelos (Haridasan 1993). Sin embargo, la utilización de los suelos hidromórficos para la horticultura es bastante común, especialmente en las pequeñas propiedades donde no hay otra alternativa sino el uso como es el caso de Vargem Bonita,. Entonces, siempre que sea posible esas áreas deben ser protegidas y buscándose alternativa menos agresoras para el medio ambiente (Correia 1997).

Suelos Hidromórficos Indiscriminados (Hi): se caracterizan por tener el horizonte A bien desarrollado y por presentar procesos de reducción de hierro en ambientes con elevada actividad de agua y baja drenaje. Las estructuras del horizonte B generalmente son

macizas. El horizonte B presenta manchas oscuras y nódulos ferruginosos. Ocurren al rededor de drenajes y pequeños riachuelos, asociadas al afloramiento del nivel freático. El relieve generalmente son de planos a suave ondulados. La vegetación de bosques de galería es típica de ese tipo de suelo.

En el cuadro 5 se puede visualizar la proporción de cada tipo de suelo en hectáreas y en porcentaje presentes en la cuenca Gama.

Cuadro 5. Porcentaje y área en hectáreas de cada tipo de suelo en la cuenca Gama

Descripción	Área (ha)	Porcentaje (%)
Áreas Urbanas	684,96	4,61
Cambissolo (Cd)	2910,78	19,58
Lago, Laguna, Represa	14,24	0,10
Laterita Hidromórfica Distrofica-A + Suelos Hidromórficos Indiscriminados (HLd)	40,81	0,27
Latossolo Vermelho-Amarelo (LVd)	2955,95	19,88
Latossolo Vermelho-Escuro (LEd)	6034,74	40,59
Solos Hidromórficos (Hi)	2226,61	14,98

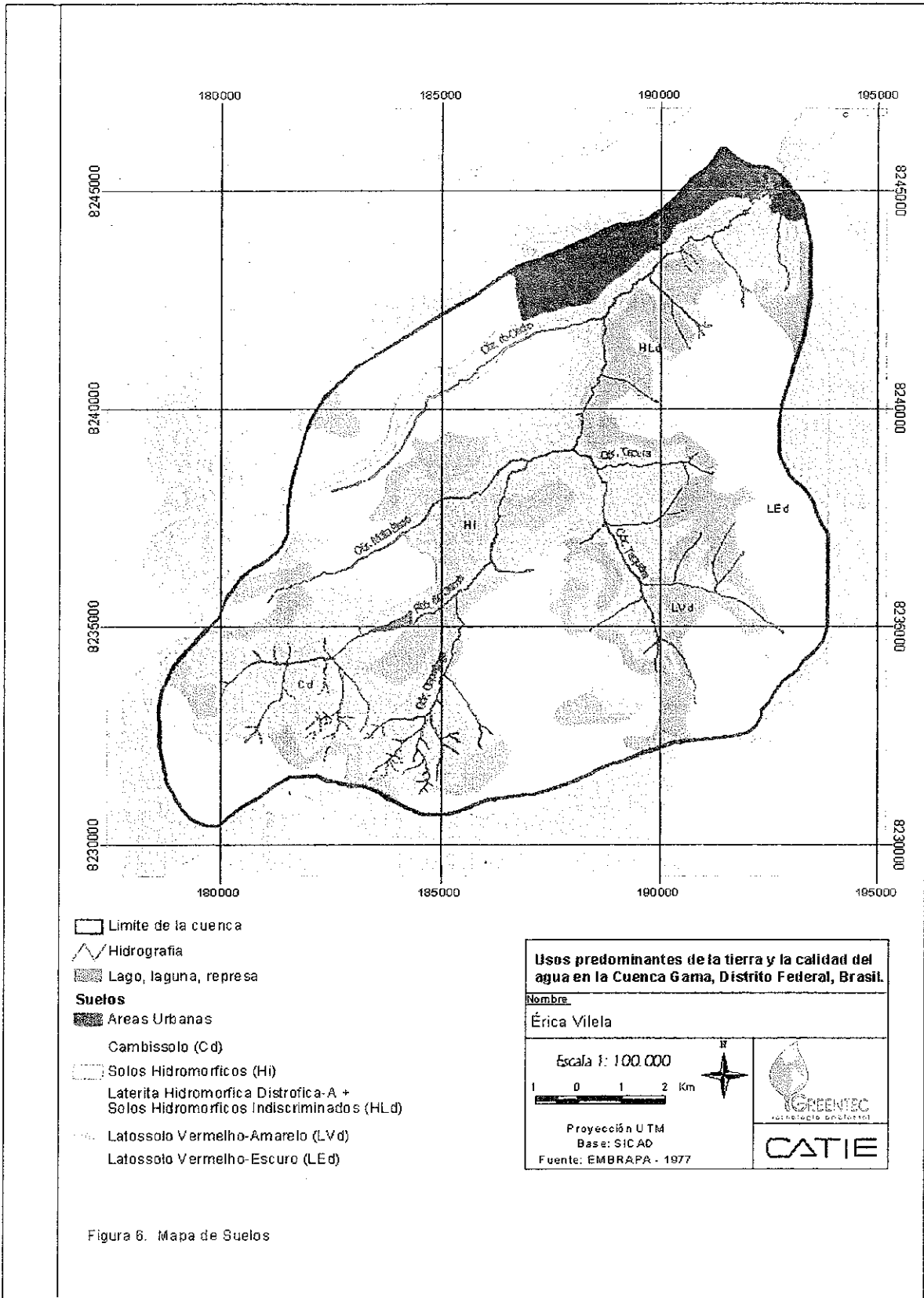
En cuanto al potencial del suelo, principalmente los Latossoles predominantes del Distrito Federal, CODEPLAN (1995) dice que depende de cuatro grandes factores: conocimiento de las características del suelo, estado de desarrollo de las artes agrícolas; situación económica – precios de equipo para la cultura agrícola, el grado de desarrollo industrial para ofrecer empleo para usar los productos agrícolas directa o indirectamente y ofrecer el equipo necesario para la producción agrícola.

Entonces estos mismos autores propusieron tres planes de manejo que parece que se aplicaba muy bien a cualquier previsión de productividad del área del Distrito Federal que se estaba haciendo. El primer plan comprendería a los bajos niveles de manejo que consisten en deforestar, cultivar continuamente hasta que el suelo se sature para después deforestar una nueva área. El segundo plan de manejo del suelo consistiría el ordenamiento científico del suelo y consecuente aumento de la variedad de cultivos, el uso de rotación de cultivos adaptados, incluso pasturas de raíces profundas. También el

uso de cultivos de protección, compuestos y abonos animales con una pequeña cantidad de materiales industriales. El tercer plan de manejo del suelo sería la plena aplicación de principios científicos de manejo del suelo y de los cultivos de mecanización agrícola, de fertilizantes, de electricidad y riego.

El manejo del suelo en la época de la planificación era en gran parte la del primer plan y una pequeña parte del segundo plan. Ejemplos del manejo altamente productivo del tercer plan eran relativamente raros, pero existían y esos enseñaban las posibilidades de los suelos del DF. Bajo el primer plan de manejo solo es posible obtener producciones buenas durante cortos periodos en las vertientes de los valles y altiplanos forestados. Bajo el segundo plan de manejo, solamente algunos finqueros más adelantados lo tenían, con buenas producciones en los valles y en los altiplanos forestados. Bajo el tercer plan de manejo es posible obtener producciones de cultivos adaptados en todos los Latosuelos húmedos, aun los que hayan sido forestados una vez, en los suelos con buen drenaje y también algunos suelos arenosos.

En aquella época, fueron detectados 11 problemas de manejo del suelo, pero todo con relación al desarrollo agrícola, como la necesidad de máquinas agrícolas, de sistemas de cultivos alternos, de provisión de forraje en el invierno para el ganado, de seleccionar tipos de vacas lecheras que se adaptan al clima particular de la zona, de las técnicas de conservación del suelo, del conocimiento de la fertilidad del suelo entre los finqueros, del almacenamiento de semillas de buena calidad, de la diversificación de los cultivos, del conocimiento de fitopatología y manejo de plagas, del desarrollo del riego. Los autores pensaron en la necesidad de plantación de especies de *Eucalyptus* por la demanda de combustible de madera y también de sistemas de drenaje artificial de algunos suelos para la producción de legumbres.



4.2 Caracterización socioeconómica

4.2.1 Historia de la ocupación de Brasilia

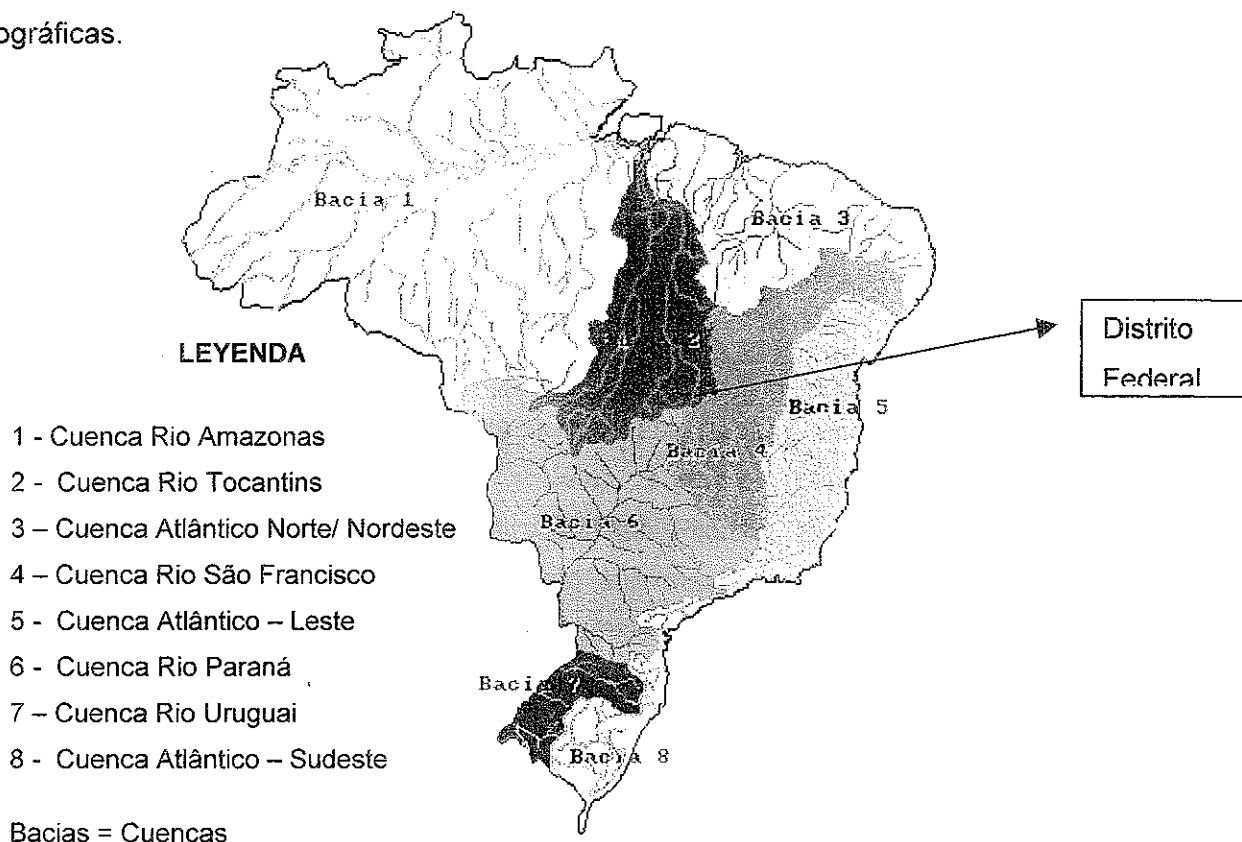
Al decidir por la aplicación de un dispositivo constitucional que desde 1891 determinaba la interiorización de la capital, en 1954 el gobierno brasileño contrató la firma Donald J. Belcher and Associates (ITHACA, NEW YORK) para proceder al levantamiento y selección de un local donde sería implantada la nueva capital de Brasil (Belcher 1990). Los trabajos empezaron en abril del 1954 y terminaron en febrero del 1955. Una serie de levantamientos de topografía, geología, drenaje, suelos para la ingeniería, suelos para la agricultura y utilización de la tierra fueron ejecutados en un área de 50.000 km², dentro de un rectángulo previamente escogido para contener el Distrito Federal (Cordeiro 1990). El trabajo resultante es compuesto de un informe descriptivo, 41 foto mosaicos (montaje de fotografías aéreas) y 217 mapas de los referentes temas y 6 maquetas del rectángulo (CODEPLAN 1995).

Para este levantamiento fue realizado un vuelo fotogramétrico abrazando un área, para que por medio de análisis e interpretación de las fotos, seguidas de levantamientos de campo se escogiese el área para la capital. Del análisis de estos temas fueran elegidas cinco áreas consideradas propias a la implantación de la nueva capital, nombradas: sitio rojo, sitio amarillo, sitio azul, sitio verde y sitio castaño.

Después de variadas y minuciosos análisis en las áreas y sitios escogidos, se llegó a una elección final y definitiva: el sitio castaño. Entre otras cualidades, el sitio presentaba las mejores condiciones en los aspectos de configuración del terreno, tipo de suelo, tipo y profundidad de la roca firme, potencial hidráulico, altitud, posibilidad de abastecimiento adecuado del agua, microclima, posibilidad de conexión con carreteras y ferrocarriles, aspectos del terreno y accidentes naturales especiales que pudiesen ser aprovechados para fines recreativos. En el sitio castaño fue implantada Brasilia, sede de la capital del país.

De acuerdo con el Informe Belcher, el sitio castaño y cuadrilátero escogido tiene suelos bien drenados, lo que posibilitaría aprovechar las cuencas hidrográficas a montante de la ciudad, como reservorios adecuados, en cuanto que las aguas negras de la ciudad

podrían ser lanzadas a las cuencas media y baja, eliminando de esa manera las posibilidades de contaminación (CODEPLAN 1995). Brasil posee ocho grandes cuencas hidrográficas (figura 7) y en rectángulo del Distrito Federal está las nacientes de tres de las ocho grandes cuencas del país Tocantins/Araguaia, São Francisco y Paraná. En la época de la planificación se puede observar la inexistencia del concepto de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, pues al escoger el sitio castaño no pensaron en los daños que podrían causar a los demás habitantes de estas tres importantes cuencas hidrográficas.



Fuente: Forattini (2003)

Figura 7. Las ocho gran cuencas hidrográficas de Brasil

Además, en esta localización geográfica los ríos tienen el caudal pequeño, por lo tanto la posibilidad de colapso en el abastecimiento de agua potable en el Distrito Federal se ha vuelto cada vez más eminente pues las proyecciones iniciales realizadas en la época de la construcción de la ciudad pronosticaron una población de 500 000 habitantes; Para el año 2000, sin embargo, la población actual del DF ya está cerca de 1 800 000 habitantes (Ferreira 1998).

Desde la transferencia de la capital para el Altiplano Central de Brasil, el gobierno ha desempeñado un papel relevante como planificador, promotor, constructor y propietario de territorio urbano; ha sido el principal agente del proceso de urbanización. Para esos propósitos fueron creadas instituciones como la Compañía Urbanizadora de la Nueva Capital (NOVACAP) y la Compañía Inmobiliaria del Distrito Federal (TERRACAP). Contrariamente a los principios que inspiraran el Plan Piloto, las tendencias de ocupación del espacio en el Distrito Federal acabaron presentando varias contradicciones. La presencia en masa de trabajadores de la construcción civil y las migraciones poblacionales, oriundas de varios estados, hicieron con que el gobierno brasileño iniciara la planificación de ciudades satélites para abrigar esa población. La planificación hecha por el gobierno resultó por ser ampliamente influenciada por criterios políticos, lo que llevó al modelo poli-nucleado de asentamientos urbanos. Ese modelo resultó favoreciendo un proceso de periferia, que tiende a poner en riesgo la sustentabilidad ambiental y el sistema hídrico del Lago Paranoá (Araujo 2003).

Posteriormente, ante la inexistencia de una política habitacional que atendiera a las necesidades de las diversas clases sociales, surgieron nuevos asentamientos e sinnúmeros condominios irregulares entre el Plan Piloto y las ciudades satélites de Brasilia. Ese proceso de ocupación aumentó aún más la presión sobre los recursos naturales del Distrito Federal. En la gestión pública, esos procesos, se evidencian en acciones gubernamentales con muchas ambigüedades. En los últimos diez años, se observa en el poder público, una tendencia a la aceptación de los condominios irregulares y a la implementación de la lotificación en áreas sensibles y también asentamientos urbanos sin infraestructura (Araujo 2003).

4.2.2 Historia de ocupación de la cuenca Gama

4.2.2.1 Parque Way

La selección del territorio del Distrito Federal tuvo una base científica, la ocupación de la cuenca Gama tuvo una base política. Según Tavares (1995) en la época de la construcción de Brasilia, la NOVACAP tenía problemas financieros y por eso decidieron hacer un proyecto de urbanización del área metropolitana de Brasilia, que consistía en dividir parte de la cuenca Gama en lotes de 20.000 m² con ocupación prevista para una

casa principal, una casa de huéspedes y una casa del empleado. Esta área fue seleccionada por estar cerca de una de las carreteras más importantes del DF porque Brasil estaba en un momento de expansión de la industria automovilística y por eso este barrio fue inspirado en el modelo americano de barrios residenciales suburbanos destinados a la clase media alta y alta, que eran cortados por las *Park ways* (Estradas Parque) (Araujo 2003). Entonces en 1958 surgió el barrio Park Way, que hasta la década de los 70 del siglo pasado fue ocupado sobre todo por fincas de recreación. Sin embargo, con el aumento poblacional del Distrito Federal, el barrio ha sido caracterizado como urbano. La Ley No. 353 del 18 de noviembre de 1992 permitió la construcción de condominios urbanísticos en este sitio. El Decreto No. 14.932 del 12 de agosto de 1993 aprobó la reglamentación de esa ley, permitiendo el fraccionamiento de los lotes de 20.000 metros en ocho unidades autónomas de 2.500 metros. Esa legislación fue considerada, en 1997, en el Plan Director de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (Art. 89 de la Ley Complementar No. 17 de 28 de enero de 1997) (Araujo 2003).

4.2.2.2 Vargem Bonita

Tavares (1995) menciona que en 1957 la NOVACAP creó el Departamento de Tierras y Agricultura (DTA) cuya primera actividad fue demarcar 30000 hectáreas para atender a los agricultores que llegaban a Brasilia. El área fue dividida en Núcleos Rurales, todos ubicadas en los márgenes de ríos perennes, considerándose la cantidad de materia orgánica del suelo y subdivididos en lotes de 5 a 50 ha para la agricultura y de 100 ha para la pecuaria, principalmente la lechera. Los primeros lotes rurales formaron el Núcleo Rural Vargem Bonita, en la cuenca Gama, constituido por 63 fincas de 4 ha cada una. La población de Vargem Bonita consistía básicamente por japoneses organizados por la Cooperativa Agrícola Cotia y recibieron las tierras en 1958, en un sistema de arrendamiento, debiendo pagar solamente 5 a 10% del valor de la tierra.

Para esa época había poca preocupación por la conservación de los bosques de galería y de los recursos hídricos; tampoco había preocupación con el potencial del suelo, porque como dice Tavares (1995), poco tiempo después de que los japoneses estaban en Vargem Bonita, ellos buscaron al presidente de NOVACAP Israel Pinheiro para quejarse de la fertilidad del suelo y él le contestó que si fuera buena, él no hubiera entregado a japoneses, o sea, los especialistas en producción de hortalizas.

4.2.2.3 APA Gama e Cabeça de Veado

En 1986 la cuenca Gama fue insertada en la creación del APA Gama e Cabeça de Veado porque posee ocupación urbana y rural y diversas instituciones federales y distritales en el área. Además, por existir muestras representativas de todas las fisonomías del Cerrado, por la presencia de especies raras y endémicas, por la existencia de importantes fuentes de captación de agua para abastecimiento humano y su importancia en la recuperación y mejoramiento en la calidad del agua del Lago Paraná, porque existía una historia de diez años de investigación científica del área y también por la conveniencia y interés de establecer una acción coordinada e integrada de investigación entre las instituciones que actúan en esta cuenca (UNESCO 2003).

4.2.3 Caracterización de la población

La población del APA Gama e Cabeça de Veado es bastante diversificada debido a las diferentes concentraciones humanas en las áreas urbanas y rurales, asociadas a la desigualdad de renta y escolaridad (UNESCO 2003).

A) La población urbana

El barrio Lago Sul, que tiene parte en el desagüe del Río Gama, tiene una densidad poblacional de 550 hab/km². y el barrio Park Way tiene 247 hab/km². Esta baja densidad de Park Way, aún después de la autorización de la división de los lotes, se debe al hecho que solamente 44% del total de lotes han sido divididos y muchos todavía están en fase de construcción. Sin embargo, si todos los terrenos se dividen en ocho pequeños lotes, la población puede llegar a 38 000 personas, contra los actuales 7 800 habitantes. La densidad poblacional refleja la presión antrópica de las actividades humanas sobre el ambiente natural. En el caso de los sistemas hídricos, conocer la distribución de la población es importante porque permite planificar con más criterio el grado de ocupación humana en las cuencas hidrográficas. Por consecuencia, es posible reducir los impactos una vez que se trabaja la capacidad de soporte de los sistemas hídricos a partir de los usos actuales y deseados (UNESCO 2003).

Las preguntas que se hicieron a los habitantes del área urbana tenían como objetivo saber las actividades desarrolladas por ellos que podrían afectar la calidad del agua, la interacción de ellos con los recursos naturales de la cuenca y conciencia de la legislación ambiental. Tales preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cuál es su nombre y profesión?
- ¿Usted desarrolla alguna actividad agrícola comercial en su lote?
- ¿Usted selecciona la basura?
- ¿Usted aprovecha la basura orgánica para alguna cosa?
- ¿Usted usa el río para alguna actividad?
- ¿Usted ha colectado plantas del cerrado en el área de la cuenca?
- ¿Usted sabe lo que es zona de amortiguamiento y que su lote está en esta zona?
- ¿Usted ha escuchado de la ley de protección de los bosques de galería?
- ¿Usted ha hecho algo para que esta ley se cumpla?

Por ser un barrio urbano, 97% de los lotes no producen hortalizas comercialmente, pero sí tienen su plantación para consumo propio (27%) y por eso la mayoría no utiliza agroquímicos (76%). Inicialmente las encuestas fueron aplicadas durante la semana y en horarios comerciales, sin embargo se observó que casi no se encontraban a los propietarios en las casas (37%) y se aplicaba las encuestas a los empleados de las casas (63%). Se observó que de los 62% de la población que tiene conciencia que vive en el APA, 69% son empleados y ya han escuchado sobre la importancia ecológica de la región que viven. De la misma manera, la mayoría conoce la legislación que protege los bosques de galería (78%) y de éstos, 77% dice que ha hecho algo para ayudar a conservar estos bosques, por ejemplo hacer denuncias de tala y realizar plantación de árboles. Los resultados de esta encuesta están en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados de la encuesta sobre actividades en la cuenca Gama

Actividades	Sí		No	
Producen hortalizas comercialmente	5%		97%	
Producen frutas y/o hortalizas para consumo	27%		72%	
	Con agroquímicos	Sin agroquímicos		
	24%	76%		
Selecciona la basura	40%		33%	
Aprovecha la basura orgánica para alguna actividad dentro del lote como abono por ejemplo.	31%		49%	
Usan el río o quebrada	15%		93%	
Usan plantas del cerrado	27%		77%	
Tiene conciencia de que vive en un APA	62%		37%	
	propietarios	empleados	propietarios	empleados
	40%	59%	32%	67%
Conoce la ley de protección de los Bosques de galería	78%		20%	
Ha hecho algo para cumplir con la ley	Sí	No		
	77%	28%		
Total	100%			
	propietarios		empleados	
	37%		63%	

Debido a que el barrio Park Way recién ha sido urbanizado de manera intensa, la mayoría de los habitantes todavía no tiene interacción con los recursos naturales de la cuenca en que viven (figura 8) pero sí han cuidado de los desechos sólidos a través de la selección de la basura (figura 9) porque muchos vienen de barrios donde ya hay proyecto de selección de la basura y también por el nivel de escolaridad porque según Ribeiro (2000), 75% de la población de propietarios de las casas de este barrio son graduados y 60% de ellos tienen un sueldo de más de 1600 dólares. Lo que se puede explicar la existencia de un sistema triturador de restos de comida en la pila de la cocina de algunas casas.

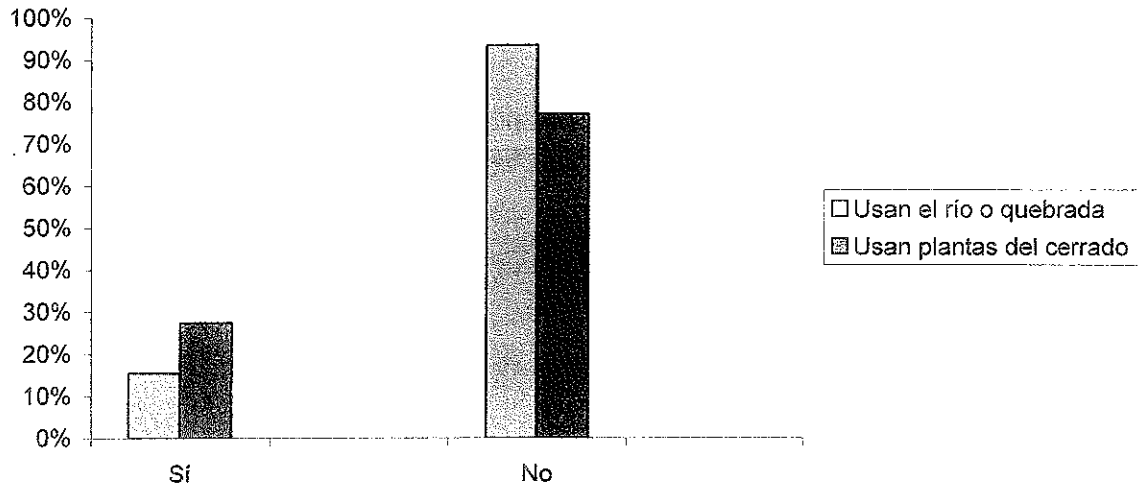


Figura 8. Interacción de los habitantes con los recursos naturales de la cuenca Gama

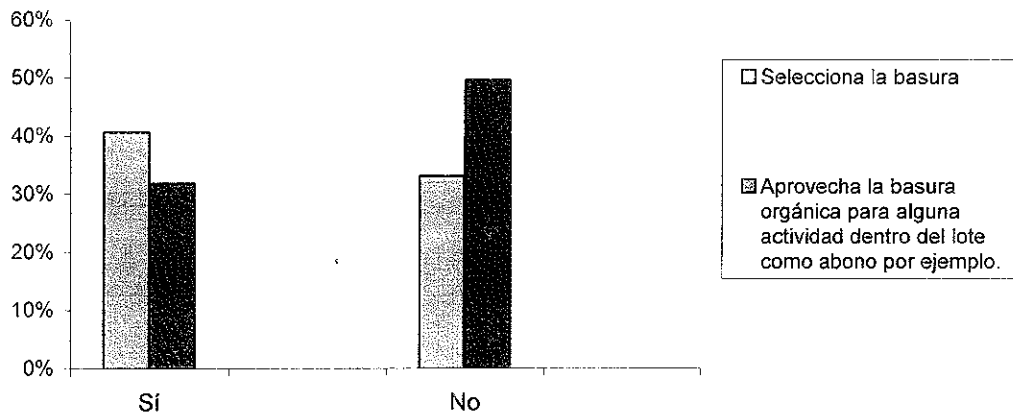


Figura 9. Porcentaje de habitantes de la cuenca Gama que clasifica la basura

Este barrio posee un comité bastante consolidado y ha tenido muchos éxitos en sus acciones, sobretodo en la cuestión ambiental, evitando el aumento del área urbanizada y por consecuencia el mantenimiento de la calidad de vida y característica de barrio suburbano noble, por eso no han aceptado la construcción de edificios comerciales y tampoco la urbanización de las áreas verdes. Según Ribeiro (2000) en un estudio sobre la percepción ambiental en el APA Gama e Cabeça de Veado, dice que el comité de los habitantes del barrio Park Way se originó para impedir el aumento de la urbanización, no por cuestiones ambientales sino por cuestiones financieras, porque eso iba a desvalorizar

los lotes. Sin embargo, todo el argumento utilizado por el comité para impedir el aumento de la densidad poblacional del barrio tuvo fundamentos ambientales, con el enfoque en la importancia del área para la preservación de importantes manantiales de la ciudad. Con eso surgió la Organización No Gubernamental (ONG) Vida Verde, creada en 2000 con el objetivo de promover la concientización ecológica de los habitantes del Park Way para la defensa del APA Gama e Cabeça de Veado con el apoyo técnico y científico de la Universidad de Brasilia, por el Departamento de Ingeniería Forestal. Así la organización de los habitantes no tuvo el ambiente como motivación inicial pero si le ha servido para legitimar sus luchas por los intereses propios.

B) La población rural

La densidad poblacional de la cuenca Gama es 147.77 hab/km². El núcleo rural Vargem Bonita posee 2 712 habitantes, conforme la asociación de los propietarios de Park Way. El núcleo rural Córrego da Onça tiene 370 habitantes según la asociación de finqueros de este sitio, sin embargo pese se considera como núcleo rural, su población es urbana por esencia (UNESCO 2003).

De la misma manera, las preguntas que se hicieron a los habitantes del área rural tenían como objetivo saber las actividad desarrolladas por ellos que podrían afectar la calidad del agua, la interacción de ellos con los recursos naturales de la cuenca y conciencia de la legislación ambiental. Tales preguntas fueron las siguientes:

- ¿Cuál es su nombre y profesión?
- ¿Usted produce comercialmente?
- ¿Qué produce?
- ¿Usa algún tipo de agroquímico?
- ¿Usted selecciona la basura?
- ¿Usted aprovecha la basura orgánica para alguna actividad en la finca?
- ¿Usted usa el río para alguna actividad?
- ¿Usted sabe lo que es zona de amortiguamiento y que su lote está en esta zona?
- ¿Usted ha escuchado de la ley de protección de los bosques de galería?
- ¿Usted ha hecho algo para que esta ley se cumpla?

Todas las 25 fincas donde se aplicó las encuestas producen hortalizas comercialmente y la mayoría utilizan agroquímicos (88%). La mayoría también clasifica la basura (84%), pero solamente 60% aprovecha de alguna manera los desechos orgánicos, como abono o para alimentar los animales. En cuanto a la conciencia de que viven en un APA, son la minoría los que la tienen (48%), aunque en porcentaje alto (60%) sí conocen la ley de protección de los bosques de galería. Con respecto al uso de los ríos, 68% dice que lo utilizan solamente para riego pero que el agua viene de la presa construida para este fin. Sin embargo, durante el trabajo de campo se pudo observar que sí utilizan el río para lavar los ropa, nadar y pescar (foto 1A). El resultado de esta encuesta se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultado de la encuesta en el área rural de la cuenca Gama

Actividad	Sí %	No %
Produce hortaliza comercialmente	100	0
Usa agroquímicos	88	12
Selecciona la basura	84	16
Aprovecha la basura orgánica	60	40
Tiene conciencia que vive en un APA	48	52
Tiene conciencia de la ley de protección de los bosques de galería	60	40
Ha hecho algo para ayudar en la protección de los bosques de galería	52	48
Usan el río para riego (presa)	68	0
Total	100	0

A pesar que hay una pequeña diferencia entre los que tienen conciencia ecológica y los que no tienen, como ilustra la figura 10, según la profesora de la Universidad de Brasilia, Jeanine Felfili que tiene un proyecto de educación ambiental con los trabajadores de esta zona en la FAL, es muy difícil obtener resultados concretos porque los trabajadores no están constantemente en el área sino que vienen de Estados más pobres a ganar dinero y apenas logran este objetivo, se van y de ahí vienen otros, entonces ella tiene que empezar desde el inicio con los nuevos.

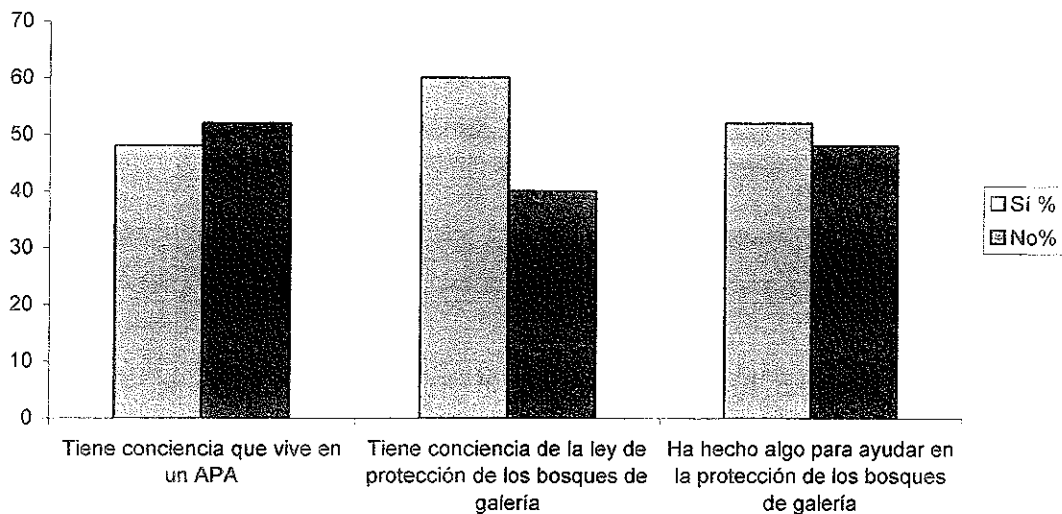


Figura 10. Conciencia ecológica de la población de la zona rural de la cuenca Gama

4.2.4 La cuestión de la distribución de tierras del Distrito Federal

El sector rural del Distrito Federal tuvo un buen desarrollo en el periodo de 1980 hasta 1989, con tasas de crecimiento cerca de 300% y eso representa quince veces más que el promedio nacional. Pero el tema de mayor relevancia para la vida del Distrito Federal, el uso de las tierras está ocasionando a su población un gran problema, pues el gobernador Joaquim Roriz, durante sus primeros periodos de gobierno (1989-1990 y 1991-1994) prometió privatizar las tierras rurales, o sea, se las vender para sus ocupantes. Se sabe que los inmuebles de propiedad pública solamente pueden ser vendidos en subasta pública y además de eso se ignoró la Ley 2.874 del 19 de septiembre de 1956, todavía válida, que declara que las tierras rurales del Distrito Federal no se las puede vender o regalar y establece las modalidades de su aprovechamiento (Tavares 1995).

Para probar la complejidad del tema, Albuquerque citado por Tavares (1995) enumera 22 situaciones que se constata en la ocupación de tierras rurales del Distrito Federal, aclarándose las dificultades del problema:

- Tierras de propiedad del Distrito Federal
- Tierras de propiedad del gobierno federal
- Tierras no cultivadas

- Tierras de propiedad del Distrito Federal y de terceros – tierras en régimen común de propiedad
- Tierras de propiedad federal y de terceros
- Tierras de propiedad del Distrito Federal, parceladas, arrendadas por la Fundación Zoobotánica
- Tierras no desapropiadas por el poder público, intituladas por INCRA
- Tierras de propiedad federal, parceladas y arrendadas por la Fundación Zoobotánica del Distrito Federal
- Tierras no desapropiadas por el poder público, parceladas y arrendadas por la Fundación Zoobotánica
- Tierras desapropiadas por Distrito Federal invadidas
- Tierras desapropiadas federal invadidas
- Tierras de propiedad del Distrito Federal y/o federal transformadas en Áreas Aisladas, arrendadas por la Fundación Zoobotánica
- Tierras de propiedad del Distrito Federal, federal y privadas, que integran las Áreas Protegidas
- Tierras de propiedad del Distrito Federal, federal y privadas necesarias a la producción de agua para el abastecimiento público
- Tierras desapropiadas todavía ocupadas por los antiguos propietarios y herederos
- Tierras consideradas de utilidad pública
- Tierras desapropiadas todavía en juicio por los antiguos ocupantes
- Tierras de propiedad privada, ocupadas por sus propietarios
- Tierras de propiedad privada ocupadas por invasores
- Tierras privadas clandestinamente loteadas
- Tierras de propiedad pública parceladas loteadas y vendidas por particulares
- Invasiones rurales, para sacar gravilla, arcilla y cerámica

La implantación de asentamientos en tierras no recomendadas en el Informe de Belcher provocó grandes costos sociales, daños ambientales y financieros. En regiones con escasez de tierras, esta situación sería aceptable, pero no es el caso del Distrito Federal donde más de 50% del territorio fue despropiado e incorporado como patrimonio del Gobierno del Distrito Federal, que dispone, por lo tanto de áreas suficientes para evitar tales problemas (Cordeiro 1990).

4.2.5 Los conflictos de la legislación

En términos de legislación de recursos hídricos, el Distrito Federal dispone de un buen aporte, porque tiene la Ley Federal 9.433/97 y sus Leyes propias. La cuenca Gama está bajo todas las legislaciones que gestionan el Distrito Federal. Sinhoroto (2002) cita inicialmente la Ley Orgánica del DF, que establece, en especial, que los recursos hídricos locales constituyen patrimonio público, siendo por lo tanto del Poder Público el deber de disciplinar la protección de las aguas contra acciones que comprometan la utilización actual y futura, así como la protección de la integridad y renovación física, química y biológica del ciclo hidrológico y la política de estímulo a la recuperación de áreas degradadas, con el objetivo de proteger pendientes acentuadas, los recursos hídricos y de mantener los índices mínimos de cobertura vegetal.

También se debe citar el Decreto No. 21.410, de 02/08/2000, que define las funciones de SEMARH como institución responsable por la formulación, coordinación y ejecución de la política ambiental del DF e institución gestora de los recursos hídricos locales. Además de proteger y preservar los recursos ambientales locales, ejercer el poder de policía ambiental, el control de la contaminación de las aguas y ejecutar acciones de conservación, fiscalización y protección de las cuencas hidrográficas del DF (MMA/PNMA II 2001).

La Ley No. 41, del 13/09/1989 es muy importante porque establece la Política Ambiental del Distrito Federal, cuyo objetivo es posibilitar la utilización adecuada del espacio territorial y de los recursos hídricos destinados para fines urbanos y rurales, mediante criterios de definición de uso y ocupación de la tierra. Según esta ley, el DF debe, a través de SEMARH, establecer directrices específicas para la protección de manantiales hídricos, a través de planes de uso y ocupación de áreas de drenaje de cuencas y subcuencas, así como las reglas y patrones de calidad ambiental (Sinhoroto 2002).

Como legislación específica del área está la Ley 2.725 del 13/06/2001, que instituye la Política de Recursos Hídricos del Distrito Federal y dispone sobre el Sistema de Gerencia de Recursos Hídricos del DF, de lo cual participan el Consejo de Recursos Hídricos, Comités de Cuencas Hidrográficas, Agencias de Cuenca e instituciones públicas cuya función tenga relación con la gestión de recursos hídricos. El objetivo de esta ley son la

promoción de la utilización racional e integrada de los recursos hídricos con el desarrollo sostenible y el aumento de la disponibilidad de los recursos hídricos. Las directrices generales son la adecuación de la gestión de recursos hídricos a la diversidad física, demográfica, económica, social y cultural de las regiones del DF y el manejo de esta gestión con la del uso de la tierra y demás recursos. Los fundamentos e instrumentos de la Política de Recursos Hídricos del DF siguen la misma orientación de la Política Nacional de Recursos Hídricos (Sinhoroto 2002).

Son igualmente importantes para el control de los recursos hídricos, las legislaciones que aportan los aspectos sanitarios en el DF, como la Ley 5027, del 14/06/1966, que instituye el Código Sanitario del Distrito Federal. Ese código establece que la autoridad sanitaria participará, obligatoriamente, de la reglamentación, zonificación o urbanización de cualquier área del Distrito Federal, y también que la institución de salud pública debe verificar las condiciones de lanzamiento de aguas negras y residuos industriales, tratados o no, en las cuencas hidrográficas del DF. Esa ley estipula la prohibición de urbanización de cualquier especie en zonas de las cuencas altas de la cuenca del lago Paranoá y de las nacientes, cuando no ofrezcan, bajo el criterio de la autoridad sanitaria, garantía de sistema de colecta de desechos, capaz de evitar la contaminación de las aguas (Campanha *et al.* 1998).

También aportan a la legislación de la cuenca Gama, las Resoluciones del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), que pertenece a la Política Nacional del Medio Ambiente establecido por la Ley No. 6.938 del 31/08/81 y tiene, entre las siete funciones, establecer normas, criterios y estándares relativos al control y a la manutención de la calidad del medio ambiente, con vista al uso racional de los recursos ambientales, principalmente los hídricos (MCT Brasil 1981).

Sinhoroto (2002) para su investigación sobre la escasez de agua en el Distrito Federal y los conflictos de gestión entrevistó a profesores, técnicos y gestores de instituciones públicas locales y nacionales, además de miembros de organizaciones no gubernamentales ambientalistas y promotores de defensa del medio ambiente. Se identificó dos puntos importantes sobre los problemas hídricos en el DF: la falta de consenso entre los actores involucrados, en relación a los intereses que determinan las políticas de recursos hídricos y la divergencia de bases técnicas y científicas sobre

aspectos de recursos hídricos. Sobre la legislación, todos los actores entrevistados por Sinhoroto dicen que el Distrito Federal tiene una buena y avanzada legislación, pero que el propio poder público no las cumple y tampoco la sociedad no le exige. Hay una diferencia muy grande entre la legislación y la realidad y también que el propio poder público es responsable por grandes obras de impacto ambiental. Esos factores llevan a propuestas diferentes y dificultan la implementación de soluciones consistentes.

Además de eso, la cuenca Gama pertenece a un Área de Protección Ambiental, que también tiene sus restricciones y conflictos en su ley. En cuadro 8 se hace un resumen de los aspectos relevantes relativos a la gestión de las Áreas de Protección Ambiental (APA), de acuerdo con la investigación realizada por CORTE (1997).

Cuadro 8. Análisis de la legislación de un Área de Protección Ambiental

Fecha de creación de este modelo en Brasil	Ley No. 6.902 de 27 de abril del 1981.
Objetivo:	Conciliar el desarrollo del área aliado a la protección ambiental
Situación fundiaria:	El hecho de que las APA son constituidas también por tierras privadas agrega al modelo un nivel mayor de complejidad a la gestión.
Restricciones	<p>La implantación y el funcionamiento de industrias potencialmente contaminantes, capaces de afectar manantiales de agua;</p> <p>La realización de obras de terraplén y la abertura de canales, cuando esas iniciativas importaren en sensible alteración de las condiciones ecológicas locales:</p> <p>El ejercicio de actividades capaces de provocar una acelerada erosión de las tierras y/o una acentuada sedimentación de las colecciones hídricas;</p> <p>El ejercicio de actividades que amenacen extinguir en el área protegida las especies raras de la biota regional.</p>
Restricciones de conflictos	La prohibición de la realización de obras de terraplén limita la propia expansión urbana, una vez que esta siempre exigirá la remoción de tierra para a abertura de calles, canales y sistemas de drenaje. La expansión urbana debería estar limitada a situaciones especiales previstas en la zonificación.
Tendencias	<p>Adopción de normas de uso y ocupación del suelo, aliada a un proceso participativo de gestión con vistas a garantizar la protección de los atributos ambientales del APA.</p> <p>Conciliación de sus potencialidades con su vulnerabilidad de estar sujeta a los intereses particulares de las comunidades locales y del entorno.</p> <p>Adecuación de las normas con la realidad del área en la búsqueda del equilibrio entre los objetivos económicos y ecológicos, como manera de asumir la necesidad de retomar el crecimiento económico y, al mismo tiempo, alterar la calidad del desarrollo.</p>
Problemas identificados	<p>Mientras la efectiva planificación y la eficiente gestión de las APAs no acontecen, la demanda por nuevos espacios sociales y de producción, aliada a los intereses económicos continúan a ejercer presión sobre los espacios protegidos por ley, llevando a situaciones de conflicto entre los objetivos económicos y ecológicos.</p> <p>La expectativa de creación del APA puede inducir la aceleración o el aumento de demanda para el uso y la ocupación del suelo y de los recursos naturales, pudiendo llevar a soluciones divergentes de aquellas esperadas. Estos hechos han colaborado para el descrédito en la eficacia del instrumento APA en la protección ambiental, sin embargo se conoce as sus innumerables potencialidades.</p> <p>Marco de reglas deja márgenes para dudas en las definiciones relativas al ámbito de las prohibiciones.</p>
Conflictos relativos a la creación de las APA	Lo ideal sería que el proceso de creación empezara a partir de una demanda de la comunidad por proteger una determinada área con valores y atributos ambientales considerados de importancia para la colectividad. Entretanto, las demandas han surgido más por iniciativa del Poder Público Federal, Estadual y Municipal que de la sociedad civil. Eso acaba por se tornar una imposición a la población residente y del entorno que se ve obligada a sufrir restricciones de uso y ocupación del suelo que no siempre coinciden con sus deseos y necesidades.

La aprobación de la división de los lotes del barrio Park Way de la cuenca Gama para formar condominios a través del Decreto No. 18.910 del 15/12/97 es un caso de falta de respecto a la legislación ambiental, porque tal decreto se hizo después del PDOT, pero sin que hubiera la zonificación ambiental del APA. El memorial descriptivo de este decreto tiene como objetivo establecer las directrices y los procedimientos que deben ser observados en la construcción de los condominios, pero las únicas restricciones que hay son en cuanto al hecho de estar en la cuenca del Lago Paranoá. En este sentido, solo determina que el Consejo de Planificación de Territorial y Urbano del DF decidirá sobre nuevas ocupaciones en esta cuenca siendo subsidiado por el Sistema Integrado de Gerencia de Recursos Hídricos del DF. Por lo tanto, ignora la legislación ambiental que indica que el instrumento que determina usos y ocupaciones en unidades de conservación es la zonificación ambiental porque se trata de las cuestiones físicas, bióticas y socioeconómicas de manera integrada, teniendo por paradigma el uso sostenible de los sistemas naturales. Además la Resolución CONAMA No. 10/88 menciona que ningún proyecto de urbanización podrá ser implantado en un APA, sin previa autorización de su entidad administradora, que exigirá adecuación con la zonificación ambiental del área. Lo lógico es que, si todavía no hay zonificación ambiental del APA Gama e Cabeça de Veado no puede haber propuesta y aprobación de expansión urbana dentro de la unidad. Entonces no corresponde al PDOT proponer usos y ocupaciones en el APA, como ha ocurrido. La zonificación ambiental debe determinar la forma e intensidad de ocupación humana en la unidad, a partir del objetivo mayor que es mantener la integridad ecológica de los ecosistemas terrestre y acuáticos existentes.

4.2.6 Los conflictos de gestión

El reflejo de la falta de políticas integradas para las unidades de conservación¹ es claro. Hay una pérdida constante de la biodiversidad y una degradación constante de los ambientes naturales (UNESCO 2000), con pérdida gradual de la calidad de vida de las poblaciones dentro del Distrito Federal. Otro factor que corrobora para la necesidad de

¹ Unidad de conservación: espacio territorial y sus recursos ambientales, incluyendo los recursos hídricos, con características naturales relevantes, legalmente instituido por el Poder Público, con objetivos de conservación y límites definidos, bajo régimen especial de administración, que aplica garantías adecuadas de protección.

políticas públicas integradas es la responsabilidad de planificar un territorio que tiene el peso de ser patrimonio cultural de la humanidad y Reserva de la Biosfera del Cerrado, ambos reconocidos por UNESCO. Brasilia es considerada patrimonio mundial por la composición urbanística moderna. Luego, los usos y ocupaciones deben ser hechos de una forma que no comprometa y tampoco presione la preservación de sus recursos. Al mismo tiempo, el Distrito Federal, por tener un mosaico de diferentes categorías de áreas protegidas, con una rica biodiversidad, llevó UNESCO a crear el proyecto piloto de Reserva de la Biosfera del Cerrado en Brasil. Así, se puede decir que el Distrito Federal es patrimonio dos veces: urbanístico y ecológico (UNESCO 2003).

Lo que pasó en el Distrito Federal fue que, al inicio, era una región estrictamente administrativa y una ciudad administrativa tiene todo un desarrollo, una entrada de personas de otras regiones que cambió las características de administración de la ciudad para urbana y rural. A partir del momento que las personas llegan, ellas exigen desarrollo, producción de alimento, recreación, deporte y la urbanización crece. Hoy existen dos características de conflictos: la administrativa, donde se encuentran los grandes centros urbanos y también el área rural, ambos en proceso de crecimiento y la contaminación, sea por agroquímicos sea por sedimentación, causada por la destrucción de los bosques de galería para establecer asentamientos urbanos. Todo eso genera conflictos de calidad y cantidad de agua y requiere una protección de la calidad y disponibilidad hídrica (Porreca 1996).

UNESCO (2003) hace un análisis del ordenamiento territorial urbano, rural y conservación en el Distrito Federal con énfasis en el APA Gama e Cabeça de Veado que refleja los problemas encontrados en todo el territorio del rectángulo. Se indica que en el DF todavía prevalecen las políticas sectoriales de ordenamiento territorial. Eso genera conflictos de uso y ocupación urbano/rural con la necesidad de proteger las unidades de conservación. Para regular la localización de los asentamientos humanos y actividades económicas y sociales, existe el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PDOT). Para las unidades de conservación, el instrumento de ordenamiento es la zonificación ambiental, que debe proporcionar los medios y las condiciones para que todos los objetivos de protección y conservación de los sistemas naturales sean cumplidos. Sin embargo, esos instrumentos actúan de manera independiente y segmentada en el territorio. Ambos los instrumentos pertenecen a instituciones distintas, con objetivos específicos y sin

propuestas concretas e interligadas en una política de ordenamiento territorial. Así, el PDOT no incorpora los principios de organización de los ecosistemas y la integración entre las dimensiones ecológicas, humanas y sociales. Y la zonificación ambiental no considera las políticas públicas urbanas y rurales previstas en el territorio. Con eso hay conflictos de intereses, tanto entre las instituciones por la manera de manejar el proceso de uso y ocupación de la tierra y manutención de la integridad ecológica de los sistemas naturales.

Hay una preocupación con el impacto del PDOT sobre los ecosistemas naturales de las áreas protegidas y su alrededor. Como la zonificación ambiental de algunas unidades de conservación y las necesidades de zona de amortiguamiento y corredor ecológico no fueron contempladas por el PDOT, todas esas áreas están comprometidas en relación a su integridad ecológica. Cerca del 42% del área del Distrito Federal está compuesta de áreas protegidas de uso directo² e indirecto³; existe la necesidad de hacer compatible esas áreas con el crecimiento y desarrollo del territorio y su alrededor inmediato (UNESCO 2003).

A) Área de Protección de Manantiales (APM)

Las APM fueron creadas por el Decreto Distrital No. 18585, del 09/07/97 que se refiere al PDOT y es considerada como Área Especial de Protección, por presentar situaciones diversas de protección y fragilidad ambiental. Son consideradas APM las áreas destinadas a la conservación, recuperación y manejo de las cuencas hidrográficas altas, antes de los puntos de captación de CAESB, sin perjuicio de las actividades y acciones inherentes a la función de captar y distribuir agua de buena calidad y en cantidad suficiente para la población. En estas áreas es prohibida la división de suelos urbanos y rurales, a excepción de los ya existentes en el Río Gama. La captación del Río Gama está dentro del APA Gama e Cabeça de Veado y se llama APM Catetinho.

² Uso directo: unidades de conservación destinadas a la conservación de la biodiversidad, donde se permite utilizar los recursos naturales de forma sostenible, estableciendo modelos de desarrollo.

³ Uso indirecto: unidades de conservación destinadas a la conservación de la biodiversidad, a la investigación científica, a la educación ambiental y a la recreación y está totalmente prohibida la exploración de los recursos naturales.

En términos legales la APM Catetinho parece estar protegida tres veces: por ley específica, por el PDOT y por estar en un APA. Por lo tanto: es prohibido la división de lotes urbano y rural; son restringidas las actividades agropecuarias en los sitios actualmente ocupados; hay que ser mantenidos los bosques existentes; es prohibido el lanzamiento de residuos puntuales o no; es disciplinado el uso de aguas subterráneas; son objetivos primordiales la planificación y la gestión de las cuencas y subcuencas existentes.

Las leyes del APM y del PDOT son claras pero la realidad es otra. En esta área (figura 11) gran parte del polígono es ocupada por plantaciones con el uso de agroquímicos, que son lixiviados para la cuenca de captación de agua potable el Río Gama. El propio PDOT denomina Área Especial de Protección para el Río Gama, luego no podría haber propuesto una urbanización para un área de protección de manantiales, o sea, la creación de la Vila Catetinho, porque un aumento en la densidad poblacional en la cuenca de captación puede no ser factible para la retirada de agua, debido a la sedimentación y contaminación de las nacientes (UNESCO 2003). Sin embargo, además de eso el PDOT aprobó la creación del Núcleo Rural Córrego da Onça, que no tiene ninguna producción rural que justifique estar en esta categoría, habiendo solamente producción de subsistencia y características urbanas predominantes.

Se hizo una entrevista al señor Milton Araujo, geógrafo y responsable por la captación de agua en las nacientes del río Gama localizado en la APM Catetinho, para abastecimiento urbano. A la pregunta sobre la participación de esta institución en el manejo de la cuenca Gama, él dijo que la CAESB maneja esta cuenca solamente en el límite del Área de Protección de Manantiales, o sea, el área alrededor de las nacientes y que en nada en las cuencas media y baja interfieren. Entonces para la conservación de los recursos naturales en esta área, ellos desarrollan obras de conservación del suelo, siembra de especies nativas en áreas degradadas, prevención contra incendios forestales, placas educativas y educación ambiental a través de "folders". Milton Araujo reconoce que si la creación de la Vila Catetinho ocurre, van a haber muchos problemas para CAESB, para los habitantes de la cuenca Gama y para los usuarios del Lago Paranoá, además de pérdidas ambientales irreversibles, pero como CAESB es una empresa del gobierno y su función está restringida a la captación y distribución de agua, no quiere generar más conflictos de gestión.

B) Zona de Vida Silvestre (ZVS) y los corredores biológicos

“Toda APA debe tener una Zona de Vida Silvestre”, dice la Resolución CONAMA No. 10/88, art. 40, pero el decreto de creación del APA que es más antiguo ya establece la ZVS cuyo objetivo es la preservación de los ecosistemas naturales de la biota nativa, incluso de las especies raras o amenazadas de extinción en la región, en los recursos hídricos y demás recursos naturales existentes.”

El ancho de los bosques de galería a lo largo de los ríos de la cuenca Gama es bastante variable porque hay un estrechamiento natural de estos bosques en Vargem Bonita y Park Way y eso se puede observar en las fotos aéreas de 1965. Sin embargo esta ocupación aumentó la presión sobre este recurso natural, pues en Vargem Bonita las propiedades son pequeñas y los bosques son utilizados como depósito de basura o almacenamiento de productos (Ferreira1998).

Las Áreas de Preservación Permanente (APP) son definidas en el Código Forestal (Ley Federal no. 4771 del 15 de septiembre de 1965) e incluyen las fajas marginales a lo largo de los ríos y de otros cursos de agua, alrededor de las nacientes, en los picos de los montes, en las pendientes acentuadas. En el área de estudios esa área de preservación es definida en la Zona de Vida Silvestre e incluye una faja marginal de 80 metros en los márgenes de los ríos del APA (Araujo 2003). En la entrevista al geólogo Luiz Carlos Buriti que es el director de gestión de recursos hídricos de la SEMARH (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Hídricos del Distrito Federal) hecha con el objetivo de saber la participación de la SEMARH en el manejo de la cuenca Gama, él dijo que pese la importancia de esta secretaria en todas las obras que se hace en el Distrito Federal, el poder es muy limitado debido a la situación política que favorece y prioriza la urbanización. Él no pudo contestar las preguntas específicamente de la cuenca Gama sino con respecto a todas las cuencas del Distrito Federal.

La SEMARH coordina un proyecto llamado “Adopte una naciente de agua”, para incentivar la participación voluntaria de la comunidad en el proceso de gestión ambiental. El objetivo de este proyecto es promover la mejora de la calidad y caudal de los recursos hídricos por medio de acciones de recuperación, preservación y conservación de nacientes, y también coleccionar datos técnicos para utilizar como una de las herramientas

de monitoreo del Sistema de Gestión de Recursos Hídricos (SEMARH, sf). Según el funcionario de la SEMARH, la cuenca Gama es la que más tiene nacientes en este proyecto pero no pudo decir el número. Sin embargo, Luis Buriti admite que no solamente en la cuenca Gama sino que en todo el Distrito Federal se han tapado nacientes para la construcción civil, pero como la SEMARH pertenece al Gobierno del Distrito Federal y tales obras son del interés del gobierno, esta institución se ve limitada a callarse.

El artículo No. 18, del Decreto de creación del APA Gama e Cabeça de Veado dice que toda ZVS es declarada Área de Relevante Interés Ecológico (ARIE), en los términos del artículo 20 del Decreto No. 89 336, del 31 de enero de 1984. De acuerdo con SNUC, art. 16, las ARIEs pasan a ser unidades de uso sostenible que debe preservar porciones representativas de ecosistemas naturales y permite algunas actividades antropogénicas (MMA/SNUC 2000).

La Hacienda Agua Limpia (FAL) pertenece a la Universidad de Brasilia y tiene las ARIES Capatinga y Taquara en su perímetro que está casi todo inserto en esta cuenca Gama. Robson Figueiredo es agrónomo y posee el puesto de director de la FAL. Según Sr. Robson, la segunda pista del aeropuerto será construida en un área adyacente al área de la FAL y que pertenece a la Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuaria (INFRAERO). Esta área es muy importante porque es ruta de la fauna y solamente en esta área se encontró diez especies diferentes de aves, siendo que en el cerrado hay un promedio de treinta especies. Sin embargo, la empresa responsable por la construcción de esta pista deforestará cerca de 140 ha y ha pedido a él la autorización para soltar los animales en la FAL. Esta obra de construcción de la segunda pista es inevitable porque el aeropuerto de Brasilia tiene un tráfico muy intenso y la pista existente no es suficiente. Y eso se explica con la rutina de los políticos que vienen de todos los estados de Brasil a trabajar pero siguen con sus casas y familias en su origen, yéndose a disfrutar los fines de semana lejos de Brasilia.

Otro conflicto verificado en el APA Gama e Cabeça de Veado es la ocupación urbana en áreas con pendiente mayor que el permitido. La Resolución CONAMA No. 10/88 art. 80 dice que ningún proyecto de urbanización podrá ser implantado en un APA, sin previa autorización de la institución administradora, que exigirá diseño de las calles y lotes respetando la topografía y pendiente inferior a 10% (UNESCO 2003). Esto tiene como

objetivo esa unidad de procesos erosivos y por consecuencia la sedimentación de los ríos, disminución de la profundidad, impacto de los ecosistemas terrestres de bosques de galería y vereda y ecosistemas acuáticos, con la destrucción de sus hábitats. El barrio Park Way tiene lotes tanto en áreas de bosques de galería como en pendientes mayores que 10% (figura 12), lo que confirma que este proyecto fue diseñado sin considerar los aspectos biofísicos y uso potencial de la tierra y tampoco la legislación vigente.

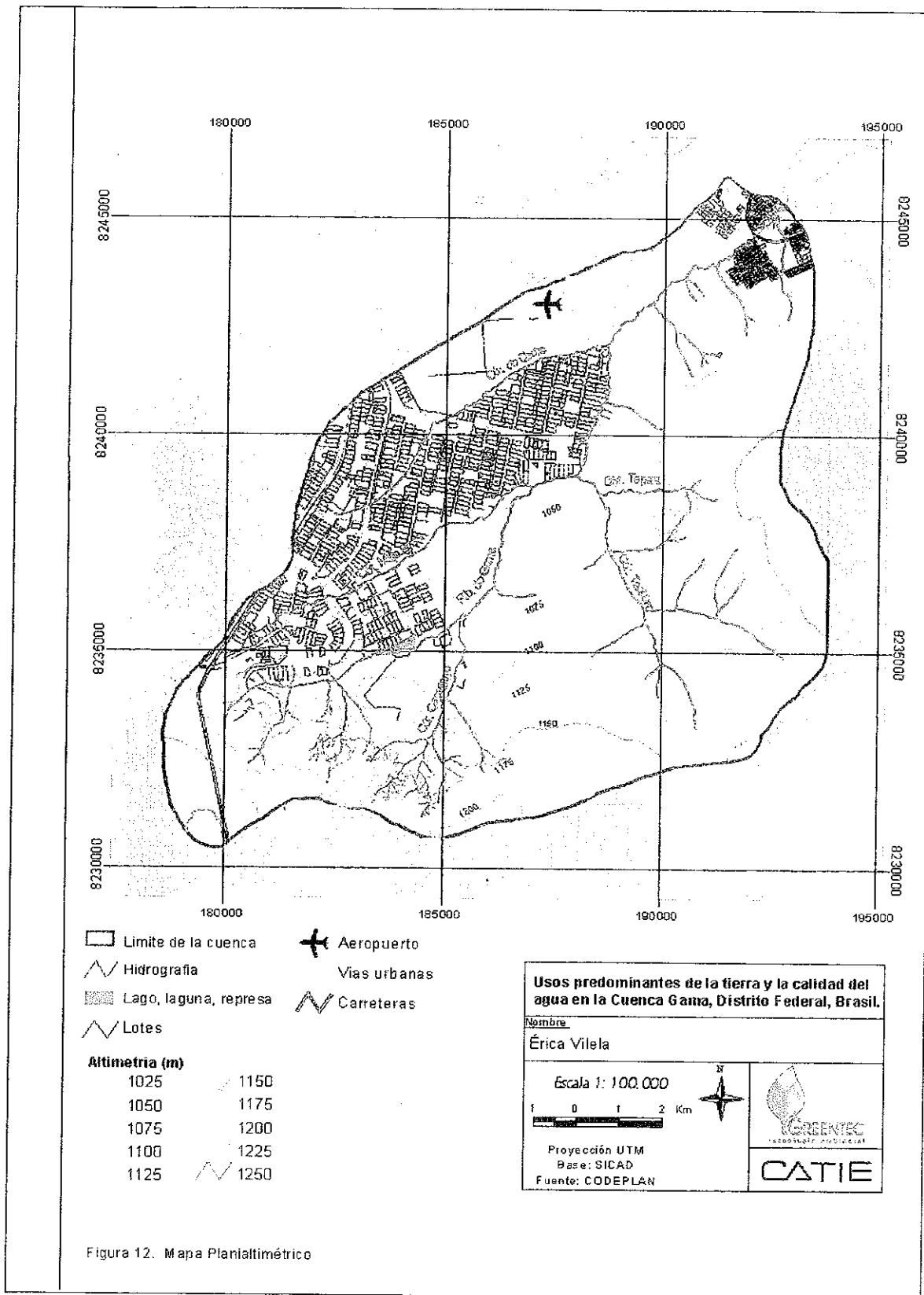
Como la Reserva Ecológica del IBGE es parte tanto de la cuenca Gama como del APA, se hizo una entrevista a la señora Maria Iracema Gonzales, que es bióloga y directora de la Reserva. Según ella, el IBGE participa en el manejo de la cuenca Gama solamente con investigaciones, muchas de estas con la participación del Departamento de Ecología de la Universidad de Brasilia. El IBGE es uno de los miembros del Consejo Gestor del APA, creado por el gobierno del Distrito Federal, pero en las decisiones tomadas no se considera la cuenca como unidad de planificación. Para la conservación de los recursos naturales de la cuenca, Iracema dice que además de las investigaciones, ellos manejan las plantas invasoras y los animales domésticos de los barrios vecinos, que también han invadido el área y volviéndose salvajes. Y para el manejo de incendios forestales ellos cuentan con la participación de la SEMARH.

En cuanto a la cuestión de zona de amortiguamiento y zona de protección de vida silvestre, Iracema dice que no tiene muchos problemas porque los dos vecinos de las laterales también son reserva y que según el decreto de creación de la Reserva del IBGE, ellos no son área protegida porque hacen cosas que por la legislación ambiental no permitiría (geodesia y cartografía) pero que sí buscan seguir las reglas de conservación de una Reserva Ecológica. El problema es que el gobierno la considera como parte del APA, pero no le da medios para manejar como un área protegida y que parte de los recursos de las investigaciones es lo que mantiene las actividades de conservación.

El Núcleo Bandeirante es un barrio que está cerca de la cuenca Gama, pero como el Distrito Federal está dividido en Regiones Administrativas (RA), el barrio Park Way está bajo la administración de Ronaldo, un abogado administrador de esta RA. Sobre la participación de esta institución en el manejo de la cuenca Gama, él dice que es evitando la invasión de las áreas que no son lotes, escuchando las denuncias, contribuyendo con los trabajos desarrollados por FAL.

En respuesta a la pregunta de lo que han hecho para la conservación de los recursos naturales de la cuenca, Ronaldo dice que ya no se puede hacer mucho ahora que todo está implementado y lo que debe tratar de hacer es minimizar los impactos a través de reglas de conservación del suelo. A la pregunta si existe alguna participación de los habitantes en el manejo de la cuenca, indicó que muchos de ellos tienen conciencia ecológica entonces siempre hay talleres para la limpieza de restos de construcción y de placas de propaganda en los árboles.

La Matriz de Conflictos (cuadro 2A) se presenta de manera resumida los factores en pro de la conservación y de la urbanización, haciéndose una comparación entre el año de la planificación de Brasilia (1954) y actualmente (2003).



4.2.7 Gestión Participativa

Articular el concepto de sostenibilidad - que se refiere al que puede ser mantenido a lo largo del tiempo - con las cuestiones puestas por los movimientos sociales urbanos es un desafío. El concepto de sostenibilidad que inicialmente fue traído por el movimiento ambientalista, enfatiza la preocupación con la naturaleza, amenazada por la forma como la sociedad se ha desarrollado, utilizando y destruyendo los recursos naturales, sin la debida atención a sus ciclos de reproducción. Mientras tanto, los movimientos urbanos han discutido los problemas prioritarios de la sociedad a partir de una óptica social, subestimando, a veces, la relevancia de la naturaleza. Así, la articulación entre las dos visiones será una búsqueda incesante, y ciertamente no habrá como evitar una permanente situación de inestabilidad. Ese será siempre una construcción teórica y práctica, colectiva y contradictoria (Santos y Motta s.f.).

La idea de ciudad sostenible ha sido cultivada como aquella capaz de construir un consenso, obliterar conflictos, intereses y proyectos divergentes. El espacio socioambiental puede ser rural o urbano, conforme las actividades desarrolladas, sea la agricultura o las propias de la ciudad, tales como industria, comercio, servicios. Es cierto que hay una integración entre campo y ciudad de manera todo lo que pasa en el campo influye en la ciudad y también lo contrario (Grazia y Queiroz sf.).

La búsqueda de alternativas para la crisis urbana ha provocado conflictos en las formas tradicionales de transformación de la naturaleza y de gestión de recursos (sean estos humanos, ambientales o naturales) promovidas históricamente por la urbanización. Estas alternativas han utilizado con frecuencia el concepto de sostenibilidad y una estrategia de administración para la ampliación de la democracia: la gestión participativa (Santos y Motta s.f.). Con relación a las estrategias de administración urbana, formas tradicionales han sido combatidas por experiencias de gestión democrática. En estas, es imprescindible que la participación de los diversos actores sociales sea ampliada para que ellos puedan ser más actuantes en la valoración del espacio urbano, especialmente a partir de los últimos años cuando la temática ambiental se asocia a la urbana. La Agenda 21, el plan de acción de la Conferencia de la ONU sobre el medio ambiente y desarrollo (1992), da más objetividad a la cuestión al establecer como problema ambiental la calidad de los

asentamientos humanos. En la Agenda Habitat, el plan de acción de la Conferencia de la ONU sobre asentamientos humanos (1996), consagra la dimensión ambiental en las ciudades y establece la sostenibilidad y la gestión democrática como estrategias para el enfrentamiento de los problemas urbanos (Santos y Motta s.f.).

Para la construcción de la Agenda 21 Brasileña se adoptó por metodología la selección de áreas temáticas que reflejan la complejidad de la problemática socioambiental y la propuesta de instrumentos que induzcan el desarrollo sostenible. Los temas centrales de la Agenda 21 escogidos fueron: 1) Agricultura Sostenible, 2) Ciudades Sostenibles, 3) Infraestructura e Integración Regional, 4) Gestión de los Recursos Naturales, 5) Reducción de las Desigualdades Sociales y 6) Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible. Esos seis temas presentan a la sociedad las principales estrategias concebidas en el curso de los debates de la Agenda 21 Brasileña. Parte de las discusiones ocurrió en el primer semestre del 1999, por medio de reuniones y seminarios, con la participación de diversos segmentos de la sociedad de todas las regiones del País (Sarney 2000).

Más que un documento, la Agenda 21 Brasileña es un proceso de planificación estratégica participativa. Este proceso ha sido conducido por la Comisión de Políticas de Desarrollo Sostenible y de la Agenda 21 Nacional (CPDS). La metodología de elaboración de la Agenda privilegia una abordaje multidisciplinar de la realidad brasileña, buscando focalizar la interdependencia de las dimensiones ambiental, económica, social e institucional. Además de eso, determina que el proceso de elaboración e implementación debe establecer parcerías, entendiendo que la Agenda 21 no es un documento del gobierno, pero un producto de consenso entre los diversos sectores de la sociedad brasileña (MMA 2003).

Ministerio del Medio Ambiente (2000) partir de la Agenda 21 y de otras Agendas mundiales de desarrollo y de derechos humanos, elaboró el marco teórico utilizado considerando que el tema Ciudades sostenibles requiere algunas premisas:

- Crecer sin destruir. El desarrollo sostenible de las ciudades implica, al mismo tiempo, crecimiento de los factores positivos para la sostenibilidad urbana y

disminución de los impactos ambientales, sociales y económicos problemáticos en el espacio urbano.

- Vínculo de la problemática ambiental y social. El vínculo de la problemática social urbana con la problemática ambiental de las ciudades exige que se combinen dinámicas sociales con las dinámicas de reducción de los impactos ambientales en el espacio urbano.
- Diálogo entre la Agenda 21 brasileña y las actuales opciones de desarrollo. La sostenibilidad urbana debe insertarse en el contexto nacional e influenciar en las opciones de desarrollo del país.
- Innovación y disseminación de las buenas prácticas. Las acciones de mitigación de los impactos ambientales deben ser equilibradas con las acciones hacia la innovación y la valoración de las prácticas urbanas que presenten componentes de sostenibilidad.
- Fortalecimiento de la democracia. Reconociendo que sin democracia no hay sostenibilidad, se deben fortalecer los mecanismos de gestión democrática de las ciudades y el desarrollo de la ciudadanía activa.
- Gestión integrada y participativa. Necesidad de desarrollar nuevas formas de gestión urbana que propicien la integración de las acciones sectoriales, la participación activa de la sociedad.
- Énfasis en la acción local. Reconociendo la eficacia de la acción local, se debe promover la descentralización de la ejecución de las políticas urbanas y ambientales.
- Cambio en el enfoque de las políticas de desarrollo y preservación ambiental. Se debe promover la sustitución paulatina de los instrumentos de carácter punitivo por instrumentos de incentivo y autorregulación de los agentes sociales y económicos.
- Información para la toma de decisión. El conocimiento y la información sobre la gestión del territorio y del medio ambiente urbano aumentan la conciencia ambiental de la población urbana, calificándola para participar activamente de los procesos decisorios. Políticas y acciones creativas de educación y comunicación, deben contribuir para reforzar todas las estrategias prioritarias de sostenibilidad urbana.

4.3 Identificación y caracterización de los usos actuales predominantes en la cuenca Gama

La margen izquierdo de la cuenca del Río Gama se encuentra bajo fuerte presión antrópica, por la urbanización (Barrio Park Way, parte de los barrios Lago Sul y Dom Bosco) y agricultura (Núcleo Agrícola Vargem Bonita y Hacienda Água Limpa de la UnB), además de otras actividades tales como: áreas de recreación (Country Club de Brasília y Clubes de la Base Aérea), parte del Aeropuerto y la Base Aérea, y la ferrolínea. Las nacientes del Río Gama son todavía aprovechadas para el abastecimiento público de los barrios Núcleo Bandeirante (SMPW) y Lago Sul, a través de tres presas de nivel (captaciones Catetinho I, II e III). Se estima que cerca de 34 litros por segundo, en promedio, son distribuidos a la población después de simple cloración y fluoración. La quebrada Mato Seco es influenciada, tanto por la ferrolínea y áreas urbanas en su nacimiento, como por el área agrícola en las partes medias y bajas de su curso. La quebrada Cedro sufre influencias básicamente urbanas y de clubes de la Base Aérea. La quebrada Capão da Onça, a pesar de estar localizada en la margen derecha del canal principal, sufre interferencias directas de ocupación agro-urbana en su nacimiento, además de ser cortada por la ferrolínea en su parte media (UNESCO 2003).

Los usos predominantes de la tierra de la cuenca Gama pueden ser agrupados en a) área agrícola (Vargem Bonita y Córrego da Onça); b) área urbana (Park Way y 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 d'agua. Las proporciones de cada uso y sus respectivas áreas en porcentaje y hectáreas presentan en el cuadro 9. Se puede decir que es una cuenca conservada, pues un 70% está constituida de cerrado conservado, un 23% de uso urbano y solamente 6% de uso agrícola (figura 13). Sin embargo, debido a la importancia del Río Gama que abastece un tercio de agua del Lago Paranoá y por pertenecer a un APA que hace parte de la Reserva de la Biosfera del Cerrado, los usos agrícolas y urbanos deben tener carácter especial y sostenible para evitar la pérdida de material genético de las áreas protegidas que están al lado. Las comunidades y el gobierno deben ponerse de acuerdo en cuanto al ordenamiento territorial del área, conforme la legislación ambiental y el PDOT.

Cuadro 9. Usos de la tierra en la cuenca Gama

Uso	Área (ha)	Área (%)
Área agrícola	971,15	6,53
Área urbana	3480,26	23,41
Campo	3532,73	23,76
Cerrado	5660,15	38,07
Cuerpos de agua	10,97	0,07
Bosque de galería	1101,17	7,41
Plantación Pino y Eucalipto	111,66	0,75

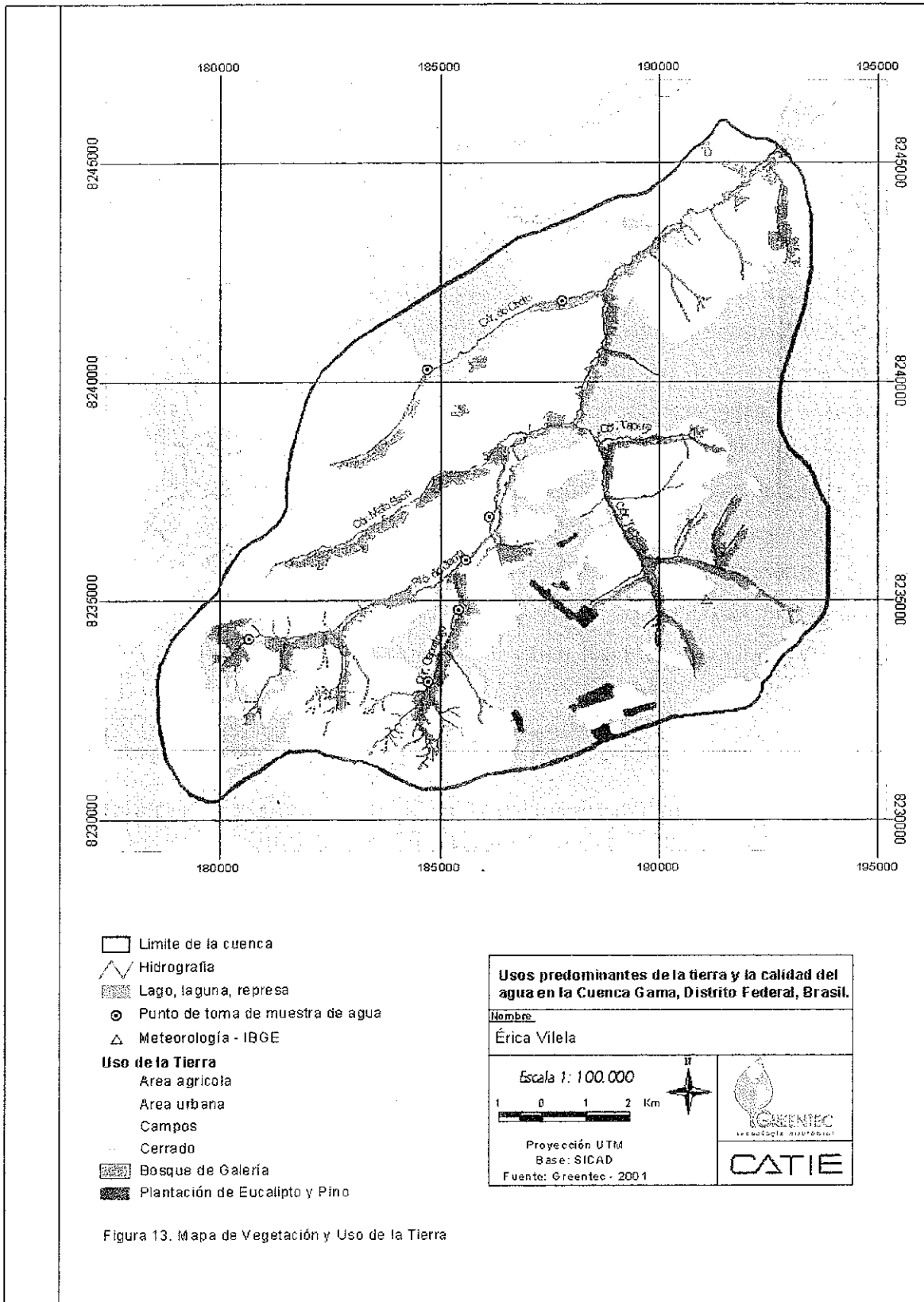


Figura 13. Mapa de Vegetación y Uso de la Tierra

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

En el área agrícola predominan las plantaciones de hortalizas, casi totalmente bajo riego, con el agua proveniente de la presa; se estima que el área irrigada sea 310 ha, principalmente con el uso de sistemas convencionales de riego por aspersión. El cultivo bajo invernaderos alcanza 20 ha y presenta una ganancia significativa de productividad.

En las décadas del 70 y 80, los principales cultivos eran la papa, la zanahoria, el tomate, la remolacha y el ajo. Sin embargo estos cultivos demandaban el uso intensivo de insumos, principalmente fertilizantes químicos y agroquímicos. Vargem Bonita presentó en esta época la mayor productividad nacional de papa. En función de la escala de producción, los cultivos han sido paulatinamente abandonados, predominando actualmente la producción de hortalizas de hojas (Cruz *et al.* 2001). Estas necesitan relativamente menos fertilizantes y agroquímicos que raíces, frutos y tubérculos. Las hortalizas cultivadas actualmente en orden de predominancia son las siguientes: *Lactuca sativa* L. (Alface), *Brassica oleracea* (Couve), *Daucus carota* L. (Cenoura), *Nasturtium officinale* (Agridio), *Coriandrum sativum* (Coentro), *Allium schoenoprasum* L. (Cebolinha), *Sechium edule* Raddi (Chuchu), *Solanum tuberosum* (Batata), *Cucurbita* sp. (Abóbora), *Spinacea oleracea* L. (Espinafre), *Brassica oleracea* (Repolho), *Arracacia xanthorrhiza* (Mandioquinha), *Beta vulgaris* L. (Beterraba), *Petroselinum crispum* L. (Salsa).

Según Hortec (2003) las épocas de siembra y cosecha de estas hortalizas es durante todo el año. La producción y la calidad de las hortalizas disminuyen en esta época lluviosa por la variación de la humedad del suelo y porque los agroquímicos son lavados por la lluvia y el control de plagas se hace difícil. Es decir, que en esta época el uso de agroquímicos se incrementa considerablemente, aunque según los propios agricultores, la cantidad y la frecuencia de la aplicación de estos productos se hace de acuerdo con las instrucciones dadas en las etiquetas de los recipientes y no practican técnicas de uso y conservación del suelo y del agua. La Resolución CONAMA 10/88 dice que en un APA, son prohibidas o reguladas los usos y prácticas capaces de causar degradación en el medio ambiente y que la utilización de agroquímicos y otros biocidas deben ser listados por IBAMA. La lista de los agroquímicos utilizados por estos agricultores y sus respectivos compuestos químicos están en el anexo, sin embargo no hay ninguna evidencia de que tales productos estén en una lista con el visto bueno de una institución ambiental.

4.3.2 Descripción del uso de la tierra urbano en cuanto al manejo de aguas

El área urbana posee normas para la construcción contenidos en el Memorial Descriptivo 119/97 con relativa preocupación ambiental, pues menciona que no se permiten edificaciones en terrenos en proceso de erosión, inundables o en condiciones geológicas no ideales para la urbanización. Sin embargo, las mismas normas dejan abiertas tales prohibiciones cuando designan a las instituciones correspondientes a solucionar tales problemas y entonces permitir construcciones, pero por estar dentro de un APA, tales normas deberían seguir orientaciones de la zonificación ambiental y también mencionar el sistema de tratamiento de desechos líquidos y sólidos.

Toda la población urbana es abastecida con el sistema de agua tratada y alcantarillada a cargo de la empresa CAESB; en cambio a la población rural no se le brinda el mismo servicio, por lo tanto toda la población utiliza el sistema de pozo porque la legislación así lo permite. De acuerdo con el mapa de hidrogeología de la cuenca Gama, las áreas urbana y rural están en el sistema P₂ donde el suelo es arcilloso y las aguas poco profundas y por eso muy vulnerables a la contaminación debido a la existencia de pozos sépticos y a la utilización de agroquímicos en el área rural.

En cuanto a los desechos líquidos, tanto el área urbana como rural utilizan el sistema de pozos sépticos. Los aspectos hidrogeológicos de la cuenca Gama no son favorables a este tipo de estructura aún menos cuando la hay en exceso. Considerándose 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 CAESB. Una de las reglas de la Resolución CONAMA 010/88 dice 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.

4.3.3 Descripción del uso de la tierra cerrado en cuanto al manejo de aguas

La ocupación del Cerrado brasileño por el hombre se inició hace miles de años, por medio de civilizaciones que subsistían de la cacería y del extrativismo. En la época de la llegada de los europeos, muchas tribus nativas ya practicaban la agricultura de subsistencia. Este modelo de exploración antrópica predominó hasta del siglo XVIII, cuando los colonizadores europeos empezaron la búsqueda por oro, piedras preciosas e indígenas. En esta fase se inició el proceso de degradación ambiental, en función de la creación de innumerables ciudades y de la actividad de minería (UNESCO 2000).

Entre las regiones brasileñas, el Cerrado es la que en los últimos años ha tenido las transformaciones más radicales en las técnicas productivas y en el propio estilo de vida. Sin embargo, antes de la década de los 60 las áreas de Cerrado siempre eran tratadas con desprecio, pues se pensaba que no servían para la agricultura y soportaba pocas cabezas de ganado, formándose así una economía de subsistencia junto al "cultivo rústico" o "cultivo campesino" (Aragão 1990). La inauguración de Brasilia dio un intenso cambio en el paisaje del Cerrado, con consecuencias importantes en los aspectos sociales, físicos, biológicos y culturales (UNESCO 2000).

El intenso flujo migratorio y el crecimiento de la agricultura han presionado el ambiente y amenazan alterar la planificación original de la ciudad, considerada patrimonio de la humanidad por UNESCO. La agricultura mecanizada a la gran escala ha sustituido el paisaje natural en el Brasil Central, especialmente a partir de la década de los 70. Pero fue en los 80 que la ocupación agrícola empezó a tener mayor importancia, con la entrada de la soya, de los cultivos irrigados y otros cultivos extensivos, que se concentran actualmente en la parte Este del Distrito Federal, en el corredor formado entre las cuencas hidrográficas de los ríos Preto y São Bartolomeu (Goepfert *et al.* 2000). Toda esa estructura se ha arruinado y en su lugar se ha desarrollado una mezcla económica propia, pero culturalmente sin definición, cuyos valores y prácticas sociales y productoras del pasado se han extinguido. Los nuevos valores no se han consolidado en un paradigma cultural definido y homogéneo (Aragão 1990).

El Cerrado es el bioma de la integración nacional a consecuencia de sus características

ecológicas, geopolíticas, demográficas, socioeconómicas y culturales. Es un verdadero laboratorio para estudios de ecología tropical. Y desde que el hombre está cada vez más presente en ese escenario, cambiándolo, se hace crucial el conocimiento de la ecología humana del Cerrado. Eso porque una explicación científica de estrategia biocultural de sobrevivencia del hombre brasileño, y el desarrollo de una ciencia que sea orientada para cualquier región del país, dependerá de un completo conocimiento del hombre del cerrado. Se puede decir entonces que el futuro del Brasil está definitivamente ligado al futuro del Cerrado (Almeida Jr. 1999).

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

Las sabanas se destacan entre las principales fitofisonomías asociadas a las regiones de interflujo, áreas ubicadas entre los cauces de dos ríos consecutivos, además del cerradão. También se encuentran plantas mesofíticas en suelos con mayor fertilidad y formaciones asociadas a los cursos de agua. Sin embargo, la fisonomía predominante es el Cerrado *sensu stricto*, cuya vegetación es de interflujo, ocurriendo típicamente sobre suelos profundos y bien drenados (UNESCO 2000).

Einten (1990) clasifica la vegetación de la zona del Cerrado en dos tipos: de interflujo (A) conformado por el Cerrado *sensu stricto*, bosque mesofítico, campo rupestre y vegetación de afloramiento de roca y asociados con el curso de agua (B) conformado por buritizales y veredas, campo húmedo y bosques de galería.

a) Tipos de interflujo

I. Cerrado *sensu stricto*

Las plantas leñosas tienen una apariencia característica. Los troncos y ramas de los árboles y arbustos son en su mayor parte torcidos; eso da una apariencia tortuosa a la vegetación. Los troncos son frecuentemente inclinados o, a veces, paralelos al suelo

antes que la punta se vuelva para arriba. La cáscara es normalmente gruesa y corchosa, pudiendo constituir hasta dos tercios del diámetro total del tronco.

El Cerrado está compuesto de dos grupos de especies. Uno contiene los árboles y los arbustos de tronco grueso. El otro contiene las especies de la capa rastrera. La flora arbórea y arbustiva de tronco grueso tiene más de 1000 especies, y los cerrados más densos pueden tener más de 150 de estas especies leñosas por hectárea. En los cerrados más abiertos hay un menor número por hectárea, usualmente 40-80, y ciertos campos sucios del Cerrado pueden tener solamente 10-15 especies de este tamaño. Estas fisonomías naturales son modificadas por el fuego periódico provocado por el hombre o por causas naturales, como los rayos.

La forma más alta del cerrado *sensu stricto* es el cerradão. Estructuralmente puede ser bosque, porque tiene el dosel cerrado de 7 m o más de altura, generalmente de altura irregular; los niveles varían en diferentes lugares, pudiendo llegar hasta 20 m de altura. Por abajo, siempre está el sotobosque constituido de arbolitos menores de 3 m de altura y bromelias grandes.

II. Bosque mesofítico de interflujo

En la región climática del cerrado, donde los suelos bien drenados de los interflujos son más ricos en nutrientes, ocurren algunas formas de bosque mesofítico. Estos bosques crecen sobre suelos profundos, generalmente son siempre verdes. Los que ocurren en suelos rasos son semidecíduos, y los que ocurren en suelos muy rasos son completamente decíduos.

III. Campo rupestre

Esos campos ocurren sobre picos de sierras de altitudes moderadas de 1000 a 1800 m y tienen un gran número de especies endémicas. La fisonomía de la vegetación varía, generalmente es una sabana arbustiva o prados de campo limpio gramíneo. Los campos rupestres deben ser distinguidos de los campos montanos de los picos y altiplanos de mayor altitud (2000-2800 m).

IV. Vegetación de afloramiento de roca

En la superficie de los peñascos de varios tipos de rocas ocurren los líquenes, musgos, bromelias, cactus, hiervas suculentas y no suculentas, así como un árbol o arbusto ocasional.

b) Tipos asociados con los cursos de agua

I. Buritizal y veredas

Este tipo de vegetación ocurre solamente donde el suelo permanece inundado, en los valles; está compuesta básicamente de gramíneas y buritis (*Mauritia vinifera*) de la familia Palmáceas, pudiendo haber algunos pocos arbustos.

II. 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 faja en los dos lados de un bosque de galería o vereda.

III. Los bosques de galería

Se define bosque de galería como aquél que depende del acercamiento de las aguas superficiales a la superficie a lo largo de los valles, de manera que una buena cantidad de agua está disponible a todas las raíces de los árboles todo el año, suficiente para suplir todas las hojas (Einten 1990). Ya Sano y Almeida (1998) definen por bosque de galería a la vegetación forestal que acompaña los ríos pequeños y riachuelos del altiplano del Brasil Central y son caracterizados por combinaciones distintas de la acción de varios factores bióticos y abióticos, proporcionando una flora bastante variable y muy influenciada por las formaciones vegetales adyacentes (Barbosa et al. 1990). Esta fisonomía es perennifolia aún durante la estación seca (Sano y Almeida 1998).

Según Cornelius (s.f.), los bosques de galería son de importancia socioeconómica y ecológica por lo menos tres razones:

Primero, la condición del bosque (no solamente si está presente o ausente, sino también su anchura, la presencia de la vegetación, etc.) probablemente influye en los procesos dominantes que afectan la cantidad y calidad del agua. Los ríos sin los bosques de galería probablemente sufren los índices más altos de sedimentación, una afluencia más alta de contaminantes agrícolas y un flujo más bajo y menos estable.

En segundo lugar, la biodiversidad de la región, la presencia de los árboles que se concentran en estas fajas riparias. Dado la importancia del bosque como hábitat para muchos organismos, la concentración de especies arbóreas sugiere una concentración de biodiversidad en general. Por lo tanto, la conservación y la disponibilidad continua de muchas plantas socioeconómicamente importantes, y de los animales de la zona por parte de los habitantes rurales, pueden ser críticamente dependientes de la conservación del bosque ripario.

Tercero, la misma persistencia de muchas fajas del bosque ripario sugiere que sus funciones ya son percibidas y valoradas por los habitantes rurales. Tal conocimiento aumenta grandemente la restauración de estos ecosistemas.

En el caso de Brasil, varios autores han sugerido que los bosques de galería del Cerrado funcionan como corredores de dispersión entre los bosques húmedos del Atlántico y de Amazonía (Johnson *et al.* 1999). Los bosques de galería están teóricamente protegidos por la legislación brasileña por su importancia en proteger las nacientes y control de erosión ya que funciona como zona tapón y filtro químico. Sin embargo, se han cortado estos bosques para la agricultura de subsistencia, horticultura o ganadería (Felfili 1997). La manutención de estas formaciones vegetales, que están en gran parte compuesta por especies con buena aptitud agrícola y con muchos frutos (que atraen los pájaros o se caen en el agua y constituyen alimento precioso para la ictiofauna), favorecen el equilibrio ecológico facilitando así el combate a las plagas perjudiciales a los cultivos, sin la necesidad de una intensa utilización de insumos, especialmente agroquímicos (Barbosa *et al.* 1990).

Tomando en cuenta la propuesta de uso del suelo y vegetación en corredores ecológicos según la zonificación del Plan Director de Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, se

puede observar que los bosques de galería son claves de vegetación forestal en el dominio del cerrado, porque funcionan como fajas de bosques tropicales húmedos en medio la vegetación del cerrado y son considerados corredores para la fauna silvestre, suministrando también agua, sombra y alimentos para la fauna del cerrado (Felfili y Júnior 2001).

4.3.4 Potencial de recarga natural de agua en la cuenca Gama

El potencial de recarga natural de agua en la cuenca Gama básicamente está en función a los usos de la tierra y las pendientes. Tiene la clasificación de muy baja, baja, mediana y alta (figura 14). Se puede observar que las áreas de muy bajo potencial de recarga son las áreas urbanizadas, seguidas por bajo, que también están en áreas urbanizadas, pero en las áreas de bosque de galería conservado también tienen manchas de bajo potencial, causado por las pendientes acentuadas ($> 30\%$) (figura 5). En las áreas de potencial mediano están básicamente los bosques de galería conservados, que tienen pendientes de 15 – 30% y también un área de plantación de soya cerca de las nacientes del Río Gama. Las áreas de alto potencial de recarga se caracterizan por el cerrado conservado y las pendientes suaves.

Con base al Potencial de Recarga Hídrica, se pueden conocer algunas de las consecuencias del mal uso de la tierra y de la falta de planificación y zonificación ambiental. Algunas de las áreas con bajo y muy bajo potencial de recarga además indican el aumento de la escorrentía y como son áreas deforestadas, se incrementa la sedimentación de los ríos también porque muchas veces el sistemas de drenaje de aguas pluviales son construidos de manera inadecuada, llevando para las aguas de los ríos partículas de suelos y arena, ya que hay muchas casas en fase de construcción.



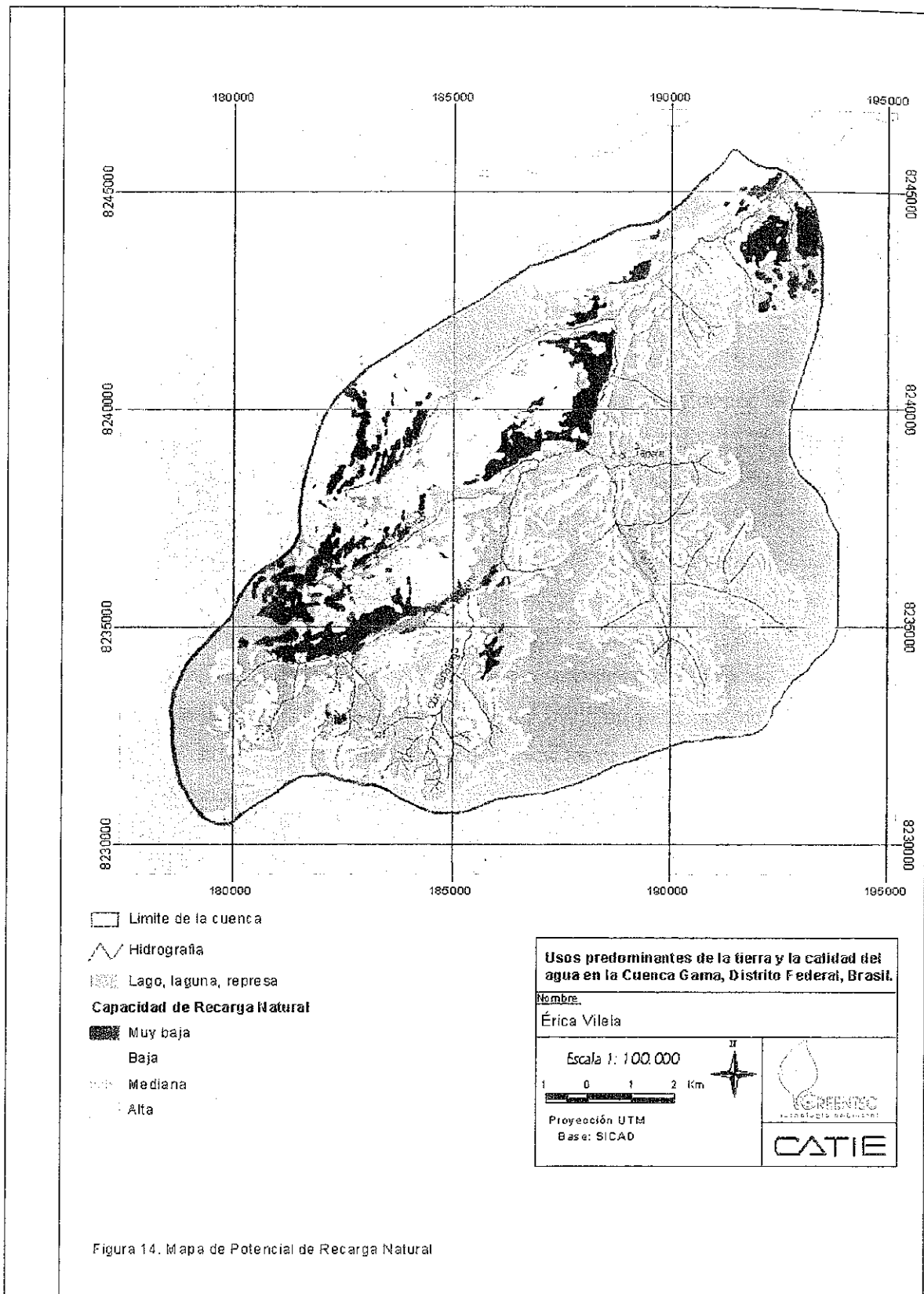


Figura 14. Mapa de Potencial de Recarga Natural

En el Park Way es obligatorio dejar una área verde con mínimo de 40% del lote, la cual puede ser arborizada o utilizada para jardines, lo que permite al habitante deforestar especies arbóreas nativas y reemplazarlas por especies arbustivas exóticas o por gramíneas para canchas de fútbol. El resultado de eso es el potencial de recarga hídrica bajo y muy bajo porque este tipo de vegetación disminuye la infiltración y aumenta la escorrentía superficial, esta facilitada por el suelo impermeabilizado por las edificaciones, las calles, carreteras y canales de drenaje artificial de lluvia. Además deja más aisladas las áreas protegidas que están en el margen derecho del Río Gama.

Para la futura zonificación ambiental del área, el potencial de recarga natural de agua puede ser un instrumento de gestión, para orientar las actividades en los usos ya implementados y también como argumento para impedir la expansión de la urbanización, pues las aguas superficiales y subterráneas tienen importancia fundamental para cualquier ciudad. UNESCO (2000) hizo un estudio del uso de la tierra en el Distrito Federal a través del proyecto "Evaluación Multitemporal de Ocupación del Suelo en el DF y su Efecto Sobre en la Cobertura Vegetal", utilizando como fuente de información, datos obtenidos por sensores remotos aerotransportados y orbitales, más específicamente, fotografías aéreas e imágenes satélites. Tales tecnologías utilizadas permitieron la identificación, el análisis y la representación de las transformaciones territoriales que han ocurrido en el DF, posibilitándose evaluar la dinámica de ocupación de tierras y el proceso de degradación en las áreas naturales.

De los ocho usos utilizados por UNESCO (2000), se seleccionaron los tres observados en la presente investigación para hacer una comparación del cambio de porcentaje de cada uso en la historia del Distrito Federal (cuadro 10 y figura 15).

Cuadro 10. Historia del uso de la tierra en el DF en porcentaje en relación al área total del DF 581400 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

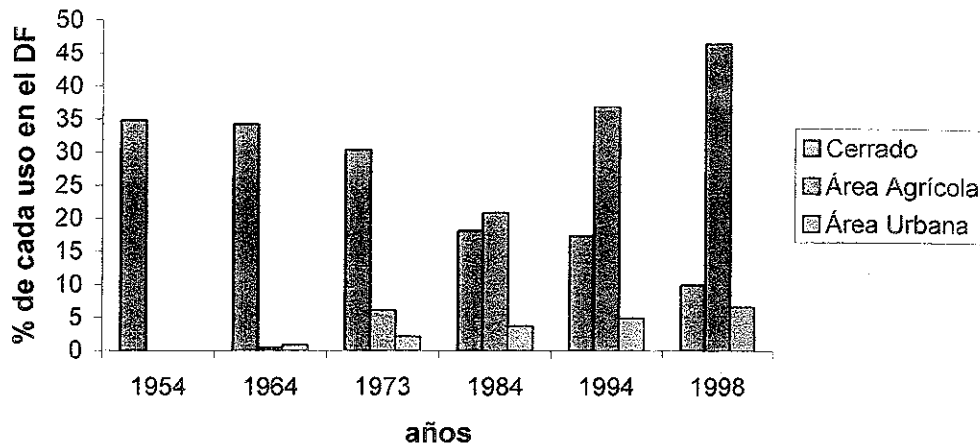


Figura 15. Historia del uso de la tierra en el DF en porcentaje en relación al área total del DF 581400 km² (100%)

El año 1954 es considerado el año testigo del estudio por representar la situación original de cobertura vegetal encontrada en el DF, cuando la presencia antrópica era mínima, caracterizándose de dos pequeños pueblos además de algunas áreas ocupadas por actividades agrícolas tradicionales y de subsistencia, practicadas a lo largo de los cursos de agua. A partir de la década de los 70, se puede observar una disminución gradual de la cobertura de vegetación original que ha sido sustituida por agricultura. El uso agrícola ha aumentado de una manera acelerada a partir de 1984, en esta misma época parte de la vegetación original del APM de la cuenca Gama fue sustituida por plantaciones de soya y el caudal del Río Gama disminuyó drásticamente (figura 16 y cuadro 11), pues por estar en la parte más alta de la cuenca, esta área es muy importante en cuanto a recarga hídrica. Entonces es fácil concluir que el reemplazo de la vegetación nativa por agricultura cambió de alto potencial de recarga hídrica para mediano por el aumento de sedimentos porque la precipitación ha sido muy variada durante los últimos doce años y su influencia no justifica la disminución gradual del volumen de agua en este Río. También porque por ahora no se puede sacar ninguna conclusión a cerca de la precipitación y del caudal en el Río Gama porque según Frére y Rijks (1975) tiene que existir un número razonable de estaciones pluviométricas que permite tener una general de la lluvia. Por ejemplo, el valor medio anual calculado según una serie ininterrumpida de diez años de precipitaciones puede diferir en el doble del valor medio real que cuando se lo calcula según una serie de

treinta años. No obstante, para hacer un estudio más detallado acerca de la distribución y la variabilidad de la lluvia, sería necesario disponer de una red de observación más densa y de más estaciones que tuvieran largas series de datos sin interrupción. Para este tipo de estudios, se debe considerar que veinte años es un período mínimo para llegar a conclusiones fidedignas.

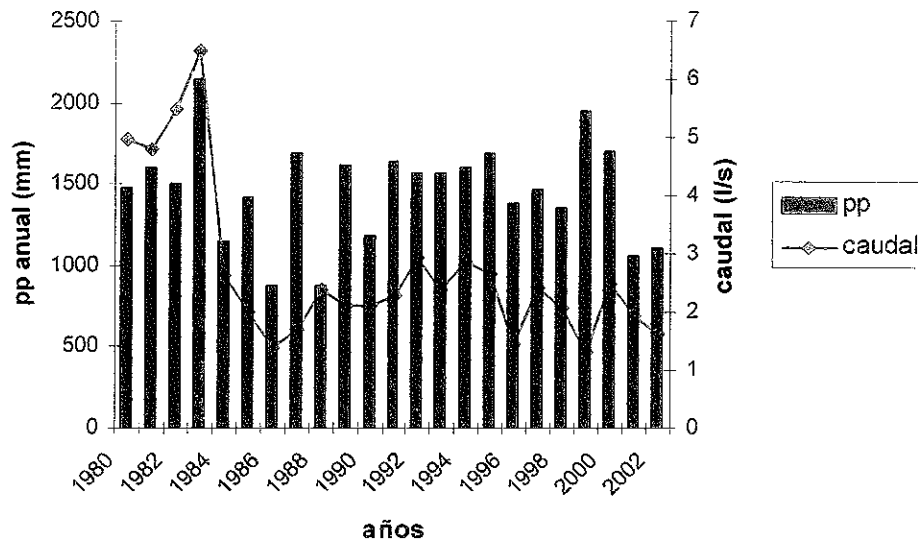


Figura 16. Precipitación anual y caudal de la cuenca Gama, Distrito Federal.

Cuadro 11. Promedio de la precipitación y del caudal del Río Gama en períodos de 5 años

Períodos	promedio caudal (l/s)	pp promedio anual (mm)
1979-1983	5,642	1574,2
1984-1988	2,012	1290,94
1989-1993	2,358	1497,8
1994-1998	2,288	1564,56
1999-2002	1,835	1064,8

La dinámica de formación del paisaje en el Distrito Federal está íntimamente relacionada a los intensivos procesos de urbanización y del 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. Esta ocupación alrededor de las áreas protegidas (Parque Nacional de Brasília, Estación Ecológica de Águas Emendadas y APA Gama e Cabeça de Veado), que no siempre ha sido planeada y ordenada, hace con que las mismas estén cada vez más aisladas, formando fragmentos de vegetación natural sin conectividad con otras áreas de Cerrado y así comprometiendo el flujo de material genético con la consecuente reducción de la biodiversidad.

4.3 Análisis de la calidad del agua en relación al uso de la tierra

Un gran número de drenajes perennes caracteriza la cuenca del Río Gama, sin embargo, algunos afluentes de primera orden se secan completamente durante el período de estiaje. Durante el período de las lluvias, ocurre escorrentía de corta duración, característica de pequeños drenajes de cabecera, que provocan gran erosión y dejan los canales llenos de troncos y otros residuos. Los caudales promedio del Río Gama, según datos de la CAESB, para un período de 30 años (1971 a 2001), oscilan entre 1,5 l/s a 3,0 l/s. Las aguas son pobres en nutrientes, la conductividad generalmente no sobrepasa 10 μ hos y la concentración de oxígeno disuelto no es muy baja (varía entre 7 e 10 mg/l). Con frecuencia encuentran cubiertos por un denso bosque de galería, que impide la penetración de rayos solares, ocasionando las bajas temperaturas de agua, que no sobrepasan 27° C en el verano, y en el invierno pueden ser inferiores a 10 °C. La falta de luz, asociada a corriente fluvial, reduce la productividad primaria en los canales, restringiendo el desarrollo de fitoplancton, zooplancton e hidrófilas. Es importante mencionar que esas condiciones típicas están restringidas a aquellos drenajes protegidos por las unidades de conservación. Los demás cursos de agua están con la calidad de agua comprometida, por el uso inadecuado del suelo en sus cuencas de drenaje. Los tributarios, bajo fuerte influencia agrícola, presentan altas concentraciones de materia orgánica y de nitrógeno, proveniente de fertilizantes utilizados en el Núcleo Rural Vargem Bonita. Aquellos bajo influencia urbana, además de la carga elevada de nutrientes (nitrógeno y fósforo), presentan alta contaminación bacteriana, indicando contaminación por las aguas negras domésticas (Schenkel 2000).

La CAESB (1983) hizo un estudio de la relación de los parámetros oxígeno disuelto, conductividad y pH con el uso de la tierra. Este estudio surgió debido la necesidad de recuperación de la calidad del agua del Lago Paranoá y por consecuencia la recuperación y mitigación de los tributarios que lo alimentan. Se sabe que la contaminación del Lago ocurre principalmente por exceso de materiales sólidos, elementos tóxicos y nutrientes resultado de las actividades humanas y rurales en la cuenca hidrográfica Paranoá. Debido a la complejidad para la solución del problema de eutrofización del Lago Paranoá, se consideró que la mejoría de la calidad del agua del Río Gama es una de las estrategias para la recuperación del Lago. En este estudio se observó a lo largo de todo el Río Gama varias actividades desarrolladas sin ningún acompañamiento y control, que pudieran

prevenir y corregir la degradación de algunas áreas, como en Vargem Bonita y áreas de gravas.

De los resultados obtenidos por ellos se puede concluir que las actividades desarrolladas en la cuenca Gama han contribuido a la contaminación del Río Gama y por consecuencia del Lago Paranoá. Los parámetros determinados (pH, oxígeno disuelto y conductividad) son importantes, pero no existe correlación entre ellos y no establecen por el origen del material presente en el agua. De una manera general, en 1984, los riachuelos Mato Seco y Cedro como también los riachuelos protegidos Capetinga y Taquara, en los puntos de muestreo de Vargem Bonita los análisis no detectaron presencia de agroquímicos, posiblemente debido a que el lanzamiento se hace de manera discontinua y por eso no es posible detectarlos fácilmente después de las lluvias (cuando hicieron este estudio). Se sabe también que tales agroquímicos son lixiviados y se depositan al fondo el río o los peces lo absorben.

4.4.1 Análisis de la calidad del agua según la Resolución CONAMA 20/86

La Resolución CONAMA 20/86 es un marco de gestión de recursos hídricos que trata del encuadramiento de los cursos de agua, que es el establecimiento del nivel de calidad de agua a ser alcanzado o mantenido en un segmento o trechos de ríos a lo largo del tiempo. Ese encuadramiento está dividido en clases de usos y de calidad. Tal resolución establece que tipo de uso puede tener en una determinada región en función de la calidad de agua. Por ejemplo, si se desea un abastecimiento doméstico se tiene que eliminar en aquella región usos que comprometan la calidad de agua para este tipo de abastecimiento, es decir, resulta en definir directrices para los usos del suelo en función de la calidad de agua. Se caracteriza los desechos líquidos, definiendo lo que se puede botar, o sea, se define la calidad de estos desechos que se puede depositar o lanzar en los ríos (Porreca 1996).

Tal Resolución establece la clasificación de aguas dulces, salobres y salinas del Territorio Nacional. Como este estudio se refiere a solamente aguas dulces, abajo se describen las clases:

Clase Especial: aguas destinadas al abastecimiento doméstico sin previa o con simple desinfección y a la preservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas.

Clase I: aguas destinadas al abastecimiento doméstico después de tratamiento simplificado, a la protección de las comunidades acuáticas, a la recreación de contacto primario (natación, esquí acuático y buceo), al riego de hortalizas que son consumidas crudas y de frutas rastreras y que sean ingeridas crudas sin remoción de película, a la creación natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.

Clase II: aguas destinadas al abastecimiento doméstico después de un tratamiento convencional; a la protección de las comunidades acuáticas, a la recreación de contacto primario (esquí acuático, natación y buceo), al riego de hortalizas y frutas, a la creación natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.

Clase III: aguas destinadas al abastecimiento doméstico después de un tratamiento convencional, al riego de cultivos arbóreos, de cereales y forrajeras; a saciar la sed de animales.

Clase IV: aguas destinadas a la navegación, a la armonía paisajística, a usos menos exigentes.

Por eso también se hizo una evaluación de calidad de agua en diferentes puntos de muestreo, en los meses de marzo y abril. De acuerdo a esta normativa de CONAMA, se encontraron de los cuatro tipos de aguas (cuadro 12), aunque predominan las clases I, II y III.

Cuadro 12. Resultados de los análisis del agua de acuerdo con la Resolución CONAMA 20/86

Puntos de Muestreo	Marzo			Abril		
	Cerrado	Agricultura	Urbano	Cerrado	Agricultura	Urbano
1	I y III	I y II	I y II	I y II	I y IV	I y III
2	I	I y II	I y II	I y III	I y III	I y III

En todos los puntos de muestreo se observa la clase I para los parámetros color, pH, turbidez, cloro, nitrato, fósforo total, hierro soluble, sólidos disueltos totales, amonio no

ionizable. Tal clase no tiene muchas restricciones en cuanto al uso por seres humanos, tanto para consumo como para contacto y es propia para protección y creación de animales acuáticos. En relación al parámetro coliformes fecales, todos los usos presentan condición de calidad compatible con las otras cuatro clases. En el uso Cerrado conservado se observa la clase III por dos veces, pero la única restricción es en cuanto al riego de hortalizas que se desarrollan cerca de la superficie del suelo y que se consumen crudas. En este caso esta misma restricción es importante para el uso agricultura debido a que tal restricción se aplica en todos los dos puntos y en los dos meses. Además es el único uso que tiene la clase IV, cuya restricción es para el consumo y contacto humano y usos menos exigentes. El uso urbano obtuvo la clasificación II y III, pero las restricciones que hay en estas clases no se aplican a las actividades desarrolladas en esta área.

4.4.2 Análisis de cada parámetro de la calidad del agua en relación a los usos de la tierra

COLOR

Según la legislación vigente actualmente, la ley 1469 de 29/12/2000 del Ministerio de Salud de Brasil, el valor máximo permisible para el parámetro color es 15 uH. De acuerdo con el cuadro 13 y la figura 17, los usos agrícola y urbano tuvieron valores mayores que el permisible en la época lluviosa, pero estos valores se igualaron en la época seca y alcanzaron el rango permisible por la legislación. Los valores en el bosque conservado se mantuvieron constante en las dos estaciones, lo que era de esperarse porque el bosque protege el agua de elementos que pueden cambiar el color a través de la lluvia y de la escorrentía que no actúan directamente en el agua, diferente de lo que ocurre en los otros dos usos. El resultado del análisis de varianza indica que hay diferencia significativa entre los usos de la tierra y las épocas del año ($F_{8,15} = 5.20$, $P = 0.0030$).

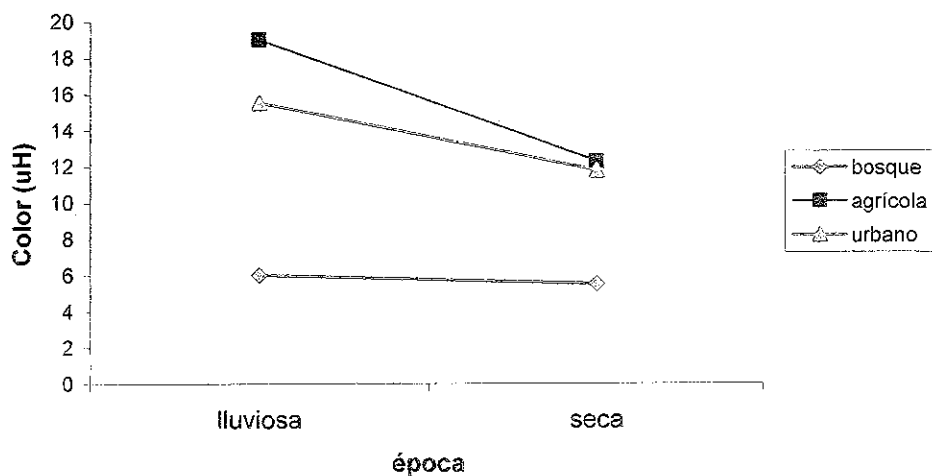


Figura 17. Indicador de coloración del agua según el periodo de muestreo y el uso de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Cuadro 13. Valores de los resultados de turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	2	1	12	16	18	16
2	5	11	18	7	20	10
3	5	3	12	16	18	16
4	12	7	20	8	20	7
promedio	6,00	5,50	15,50	11,75	19,00	12,25
desv. est.	3,67	3,84	3,57	4,26	1,00	3,90

pH

Los valores máximos permitidos para pH están en el rango 6.0 a 9.5, de acuerdo con la Norma de Calidad de Agua para Consumo Humano, anexo a Ley 1469 de 29/12/2000 del Ministerio de Salud de Brasil. Durante todo el periodo de muestreo y en todos los usos de la tierra, los resultados estuvieron en el rango aceptable como se presentan en el cuadro

14 y en la figura 18. De la misma manera, a lo largo de los años, este parámetro se ha mantenido en este rango como se puede visualizar en la figura 19. El resultado del análisis de varianza indica que hay diferencia significativa entre los usos y las épocas del año ($F_{8,15} = 6.59$, $P = 0.009$).

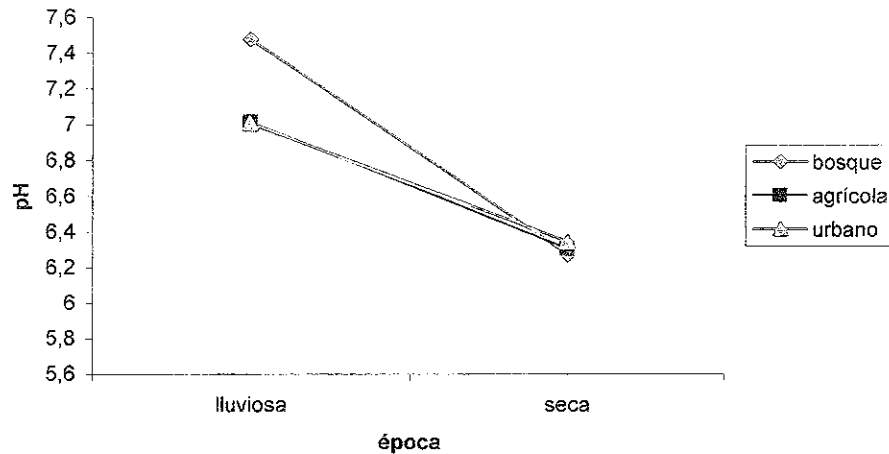


Figura 18. Indicador de pH del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Los valores de los usos agrícola y urbano fueron prácticamente iguales en las dos estaciones pero los valores del uso bosque conservado se mostró más alto en la época lluviosa, es decir más alcalino que en la época seca, donde los tres usos se igualan en el valor 6.3. Para este parámetro hay diferencia significativa entre épocas y usos, lo que se puede concluir es que la diferencia que hay entre épocas se da en la época seca mientras la diferencia que se da en la época lluviosa es influenciada por los usos, pues el uso sin interferencia humana se diferenció en esta estación.

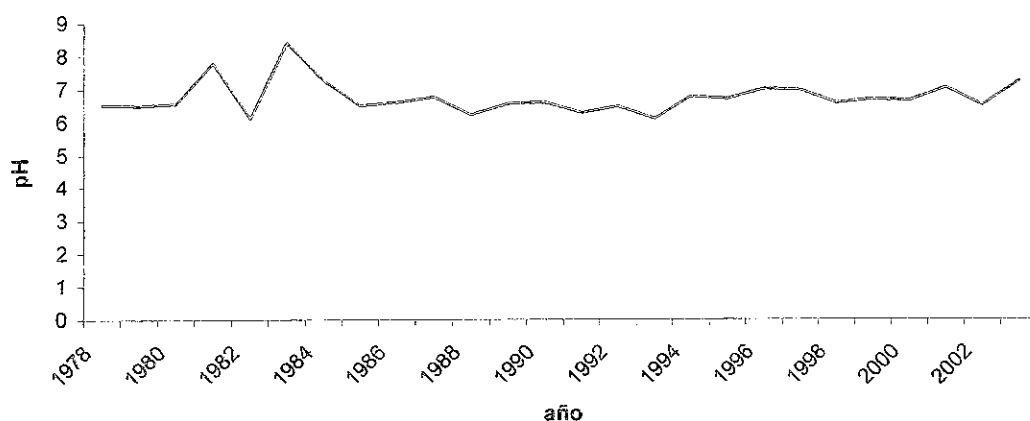


Figura 19. Valores de pH del agua durante el periodo 1978-2003 en la cuenca Gama, Brasil.

Cuadro 14. Valores de los resultados de pH del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	8,32	6,4	6,89	6,34	6,91	6,44
2	7,12	6,17	7,29	6,37	7,28	6,26
3	7,56	6,45	6,74	6,36	6,75	6,37
4	6,9	6,06	7,1	6,3	7,11	6,14
promedio	7,48	6,27	7,01	6,34	7,01	6,30
desv. est.	0,54	0,16	0,21	0,03	0,20	0,11

TURBIDEZ

El resultado del análisis de varianza para este parámetro dice que hay diferencia significativa entre los usos de la tierra y épocas de muestreo ($F_{8,15} = 6.53$, $P = 0.0010$). Los resultados de la prueba de turbidez según las partes muestreadas de la cuenca Gama se presentan en el cuadro 15 y en la figura 20.

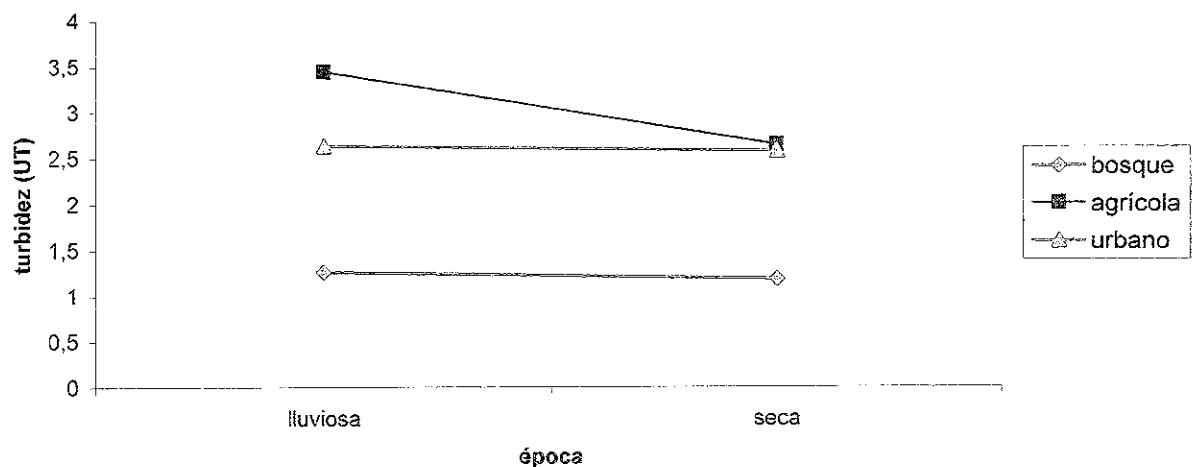


Figura 20. Turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Cuadro 15. Valores de los resultados de turbidez del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	0,86	0,67	1,73	1,76	4,24	2,58
2	0,91	0,73	2,05	1,58	3,99	2,47
3	1,67	1,43	3,27	4,68	1,72	2,61
4	1,59	1,89	3,47	2,28	3,82	2,9
promedio	1,26	1,18	2,63	2,58	3,44	2,64
desv. est.	0,37	0,51	0,75	1,24	1,01	0,16

El valor máximo permitido para este parámetro es 5UT, y todos los usos de la tierra de la cuenca Gama tiene este valor menor que cuatro. Las concentraciones más altas de turbidez se encontraron en los usos de la tierra agrícola y urbano. Las descargas de desechos orgánicos y sedimentos y la destrucción de los bosques de galería contribuyen para el aumento de los niveles de turbidez, provocando una apariencia de agua sucia y turbia. Eso se explica con lo que ocurre en el bosque conservado, donde las

concentraciones son más bajas y constantes durante las estaciones lluviosa y seca, o sea, para este uso la apariencia limpia y transparente del agua se mantiene en los dos puntos de muestreo y en las dos épocas del año. En cambio, los otros dos usos bajo influencia de actividades antropogénicas tiene valores más altos, sobretudo en la época lluviosa, cuando las partículas sólidas están en suspensión. A lo largo de diez años, el promedio de turbidez del Río Gama se ha mostrado muy variable como se presenta en la figura 21.

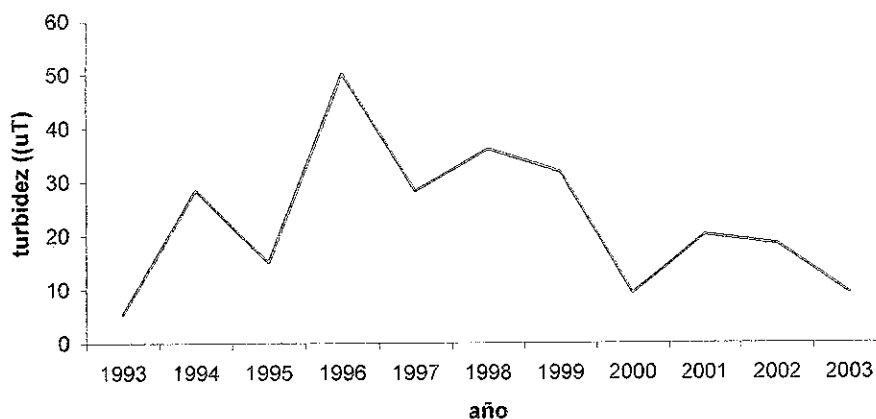


Figura 21. Promedio de turbidez del agua durante el periodo 1993-2003, en la cuenca Gama, Brasil.

HIERRO SOLUBLE

El hierro se encuentra en el agua tanto en forma bivalente (Fe^{++}) como trivalente (Fe^{+++}). El Fe^{++} es soluble bajo condiciones anaeróbicas, pero en presencia de oxígeno se vuelve trivalente y forma complejos coloidales con otros iones inorgánicos. Esto quiere decir que en los lagos y embalses, el hierro se encuentra normalmente como trivalente (férrico) en las capas superiores, pero a medida que se va llegando a los fondos anóxicos, se torna en hierro bivalente (Fe^{++}) soluble. Lo anterior constituye un grave problema para los embalses en la generación hidroeléctrica cuya captación se hace a nivel de capas anóxicas (Pérez 1992).

El análisis de varianza para este parámetro dice que no hay diferencia significativa entre los usos de la tierra y las épocas del año ($F_{8,14} = 1.11$, $P = 0.4132$). La figura 22 muestra

que los valores de hierro soluble en el agua de los puntos de muestreo en los tres usos de la tierra estudiados son prácticamente iguales. Eso porque el valor máximo permisible de este parámetro, de acuerdo con la legislación 1469 del Ministerio de la Salud de Brasil, es el rango 0 hasta 0.3 mg/l y la mayoría de los valores obtenidos están en este rango (cuadro 16). En el bosque y en el área rural estos valores se mantienen, observándose una variación solamente en el uso urbano donde se aumenta de manera drástica; esto se puede observar la desviación estándar en el cuadro 16) y eso se explica porque en uno de los puntos de muestreo del área urbana se pudo observar la presencia de basura en el río, incluso de embalajes metálicas de medicamentos y otros objetos de hierro durante el muestreo de la época seca (foto 2A).

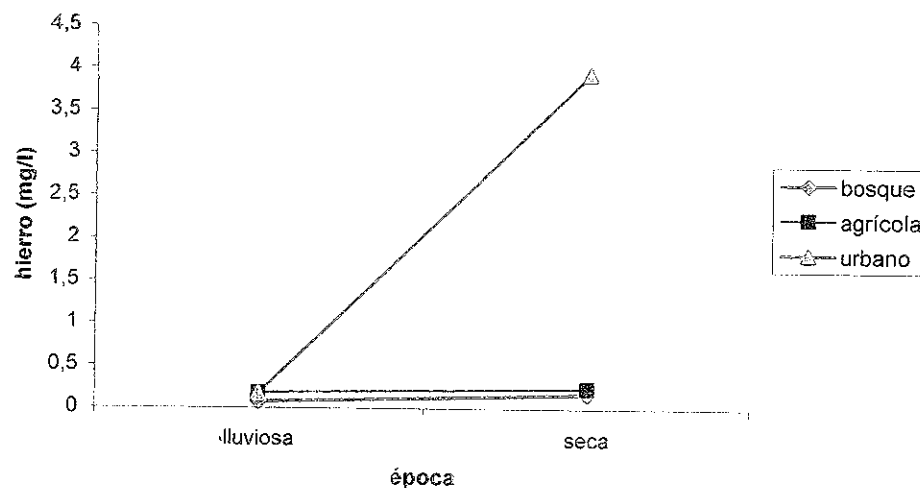


Figura 22. Hierro soluble del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Cuadro 16. Valores de los resultados de hierro del agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	0,03	0,07	0,17	0,39	0,24	0,4
2	0,03	0,16	0,2	11,3	0,025	0,13
3	0,1	0,27	0,13		0,217	0,39
4	0,13	0,18	0,2	0,13	0,23	0,03
promedio	0,07	0,17	0,18	3,94	0,18	0,24
desv. est.	0,04	0,07	0,03	5,21	0,09	0,16

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Los resultados de los análisis de este indicador se muestran en el cuadro 17 y la figura 23. El resultado del análisis de varianza indica que no hay diferencia significativa entre los usos de la tierra y las épocas del año para este parámetro ($F_{8,9} = 0.95$, $P = 0.5242$). El valor máximo permisible para este parámetro es 1000 mg/l y los valores obtenidos durante el periodo de muestreo son menores que este valor. Para todos los usos las concentraciones en la época lluviosa fueron mayores que en la época seca. Este comportamiento en los usos urbano y agrícola se puede explicar por arrastre de las partículas sólidas a través de las lluvias ya que la impermeabilización del suelo, principalmente por los canales de drenaje existentes en los dos usos, que contribuyen para que tales elementos escurra para las aguas del río, lo que no ocurre en la época seca, lo que explica la disminución. En el uso bosque conservado, la concentración aumentó durante la época seca cuando el caudal disminuye y las concentraciones de estas partículas provenientes de restos de hojas y ramas aumentan llevados por el viento que en esta época es más fuerte.

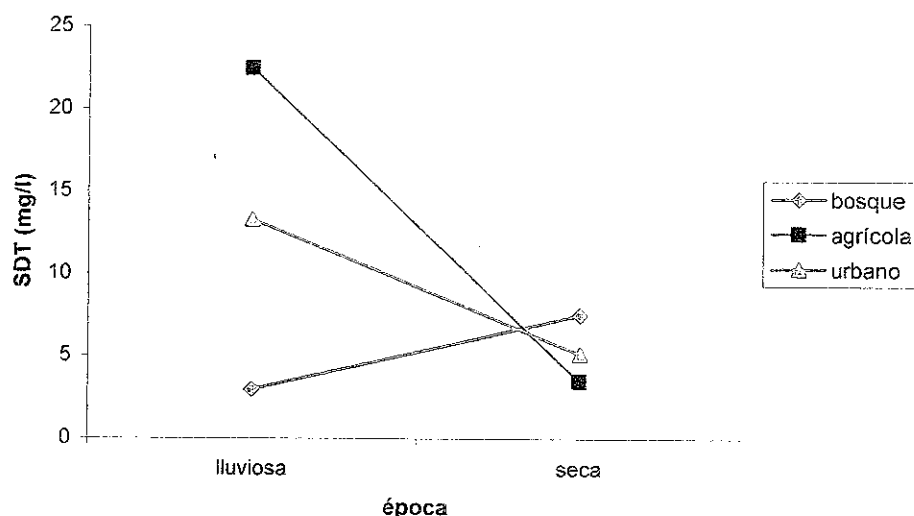


Figura 23. Sólidos disueltos totales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

A pesar que estadísticamente no hay diferencia significativa, la gran diferencia que muestra la figura 23 en la época lluviosa se debe al coeficiente de variabilidad muy alto ($cv = 149.52$) dentro de cada uso. Por ejemplo, en el muestreo de abril del 2003, el

resultado de este parámetro en el uso agrícola fueron 6.41 mg/l y 68.88 mg/l en los puntos uno y dos respectivamente, como se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Valores de los resultados de sólidos disueltos totales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	2,5		13,6		6,9	
2	4,56	12,6	14,48	0,14	6,41	0,63
3	2,3		13,2		7,7	
4	2,51	2,4	11,78	10,1	68,88	6,3
promedio	2,97	7,50	13,27	5,12	22,47	3,47
desv. est.	0,92	5,10	0,97	4,98	26,80	2,84

NITRATOS

Los resultados de los análisis para este indicador de calidad del agua se presenta en el cuadro 18 y la figura 24. El Valor máximo permisible de este parámetro de acuerdo con la Ley 1469 del 29/12/2000 del Ministerio de Salud es 10 mg/l y los resultados de los tres usos de la tierra son inferiores a este valor, entonces no se le puede catalogar como perjudicial, sin embargo deben tomarse medidas preventivas para evitar un aumento en las concentraciones de este elemento, principalmente en el uso agrícola, donde hay una concentración mayor por la utilización de fertilizantes químicos, que provocan nitrificación del nitrógeno orgánico. En la época seca el caudal disminuye y el uso de fertilizantes permanece y por el uso que hacen los habitantes de los ríos para lavar sus vajillas, esta concentración aumenta todavía más. En el uso urbano la concentración de nitrato es mayor en la época lluviosa porque los fertilizantes químicos aplicados en los jardines son escurridos por la lluvia y en la época seca eso no ocurre. En el bosque conservado, por no tener tales influencias, las concentraciones son bajas y constantes. El resultado del análisis de varianza dice que hay diferencia significativa entre los usos y las épocas del año ($F_{8,15} = 9.23$, $P = 0.0001$).

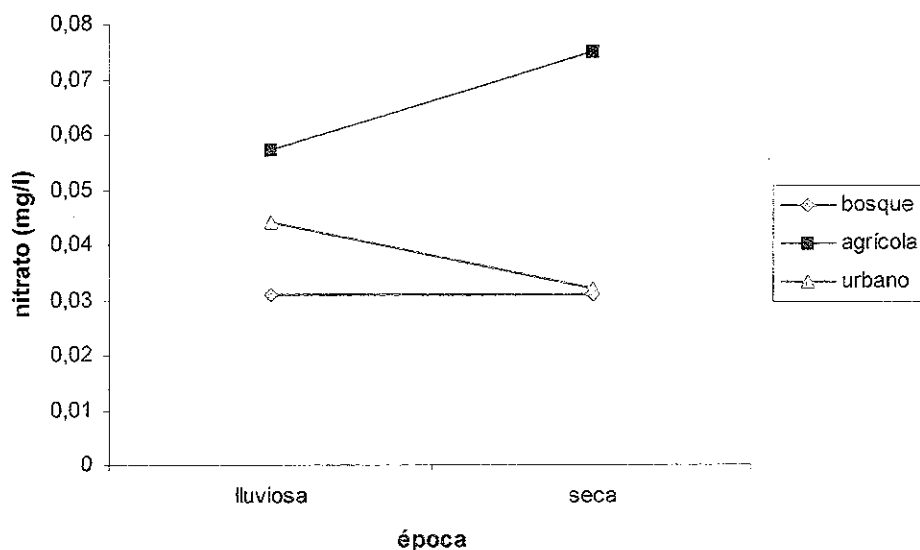


Figura 24. Nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil

Cuadro 18. Valores de los resultados de nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRÍCOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	0,031	0,031	0,051	0,031	0,042	0,048
2	0,031	0,031	0,031	0,031	0,042	0,04
3	0,031	0,031	0,062	0,035	0,088	0,09
4	0,031	0,031	0,032	0,031	0,057	0,122
promedio	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06	0,08
desv. est.	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03

FOSFATO

Para este indicador de calidad del agua se hizo un análisis solamente en la época lluviosa y según la Resolución CONAMA n° 20 de 18 de junio del 1986 debido a problemas de pérdida de muestra en el laboratorio. Este parámetro tiene el valor máximo permisible de 0.025 mg/l y de acuerdo con los resultados de los análisis hechos durante el periodo de

muestreo, el uso urbano es el único que posee el nivel de fósforo en un valor permisible. En el uso de la tierra agrícola eso se explica por el uso que hacen los habitantes para lavar ropas y trastos utilizando detergentes. Las concentraciones de fósforos en el bosque se explica por los habitantes del área rural que existe en la parte alta (APM), que pueden hacer el mismo uso que los habitantes del área rural de abajo (cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados obtenidos en el análisis del agua de fósforo total (mg/l) en la época lluviosa

sítios de muestreo	BOSQUE	URBANO	AGRÍCOLA
1	0,004	0,005	0,03
2	0,011	0,013	0,027
3	0,017	0,013	0,217
4	0,097	0,013	0,014
promedio	0,032	0,011	0,072
desviación estándar	0,038	0,003	0,084

COLIFORMES FECALES

En el cuadro 20 y la figura 25 aparecen los resultados correspondientes a los análisis para coliformes fecales. La Ley 1469 del 29/12/2000 del Ministerio de Salud dice que para la potabilidad se debe tener ausencia de coliformes fecales y durante todo el periodo de muestreo se obtuvo valores de más de mil NMP/100ml. El bosque tuvo valores más bajos y el uso agrícola valores más altos. En todos los usos se observó que las concentraciones de este parámetro en la época lluviosa fueron más altas que en la época seca, observándose que en el bosque esta concentración aumentó en la última estación muestreada, mientras los usos agrícola y urbano se igualaron (figura 24).

Este comportamiento puede ser explicado también por la lixiviación de los elementos contaminantes en los márgenes de los ríos por las lluvias abundantes, que permiten que tales elementos escurran para el río y en la época seca tales elementos permanecen en su origen, lo que explica la disminución.

En el área agrícola era de esperarse altas concentraciones de coliformes fecales porque no hay un sistema de alcantarillado sino pozos sépticos. Según el técnico de EMATER hace muchos años que no han limpiado estos pozos porque no se han saturado o más bien los desechos se han infiltrado en el suelo. Se observaron basuras en los puntos de muestreo de las áreas urbana y rural y en esta última se observaron la presencia de vacas cerca de los márgenes del río. El resultado de varianza para este parámetro dice que no hay diferencia significativa entre los usos de la tierra y las épocas de muestreo ($F_{8,15} = 0.84, P = 0.5861$).

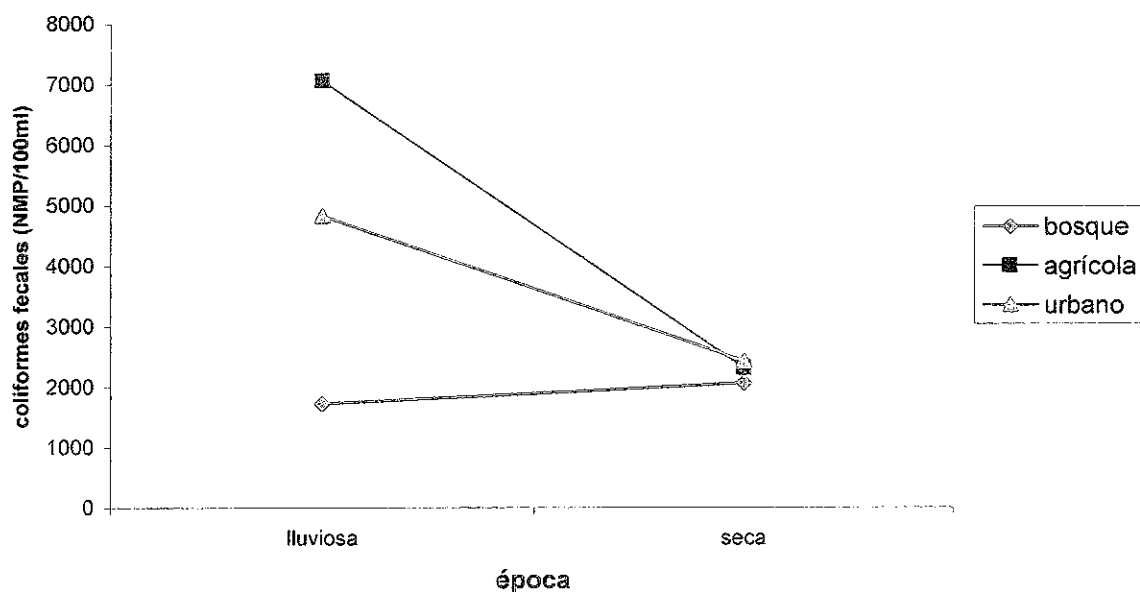


Figura 25. Coliformes fecales en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

Cuadro 20. Valores de los resultados de nitratos en el agua según el periodo de muestreo y los usos de la tierra en la cuenca Gama, Brasil.

sitios de muestreo	BOSQUE		URBANO		AGRICOLA	
	lluviosa	seca	lluviosa	seca	lluviosa	seca
1	1600	980,4	300	1600	1600	2419,2
2	5000	2419,17	1400	16000	16000	1986,3
3	170	2419,2	2419,2	2419,2	1600	2419,2
4	110	2419,17	2419,17	2419,2	9000	2419,2
promedio	1720,00	2059,49	1634,59	5609,60	7050,00	2310,97
desv. est.	1985,41	623,01	875,69	6008,22	5985,61	187,46

En el cuadro 21 se hace una comparación entre las normas internacionales de la Organización Mundial de Salud (OMS 2003) y las normas nacionales de Brasil según el Ministerio de la Salud.

Cuadro 21. Valor máximo permisible según las normas internacionales y nacionales

Parámetros	OMS	BRASIL
Color (uH)	15	15
pH	-	6.0 a 9.5
Turbidez (UT)	5	2.61
Hierro soluble (mg/l)	0.3	0.3
Sólidos disueltos totales (mg/l)	1000	1000
Nitratos (mg/l)	50	10
Fosfatos (mg/l)	-	0.025
Coliformes fecales (UFC/100ml)	0	0

4.4.3 Análisis del Índice da Calidad del Agua (ICA) en la cuenca Gama

Según el análisis de varianza del ICA hay diferencia significativa entre los usos de la tierra de la cuenca Gama y las épocas del año ($F_{14,9} = 5.67$, $P = 0.0065$). Por la prueba de Duncan, el uso bosque conservado tuvo el mayor ICA = 75.10a y se difiere en comparación a los demás usos, siendo agrícola ICA = 72.50b y urbano ICA = 72.14b similares en relación a este índice. La figura 26 ilustra estos resultados de manera que se puede observar que el agua tiene una mejor calidad en el uso bosque porque este sirve como filtro de posibles contaminantes que llegan a través de la escorrentía, y que en la época lluviosa la calidad del agua es mejor en todos los usos porque el caudal es mayor y los elementos contaminantes están menos concentrados que en la época seca.

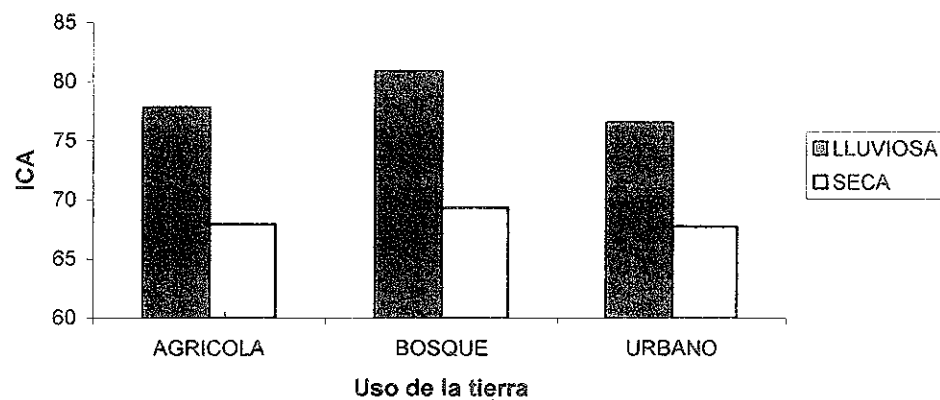


Figura 26. Promedio del Índice de Calidad del Agua en los usos de la tierra predominantes en la cuenca Gama, Brasil.

4.1 Propuestas de estrategias y acciones que apoyen la toma de decisiones dirigidas a mejorar el uso de la tierra para que se logre un manejo sostenible de la cuenca Gama

El manejo integrado y sostenible de una cuenca hidrográfica debe involucrar la participación de todos los actores. Las propuestas aquí presentadas están en separadas para cada actor de la cuenca Gama, sin embargo es clara la idea que se debe tener una interacción sobretodo en lo que corresponde a toma de decisiones y búsqueda de soluciones.

Reserva Ecológica del IBGE: sus objetivos principales no son la conservación, pero como hace parte de un APA debe estar integrada a FAL y al Jardín Botánico con actividades de conservación con la participación de la comunidad. Las investigaciones desarrolladas en el área de la Reserva deben generar informaciones utilizadas en la educación ambiental de las comunidades vecinas.

FAL: los trabajos de educación ambiental ya desarrollados por esta institución deben tener un enfoque en el manejo integrado de cuencas hidrográficas como unidad de planificación, de manera que las acciones propuestas y desarrolladas tengan como objetivo no solamente la conservación de la biodiversidad sino también de los recursos hídricos y toda su riqueza y beneficios. De igual manera, las informaciones generadas con los experimentos relacionadas a recursos hídricos y al cerrado deben estar al alcance de toda la comunidad.

Jardín Botánico: su gestión debe tener en cuenta el manejo integrado de la cuenca Gama de manera que haya participación e integración con todos los actores de esta cuenca a pesar de que su área no está integralmente en dicha cuenca.

CAESB: esta institución maneja solamente el APM y es necesaria la idea de manejo integrado de cuenca hidrográfica en sus actividades. Como institución responsable por la calidad de agua de abastecimiento de Brasilia, CAESB debe participar del manejo de la cuenca Gama también pensando en el Lago Paranoá, por lo cual es responsable por mantener la buena calidad del agua. Su participación en las decisiones del gobierno en el

ordenamiento territorial y en la zonificación ambiental es fundamental por sus orientaciones en las actividades desarrolladas en la cuenca que pueden afectar la calidad del agua.

Administración del Núcleo Bandeirante: también debe considerar la cuenca Gama como unidad de gestión y que está en un APA, para que sus acciones en el barrio Park Way sea para el beneficio de los habitantes pero en un contexto sostenible, participando de reuniones de los comités y integrándose al manejo de la cuenca, impidiendo las invasiones de urbanización en APP, atendiendo a las decisiones de las reuniones del comité.

SEMARH: como institución gestora del Sistema de Gerencia Integrado de Recursos Hídricos en los aspectos de calidad y cantidad, fiscalización del uso, control, protección y conservación de los recursos hídricos, SEMARH tiene demasiada tarea para poco personal capacitado. Además de capacitar un número mayor de funcionarios, SEMARH debe integrarse al manejo integrado de la cuenca Gama aprovechando las informaciones generadas en las investigaciones de las áreas protegidas y de CAESB y también participar del comité de la cuenca hidrográfica.

EMATER: corresponde a esta institución la orientación a todos los finqueros de la cuenca Gama en cuanto a técnicas de conservación del suelo y del agua, incentivos a la práctica de agricultura orgánica a través de organización de charlas y como facilitador en las negociaciones con el gobierno con respecto a préstamos e impuestos para la adopción de tales técnicas. Además de darles informaciones a cerca de las consecuencias de los agroquímicos utilizados por ellos actualmente, tanto para la salud como para el ambiente.

Comité de habitantes de Park Way: estar conciente de sus actividades y sus consecuencias en el manejo integrado de la cuenca Gama, buscando alternativas para la sostenibilidad. Como por ejemplo estimular la siembra de árboles nativos del cerrado de belleza ornamental en los jardines de las casas para que funcione como parches para los aves e insectos de las áreas protegidas puedan diseminar semillas y hacer el cambio genéticos de las especies vegetales. Buscar alternativas para el manejo de los jardines sin agroquímicos para que no haya lixiviación de estos materiales que afectan la calidad del agua de los Ríos Cedro, Mato Seco y Gama. Organizar talleres para diseminar las

informaciones generadas con las investigaciones de las áreas protegidas a cerca del cerrado, de manera que haya concientización de la importancia de la cuenca que habitan y sensibilización para la recuperación de los bosques de galería en esta área, con la participación de toda la comunidad de la cuenca Gama, es decir, con la interacción de los habitantes de Vargem Bonita, Córrego da Onça y Lago Sul.

INFRAERO: ya que la construcción de la segunda pista del aeropuerto es inevitable, por lo menos que el área deforestada sea en el borde más cercano a la primera pista y que no permita la construcción de gasolineras, tiendas de carros y otros establecimientos que van a deforestar e impermeabilizar el suelo de un área mayor, consumir y contaminar las aguas de los ríos de la cuenca Gama. De igual manera, debe participar de las reuniones de comités donde se decide las acciones del manejo integrado de la cuenca Gama.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados de esta investigación se pueden llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- ❖ La cuenca Gama ha sido zona de estudio de diversas investigaciones y su caracterización socioeconómica y biofísica parece estar cada vez más detallada principalmente con el uso del Sistema de Información Geográfica como herramienta sin embargo faltan estudios sobre el efecto de los bosques de galería sobre la hidrología de los ríos, es decir, saber la diferencia de grados de degradación de estos bosques en la hidrología de la cuenca.
- ❖ El potencial de recarga hídrica en las áreas urbanizadas y agrícolas son bajas y muy bajas, por eso es importante que se evite la impermeabilización del suelo y también que se construya obras de recarga hídrica artificiales principalmente en algunas áreas de la zona urbana donde este índice fue clasificado como muy bajo.
- ❖ En el área de protección de manantiales posiblemente tenía alto potencial de recarga hídrica antes de la implantación de cultivos por las pendientes suaves y por la vegetación. Hoy, con los cultivos, tiene la clasificación de medio potencial de recarga. Si se realiza el plan de urbanización de esta área, seguramente el potencial de recarga hídrica tendrá la clasificación baja o muy baja, además de la contaminación de las aguas superficiales.
- ❖ No hay interacción entre los habitantes del área rural y del área urbana y tampoco una conciencia de que viven en una cuenca hidrográfica importante para el Distrito Federal. Por lo tanto es necesaria la formación de un comité de cuencas hidrográficas para que haya una gestión participativa del área, con la importante interacción de los habitantes tanto del área rural como urbana, para solucionar conflictos de intereses y lograr un desarrollo sostenible del área como núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado y como cuenca hidrográfica.

- ❖ No que se refiere al papel del gobierno en la implementación de la política ambiental, el proceso de urbanización promovido por el poder público debe considerar la capacidad de soporte de los ecosistemas, de manera que las instituciones ambientales participen de los planes de urbanización, haciendo estudios de impactos ambientales y orientando todo el proceso hacia la mitigación de impactos mayores o la conservación, impidiendo la urbanización de algunas áreas.
- ❖ En las áreas ya ocupadas es importante que las instituciones responsables por las zonas urbanas y rurales de la cuenca, juntamente con la comunidad, haga monitoreos y control de las actividades contaminantes para que esas no causen daños irreversibles o que coloquen en riesgo el acceso de las generaciones futuras a los servicios ambientales ofrecidos por los recursos naturales, especialmente al abastecimiento de agua.
- ❖ En los estudios realizados y tampoco en las instituciones responsables por el manejo de la cuenca Gama no se habla de cuenca hidrográfica como unidad de planificación; a pesar que la legislación es bastante clara en cuanto a eso. La zonificación ambiental trae diversas soluciones para el desarrollo de una ciudad sostenible pero es importante que considere el manejo integrado de las cuencas hidrográficas como parte de la gestión, tanto del APA como de la cuenca Gama.
- ❖ Aunque no de manera integral, sí existen bosques de galería en las áreas urbanas y rurales de la cuenca Gama y estos funcionan como corredores biológicos. En las partes donde estos bosques están degradados es importante que se haga la recuperación. En las áreas verdes y jardines incentivar la plantación de especies arbóreas nativas, para que funcionen como parches para los aves diseminaren las semillas que traen de las áreas protegidas. Así se puede disminuir el aislamiento del APA.
- ❖ La legislación y la gestión de la cuenca Gama actúan de manera sectorial. Con la formación de consejos y comités donde haya participación de actores de los diversos sectores se puede encontrar soluciones para conflictos y lograr un equilibrio entre la política de urbanización y la política ambiental, resultando el

manejo sostenible.

- ❖ En cuanto a los aspectos fisicoquímicos y según la clasificación de CONAMA 20/86, la calidad del agua en todos los usos de la tierra es buena. Sin embargo en cuanto a los aspectos bacteriológicos la calidad es mala en todos los usos por diversas razones. Aunque protegido, el uso cerrado tiene influencia de las áreas agrícolas y del club que está aguas arriba. En las áreas agrícola y urbana este resultado ya era de esperarse por las condiciones que se encuentran los ríos.
- ❖ En los parámetros color, pH, turbidez no se encontraron diferencia significativa entre los usos de la tierra y las dos épocas del año. Tampoco en los parámetros hierro soluble, sólidos disueltos totales y coliformes fecales no hay diferencia significativa. En cuanto al Índice de Calidad de Agua, se encontró diferencia significativa solamente entre las épocas del año.
- ❖ En el área rural se debe establecer actividades de conservación del suelo y evitar el uso de agroquímicos a través de técnicas avanzadas de agricultura orgánica. En el área urbana se debe identificar las actividades contaminantes y promover la educación ambiental a todos los habitantes de estas áreas, de manera que haya concientización de que viven en una cuenca importante y en un Área de Protección Ambiental, y que todas las actividades desarrolladas por ellos tienen consecuencias que reflejan para todo Distrito Federal y bioma Cerrado.
- ❖ En este estudio no se pudo identificar evidencias de que el caudal ha disminuido por las actividades antropogénicas, sin embargo 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.

6. LITERATURA CITADA

- Almeida Jr., J.M.G. 1990. Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. 657 p.
- Andreoli, C. 1993. Influencia de la agricultura en la calidad del agua. In FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL) Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines p. 59-74 (Informe sobre temas Hídricos no. 1).
- Aragão, L.T. 1990. Ocupação Humana de Brasília. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. p. 163.
- Araujo, M.C. 2003. A gestão de áreas de proteção e a participação de organizações da sociedade civil – Estudo de Caso do Setor de Mansões Park Way, Distrito Federal. Tesis Mag. Sc. Brasília, Brasil, Universidade Católica. 121 p.
- Barros, J.G.C. 1990. Caracterização Biológica e Hidrogeológica. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. p. 257.
- Behar, R.G., Cardozo, M.C.Z.; Rojas O.C. s.f. Análisis y valoración del Índice de Calidad de Agua (ICA) de la NSF: El caso de los ríos Cali y Meléndez, Cali, Colombia. Colombia 19 p.
- Barbosa, L.M.; Barbosa. J.M.; Batista, E.A.; Veronese, S.A.; Asperti, L.M.; Bedinelli; Belasque, E.F. 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.
- Beitia, A. 1989. Análisis de la problemática de la calidad del agua y formulación de recomendaciones para su manejo en la cuenca alta del Río Chiriqui Viejo, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 242 p.
- Bosch, J.M., Hewlett, J. D. 1982. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology, 55: 3-23.
- Brasil. 1934. Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934 (Código das Águas).
- _____ 1965. Lei Federal 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal Brasileiro).
- _____ 1967a. Lei Federal 5.197, de 3 de janeiro de 1967 (Proteção a Fauna).
- _____ 1967b. Decreto Lei 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração).
- _____ 1981. Lei Federal 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente).

- _____. 1983. Ministerio da Agricultura. Secretaria Nacional de Produção Agropecuária. Secretaria de Recursos Naturais. Coordenadoria de Conservação de Solo e Água. Manejo e conservação do solo e da água; informações técnicas. Brasília, 66 p.
- Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Gregersen, H.M.; Thames, J.L. 1991. Hydrology and the management of watersheds. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- Bruijnzeel, L.A. 1990. Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: A state-of-knowledge review. UNESCO International Hydrological Programme. Paris, Francia.
- Budowski, G. 1980. Aspectos ecológicos del bosque húmedo. Primer seminario nacional sobre los recursos naturales y el ambiente "Iván Montenegro Baez". Managua, Nicaragua. 16 p.
- CAESB (Companhia de Água e Esgoto de Brasília) 1983. Levantamento Sanitário da bacia do Ribeirão do Gama e Correlação entre os parâmetros O.D., condutividade e pH com a ocupação do solo. Brasília, Brasil. 33 p.
- Calder, I.R. 1998. Review outline of water resource and land use issues. IIMI. SWIM Paper, no.3.
- Camacho, A.D. 1991. La gestión ambiental para la prevención y el control de la contaminación municipal. México, Sistema Municipal de Gestión Ambiental, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 69 p.
- Campanella, P. 1982. Honduras – Perfil Ambiental del País. JRB Associates, Virginia. 201 p.
- Campana, N.A. 1998. Caracterização sócio-econômica do Distrito Federal e das demandas e usos dos recursos hídricos superficiais *In* Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. Volume II. MMA/SEMATEC. Brasília, Brasil.
- Canter, L.W. 1998. Manual de Impacto ambiental: técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Trad. Echaniz *et al.* Madrid. 841 p.
- CODEPLAN (Companhia do desenvolvimento do Planalto Central) 1995. O Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República. Relatório Belcher. 4.ed. Brasília, Brasil. 314 p.
- CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Resolução No. 20, de 18 de julho de 1986. Publicação Diário Oficial da União 30/07/1986. 20 p.
- Cordeiro, L.A. 1990. Os assentamentos urbanos e o Relatório de Belcher. *In* Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. p. 413.
- Córdoba, A.N. 2002. Calidad de agua y su relación con las actividades productivas en la microcuenca del río Jucuapa. Matagalpa, Nicaragua. Proyecto de Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 21 p.

- Cornelius, J. s.f. Basic needs and biodiversity: function, service value and potential for restoration of Central American riparian forest corridors. Project profile. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 5 p.
- Correia, J.R. 1997. Os solos do cerrado e sua ambiencia. Apostila do curso de extensão da geografia. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil. 45 p.
- Corte, D.A.A. 1997. Planejamento e Gestão de APAs: Enfoque Institucional. Série Meio Ambiente em Debate. Brasília: IBAMA. 106 p.
- Cruz, D.M.R.; Valadão, L.T.; Dolabella, R.H.C. 2001. Uso Agrícola. Olhares sobre o Lago Paranoá. Ed. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Deloya, M.C. 1990. El bosque como sistema de producción de agua. *In* Memorias del primer Simposio Nacional. El agua en el manejo forestal. Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 161-175.
- Domingues, A.F.; Santos, J.S. 2003. Planejamento de recursos hídricos e uso do solo: o desafio brasileiro. O estado das águas no Brasil 2001-2002. Org. MAV Freitas. Edição comemorativa do dia mundial da água. Brasília, Brasil. 514 p.
- Einten, G. 1990. Vegetação. *In* Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. p. 9.
- Falkenmark, M.; Chapman, T. (eds). 1989. Comparative hydrology. An ecological approach to land and water resources. UNESCO. Paris.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. Control of water pollution from agriculture. Roma, FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 55.
- Felfili, J.M.; Silva Junior, M.C. 2001. Biogeografia do bioma cerrados: estudo fitofisionômicos da Chapada do Espigão Mestre do São Francisco. Brasília. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal. 152 p.
- _____ 1997. Dynamics of the natural regeneration in the Gama gallery forest in central Brazil. Brasília, DF, Brazil. *Forest Ecology and Management* 91: 235-245.
- _____ ; Santos, A.A.B. 2000. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e Conflitos Socio-Ambientais. *In* UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Ferreira, A.P.M. 1998. Avaliação do uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia do Ribeirão do Gama – DF, por meio de geoprocessamento. Tesis Mag. Sc. Brasília, Brasil, UnB. 75 p.

- Fonseca, F.O. 2001. Olhares sobre o Lago Paranoá. Ed. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Forattini, G.D. 2003. Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 1º Seminário sobre a Gestão da Água e do Solo no Distrito Federal. Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Frankenberger, J. 2002. Land Use & Water Quality (en línea). Safe water for the future. Consultado en 09 dic. 2002. Disponible en <http://www.ecn.purdue.edu/SafeWater/watershed/landuse.html>
- Freitas, M.A.V.; Dutra, L.E.D. 2003. A informação e o balanço das águas no Brasil. O Estado das Águas no Brasil 2001-2002. Org. MAV Freitas. Edição comemorativa do dia mundial da água. Brasília, Brasil. 514 p.
- Garrido, R.J.S. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei No. 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Ministério do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos. 2 ed. rev. atual. Brasília, 1999.
- Goepfert, A.S.J.; Verissimo, M.; Ribeiro, M.C.R.; Rosa, J.W.C.; Menezes, P.R. 2000. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e Conflitos Socio-Ambientais. In UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Grazia, G.D.; Queiroz, L.L.R.F. A sustentabilidade do modelo urbano brasileiro: um desafio. *En prensa*. s.f.
- Hortec 2003. Horta bem protegida: últimas notícias. Consultado en 20 nov. 2003. Disponible en http://www.hortec.com.br/noticias/news/news_04/not_02/
- Jonson, M.A.; Saraiva, P.M.; Coelho D. 1999. The role of gallery forests in the distribution of cerrado mammals. *Revista Brasileira de Biología*. 59 (3): 421-427.
- Kiersch, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, FAO. 11 p.
- Haridasan, M. 1990. Solos. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. 657 p.
- Harding, J.S.; Young, R.G.; Hayes, J.W.; Shearer, K.A.; Stark, J.D. 1999. Changes in agricultural intensity and river health along a river continuum. *Freshwater Biology* 42: 345-357.
- Henriques, R.P.B.; Morais, H.C.; Palma, A.R.T. 1999. Bibliografia dos cerrados da APA do Gama Cabeça do Veado: Botânica – Zoología – Ecología. Universidade de Brasília, Brasília, Brasil. 38 p.

_____ 2003. O futuro ameaçado do Cerrado Brasileiro. *Ciencia Hoje* 33 (195): 34-39.

Heckadon, M.S. 1999. La Cuenca del Canal: deforestación, urbanización y contaminación. Eds. M.S. Heckadon; R. Ibáñez; R. Condit. Panamá, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. p. 70-81.

Holdridge, L.R. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. 5 ed. San José, CR. 216 p.

IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) 1998. *Inventário Hidrogeológico do Distrito Federal*. Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.

Klauda, R.; Kasya, P. 2002. State of the Streams: 1995-1997 Maryland Biological Stream Survey Results (en línea). Mid-Atlantic Integrated Assessment, U.S Environmental Protection Agency. United States. 13p. Consultado en 09 dic. 2002. Disponible en <http://www.epa.gov/maia/html/mbss-ch9.html>

MMA (Ministério do Meio Ambiente) PNMA II (Programa Nacional do Meio Ambiente II) 2001. *Diagnóstico da gestão ambiental nas unidades da federação. Gestão integrada de ativos ambientais*. Brasília, Brasil.

Leite, G.R.; Pereira, L.C.B.; Ferreira, A.N.P. 2001. *Olhares sobre o Lago Paranoá*. Ed. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.

Lobo, J.E. 2000. *Monitoreo de la contaminación hídrica de los afluentes del Embalse Cerrón Grande. Informe final-Fase I de Consultoría*. 122 p.

Mata, A.J. 1982. *La contaminación Ambiental. Tecnología en marcha* 5(1-2): 9-15.

Mendoza, M. 1996. *Impacto del uso de la tierra en la calidad del agua de la microcuenca Río Sábalo, cuenca del río San Juan*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 81 p.

MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia).1981. Lei No. 6.938 (en línea) Brasília, DF. Brasil Consultado en 12 oct. 2003. Disponible en <http://www.mct.gov.br/legis>

MMA (Ministério do Meio Ambiente).2003. *Agenda 21* (en línea) Brasília, DF. Brasil Consultado en 22 oct. 2003. Disponible en <http://www.mma.gov.br/port/se/agen21/capa/>

MMA (Ministério do Meio Ambiente) SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) 2000. Lei No. 9 985 de 18 de julho de 2000. Brasília, Brasil. 32 p.

Napier, T.L.; Scott, D.; Easter, K.W. Supalla, R. 1983. *Water Resources Research. Problems and Potentials for Agriculture and Rural Communities*. United States of America. p. 164-169.

Noel, D.S.; Martín, C.W.; Federer, C.A. 1986. Effects of forest clearcutting in New England on stream macroinvertebrate and periphyton. *Environmental Management* 10(5): 661-670.

- OMS (Organización Mundial de la Salud) 2003. Normas internacionales para la calidad del agua de bebida. Consultado en 11 nov 2003. Disponible en <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/normas.html>
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje 55. Roma, Italia. 116 p.
- Ott, W. Environmental Indices. Theory and Practice. Ann Arbor, United States. s.f.
- Pérez, G.R. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Ed. Universidad de Antioquia. p. 290.
- Pinto, M. 1986. Unidades geomorfológicas do Distrito Federal. Geografia. Marília, SP, Brasil. 11(21): 97-109.
- _____. 1990. Caracterização Geomorfológica. In Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas. Org. MN Pinto. Brasília, Brasil. Editora Universidade de Brasília. p. 277.
- Porreca, L.M. 1996. Anais do Seminário Água no Distrito Federal. Os Recursos Hídricos e a sua Proteção. SEMATEC. Brasília, Brasil. p. 67-72.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. San José, CR, IICA. p.19.
- Rezende, J.A.; Menezes, P.R.; Felfili, J.M.; Ribeiro, M.C. L.; Giacomoni, M.H.; Rosa, J.W.; Verissimo, M. 2000. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e Conflitos Socio-Ambientais. In UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Ribeiro, R.A. 2002. Percepção Ambiental e Mobilização Popular na APA Gama-Cabeça de Veado: alternativas para a construção da cidadania. Tesis Mag. Sc. Brasília, Brasil, Universidade de Brasília. 70 p.
- Richters, E. 1987. Manejo del uso de la tierra. Notas de clase. Turrialba, CR, CATIE. 120 p.
- Rodríguez, A.; Mata, A.; Chacón, B. 1984. Calidad de las aguas de los ríos Toyogres y San Nicolás, Cartago, Costa Rica. Tecnología en Marcha 6(4): p. 3-7.
- Rodríguez, T.A.S. 1988. Análisis de la dinámica del uso de la tierra en las áreas marginales de la cuenca alta del Río Nizao de la República Dominicana para definir acciones de manejo apropiado de sus recursos naturales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 240 p.
- Sagardoy, J.A. 1993. Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. In FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL) Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines p. 19-26 (Informe sobre temas Hídricos no. 1).

- Sagastizado, M.E. 2001. Impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua en la cuenca del Río Talnique, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 146 p.
- Sano, S.M.; Almeida, S.P. 1998. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA – CPAC. Brasília, Brasil. 556 p.
- Santos, A.M.; Motta, A. Desafios para a sustentabilidade do espaço urbano brasileiro. *En prensa*. s.f.
- Sarney, J.F. 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Ministerio do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretoria do Programa Nacional de Áreas Protegidas. Brasília, Brasil. 31 p.
- Sequeira, M.A.; Chacon, B. 1984. Contaminación de las aguas superficiales de la cuenca 24: Grande de Tárcoles. *Tecnología en Marcha* 7 (2): 37-43.
- SEMARH (Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) 2003. Subsecretaria Recursos Hídricos (en línea). Consultado en 29 ago. 2003. Disponible en <http://www.semarh.df.gov.br>
- Sinhoroto, K.A. 2002. Recursos Hídricos no Distrito Federal: Escassez de água ou falta de consenso? Tesis Mag. Sc. Brasília, Brasil, UnB. 106 p.
- Stadtmüller, T. 1994. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales: mediadas para mitigarlo. Una revisión bibliográfica. Turrialba, CR, CATIE. p.15.
- Tavares, J.A.S. 1995. Brasília Agrícola: Sua História. Brasília, Brasil. 95 p.
- Teixeira, J.; Moscoso, M. 2002. Recursos Hídricos do Distrito Federal (en línea) Brasília, Brasil. Consultado en 23 de nov. 2002. Disponible en <http://www.geocities.com/Athens/Olympus/5185/AGUA1.htm>
- Tosi, J.A. 1974. Algunas relaciones del clima con el desarrollo en los trópicos. El uso de normas ecológicas para el desarrollo en el trópico húmedo americano. Caracas. Venezuela. P. 55-82.
- Turk, A.; Turk, J.; Wittes, J.T. 1973. Ecología – Contaminación – Medio Ambiente. Trad. CG Ottenwaelader. México, DF. Nueva Editorial Interamericana. 227 p.
- UMCE (Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación) 2003. (en línea) . Chile. Consultado en 26 sep. 03. Disponible en www.umce.cl
- Valero, M.S.G. 1994. Evaluación de la contaminación agraria difusa con vistas a la transformación de suelos a la agricultura ecológica. Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad. I congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Toledo. p. 183-194.

- Vázquez, R.C. 1990. Estratégias para el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas (Caso estado de Durango). *In* Memorias del primer Simposio Nacional. El agua en el manejo forestal. eds. Universidad Autónoma Chapingo. México. p. 2-22.
- Verissimo, M.; Ribeiro, M.C.R.; Rosa, J.W.C.; Menezes, P.R. 2000. Subsídios ao Zoneamento da APA Gama-Cabeça de Veado e Reserva da Biosfera do Cerrado: Caracterização e Conflitos Socio-Ambientais. *In* UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Brasília, Brasil. 1 disco compacto, 8 mm.
- Vía Ecológica. 2002. APA Gama-Cabeça de Veado (en línea) Brasília, Brasil. Consultado 27out.2002. Disponible en <http://www.viaecologica.com.br/ecoguias/planalto/areas/apas/df/gama.htm>
- Villegas, J. 1995. Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del Río Reventado, Cartago, Costa Rica, bajo el enfoque de indicadores de Sostenibilidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 146 p.
- Vouri, K.; Joensuu, I. 1996. Impact of forest drainage on the macroinvertebrates of a small boreal headwater stream: do buffer zones protect lotic biodiversity? *Biological Conservation* 77: 87-95.
- 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.
- UNESCO (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.
- Wicht, C.L. 1961. Volumetric determination of rainfall in hydrological research. Interafrican Conference on Hydrology. Nairobi. Comisión for Techn. Coop. in Africa, south of the Sahara. P. 94-99.
- WWF Brasil (Fundo Mundial para a Natureza). 2003. Notícias - Garantia de água pura Estudo mostra que áreas protegidas garantem água pura a custo menor para as grandes cidades (en línea). Brasília, BR. Consultado 1 set. 2003. Disponible en <http://www.wwf.org.br/cerrado>
- Zadroga, F. 1981. The hydrological importance of a montane cloud forest area of Costa Rica. *In* R. Russel E.W. Ed. Tropical Agricultural Hydrology. John Wiley & Sons Ltd. P. 59-73.

7. ANEXOS

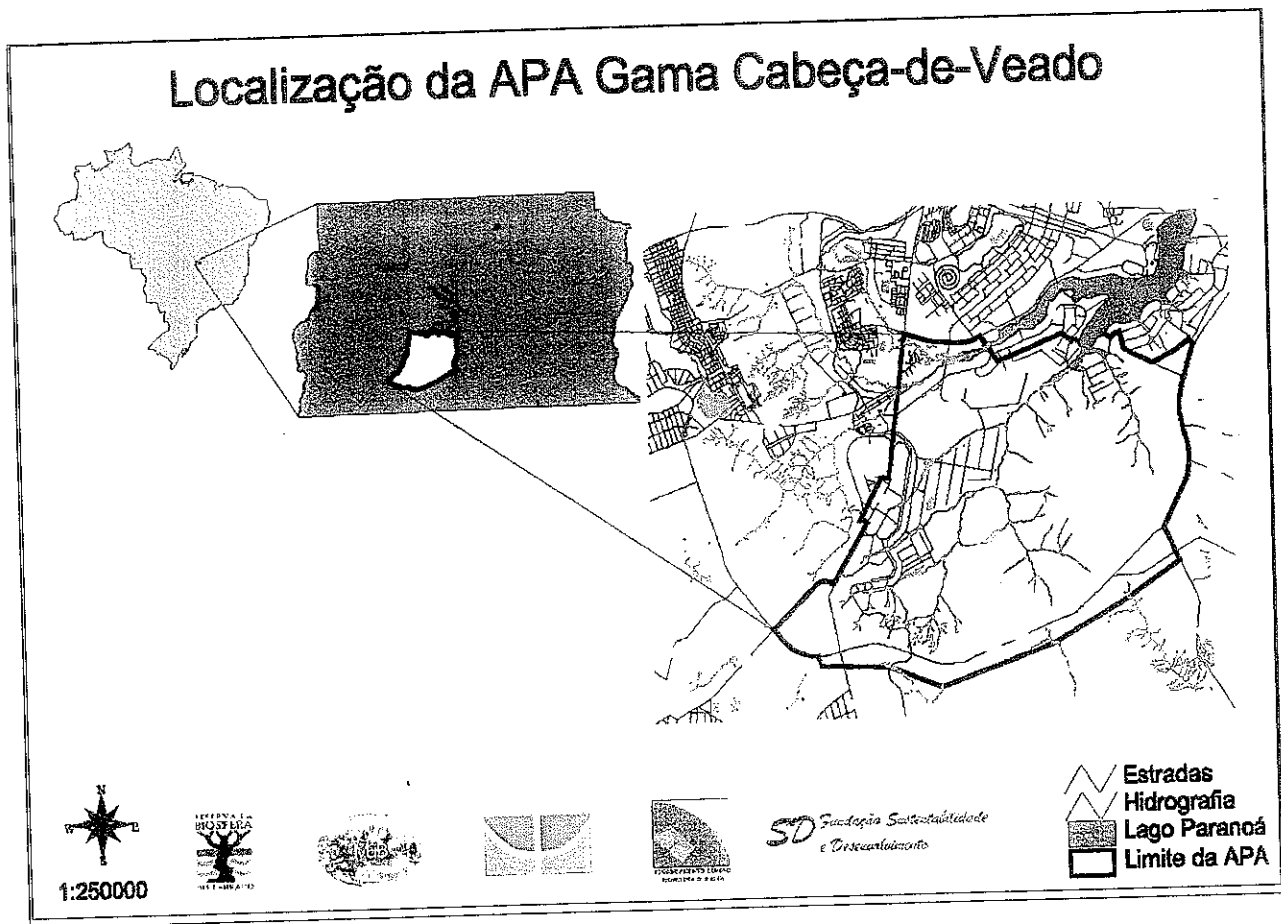


Figura 1A. Localização do Distrito Federal e da APA Gama Cabeça de Veado onde está a cuenca Gama



Foto 1A. Uso del río para lavar trastes y ropas en el área rural

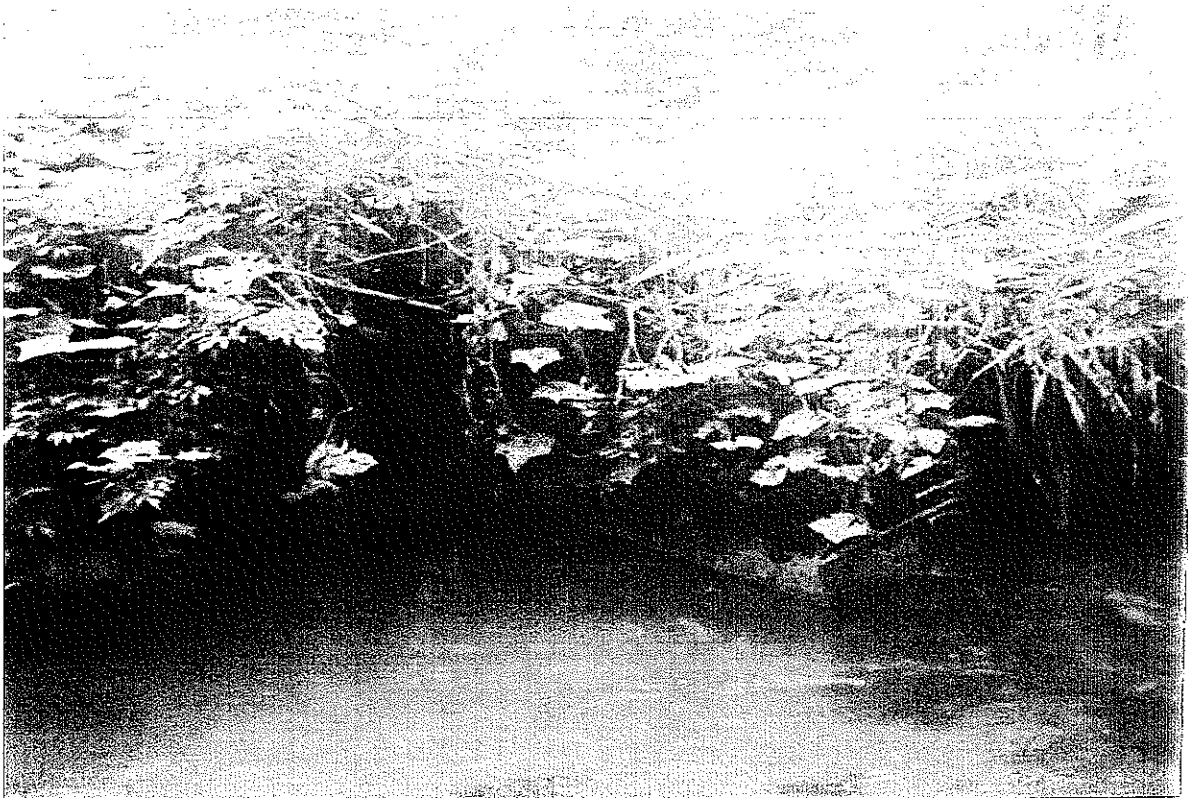


Foto 2A. Basura de objetos metálicos en el área urbana



Foto 3A. Área de la futura urbanización en la APM de la cuenca Gama

Cuadro 1A. Latitud de los puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Latitud
P1 bosque	18°47'42"
P2 bosque	18°54'22"
P1 agrícola	18°55'87"
P2 agrícola	18°61'24"
P1 urbano	18°47'11"
P2 urbano	18°77'98"

Cuadro 3A. Promedio y Desviación Standard de cada parámetro analizado

BOSQUE

parámetros / épocas	lluviosa	seca
color (uH)	4,25 (1,30)	5,50 (4,43)
pH	7,48 (0,54)	6,27 (0,19)
nitratos (mg/l)	0,031 (0,0)	0,031 (0,0)
turbidez (uT)	1,26 (0,37)	1,18 (0,59)
hierro soluble (mg/l)	0,07 (0,04)	0,17 (0,01)
sólidos disueltos totales (mg/l)	2,97 (0,92)	2,5 (0,14)
coliformes fecales (mg/l)	670 (601,12)	
coliformes totales (mg/l)	2800(1392)	2059,48 (719,39)

AGRÍCOLA

parámetros / épocas	lluviosa	seca
color (uH)	19,0 (1,0)	12,25 (3,90)
pH	7,01 (0,20)	6,30 (0,11)
nitratos (mg/l)	0,06 (0,02)	0,08 (0,03)
turbidez (uT)	3,44 (1,01)	2,64 (0,16)
hierro soluble (mg/l)	0,20 (0,10)	0,08 (0,05)
sólidos disueltos totales (mg/l)	22,47 (26,80)	3,47 (2,84)
coliformes fecales (mg/l)	1122,50 (960,11)	
coliformes totales (mg/l)	7050 (5985,61)	2310,96 (187,45)

URBANO

parámetros / épocas	lluviosa	seca
color (uH)	15,50 (3,57)	11,75 (4,26)
pH	7,01 (0,21)	6,34 (0,03)
nitratos (mg/l)	0,04 (0,01)	0,03 (0,0)
turbidez (uT)	2,63 (0,75)	2,58 (1,24)
hierro soluble (mg/l)	0,18 (0,03)	0,14 (0,005)
sólidos disueltos totales (mg/l)	13,27 (0,97)	10,70 (0,60)
coliformes fecales (mg/l)	910 (649,08)	
coliformes totales (mg/l)	6050 (5909,95)	2419,19 (0,02)

Cuadro 2A. Matriz de Conflictos

Conservación	Urbanización
4	Transferencia de la capital para el interior
5	Park Way: origen por cuestiones financieras, lotes a lo largo de la carretera y de los ríos.
6	Várgem Bonita: selección de áreas a lo largo de los márgenes de los ríos en suelos hidromórficos sin potencial para hotelizas.
Leyes Ambientales	<p>PDOT dice que la ocupación debe considerar las restricciones del establecido para las áreas de preservación del conjunto urbanístico del Plan Piloto de Brasília, considerado Patrimonio Histórico Nacional y Cultural de la Humanidad; de las peculiaridades ambientales de las Áreas de Protección Ambiental del Lago Paranoá y de las cuencas Gama y Cabeça de Veado; en esta zona deberá ser respetada la capacidad de soporte de los cuerpos hídricos, especialmente del Lago Paranoá, como cuerpos receptores de efluentes.</p> <p>Carretera propuesto para ser creado en la parte sur del APA, dificultará los corredores ecológicos del APA y también aumentará la densidad poblacional de Park Way y por lo tanto disminuir la calidad de vida de los habitantes y la biodiversidad.</p> <p>Segunda pista del aeropuerto: será construida en un área con alto potencial de recarga natural de agua (figura 8) y que también es rayo de acción de diversas especies de fauna silvestres vivientes en los áreas protegidas adyacentes.</p>
<p>Decreto APA Decreto Distrital No 9.417, de 21 de abril de 1986 tiene el objetivo de proteger las cabeceras del Río Gama, para garantizar la integridad de esa drenaje, responsable por buena parte de las aguas del Lago Paranoá.</p> <p>Resoluciones CONAMA: imponen restricciones y condicionan a la aprobación del consejo gestor del APA las actividades que pueden causar daño al medio ambiente después de la Zonificación y Plan de Manejo.</p> <p>013/90: Urb. IBGE, SEMARH definirá las actividades que puedan afectar la biota.</p> <p>010/88: pone normas en cuanto a la zonificación ambiental, a las actividades antrópicas en el APA y a restricciones en la Zona de Protección de Vida Silvestre y en la Zona de Uso Agropecuario y Zona de Urbanización.</p> <p>020/86: Tal resolución establece que tipo de uso puede tener en una determinada región en función de la calidad de agua.</p> <p>Código Forestal (Ley Federal no. 4771 de 15 de septiembre de 1965) establece las APP que incluyen las fajas marginales a lo largo de los ríos y de otros cursos d'agua, al redor de las nacientes, en los topes de los montes, en las pendientes, entre otras. En el área de estudios esa área de preservación es definida en la Zona de Vida Silvestre e incluye una faja marginal de 80 metros en los márgenes de los ríos y rchachuelos del APA. Los bosques de galería pueden servir como corredor biológico de las tres zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado.</p> <p>Reserva de la Biosfera del Cerrado UNESCO: la cuenca Gama está inserta un APA considerada una de las zonas núcleo de la Reserva de la Biosfera del Cerrado. Creación del consejo gestor del APA Gama Cabeça-de-Veado a ser remitido al gobernador del DF para ser transformado en decreto. El proyecto establece que el consejo gestor tendrá una representación entre miembros del gobierno y de la sociedad civil. Serán 13 representantes del gobierno. Los 13 representantes de la sociedad civil serán divididos de la siguiente forma:</p> <p>6 representantes de asociaciones de habitantes del APA,</p> <p>4 representantes de entidades ambientalistas, 2 representantes de los productores rurales y 1 representante del sector educacional (Forum de las ONG ambientalistas del Distrito Federal 2001).</p>	<p>Vila Cateíinho: proyecto del gobierno para urbanizar un Área de Protección de Manantiales donde el potencial de recarga natural de agua es mediana y alta, poniendo en riesgo la calidad del agua y la existencia del Río Gama</p> <p>División de las áreas públicas de Park Way, muchas veces APF, sería la tercera división de lotes propuesta por el gobierno pero el comité de habitantes estuvo en contra y este proyecto no ha salido adelante.</p>
<p>Comité de los vivientes en Park Way: acciones contra el aumento de la urbanización porque no quieren perder la características de barrio suburbano y con eso desvaloración de sus lotes y conciencia ecológica.</p> <p>Unidades de Conservación y Áreas Protegidas</p> <p>Área de Protección de Manantial Cateíinho</p> <p>Áreas de Relevante Interés Ecológico (ARIE) Capelunga y Taquara</p> <p>Estaciones Ecológicas Jardim Botânico, Reserva Ecológica del IBGE y Universidad de Brasília (FAL)</p> <p>Áreas de Protección Permanente (APP) Delimitación y señalización de las áreas de preservación permanente dentro das áreas urbanas.</p> <p>ONG ambientalistas: Vida Verde (local)</p> <p>SEMARH: Monitoreo de la calidad y cantidad de agua juntamente con la CAESB; promoción de la educación ambiental; organización de asociaciones y comités de las cuencas; mediación de los conflictos; presidencia del Consejo de Recursos Hídricos del DF; coordinación de los Planes de RH del DF.</p>	<p>Aumento del número de lotes en Corrego da Onça, donde hay pendientes mayores que 15% y potencial de recarga natural baja, mediana y alta.</p> <p>Falta Zonificación Ambiental: las leyes que aportan el APA la exigen antes de la implementación de los Proyectos pero todavía no la han hecho.</p>
0	
2	

**LISTA DE LOS AGROQUÍMICOS MÁS UTILIZADOS POR LOS FINQUEROS DE
VARGEM BONITA, CUENCA GAMA, BRASIL.**

CERCOBIN – tiofanato metílico 700 g/kg

CERCONIL – tiofanato metílico 200 g/kg + chlorothalonil 500 g/kg

RIDOMIL – metalaxyl 80 g/kg + mancozeb 640 g/kg

DEROSOL – metil benzimidazol – 2 ylcarbamato (carbendazin) 50%

DACONIL – tetracloroisofalonnitrila (chlorothalonil) 750 g/kg

MANZATE – etileno-bis-ditiocarbamato de manganês com ion zinco 800 g/kg

DACOBRE - tetracloroisofalonnitrila (chlorothalonil) 250 g/kg

RECONIL – oxiclureto de cobre 588 g/kg (equivalente a cobre metálico) 350 g/kg

BROMETO DE METILA – 980 g/kg + cloropicrina 20 g/kg

DECIS – (s) alfa-ciano-m-fenoxibenzil (1R,3R) 3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dibromovinil)-2,2-dimetil ciclopropano carboxilato (delamethrin)

CONFIDOR – 1-(6-cloro-3 piridinilmetil) N-nitroimidazolidim-2 ilideamino (imidacloprid) 700 g/kg

ORTO HAMIDOP – o-s-dimetil-fosforamidotioato (methamidophos) 600 g/kg

ROUNDAP – sal de isopropilamina de N (fosfometil) glicina (glifosate) (sal de isopropilamina) 480 g/kg

GRAMOXONE – 1,1'-dimetil 4,4 bipyridilio (paraquat) dicloreto 200 g/l

PIRIMOR – carbamato de 2 dimetilamino 5,6 dimetil pirimidina (pirimi-carb) 500 g/kg

ROVRAL – 3-(3,5 diclorofenil)-N-isopropil-2,4-dioxoimidazoline-1-carboxamide (iprodone) 500 g/l

VERTIMEC – abamectina 18 g/l

CAPTAN – N (triclorometil) 4 ciclohexeno-1,2 dicarboximida (captan) 709 g/kg

ORTENE – 0,5-dimetil-N-acetil fosforamidotioato (acephate) 750 g/kg

AGRIMICINA – terramicina (oxitetraciclina) 4-dimetilamino 1,4,4^a,5^a,6,11,12^a-octaidro-3,5,6,10,12,12^a hexaidroxil-6 metil-1,11 dioxonaftacena-carboxamida 29,4 g/kg; equivalente a oxitetraciclina 15 g/kg. Sulfato de estreptomicina: 2,4-diguanidino 3,5,6-trihidroxiciclohexil-5-deoxi-2-0 (2-deoxi-2 metilamino 1 glucopiranosil-3 c-formil B-L-

lixopentanofuranoside 163 g/kg; equivalente a estreptomicina 150 g/kg; ingredientes inertes 807,6 g/kg

KOBUTOL – pentacloronitrobenzeno (quitozene) 750 g/kg

SIALEX – n-(3,5 diclorofenil) 1,2-dimetil-ciclopropano-1,2-dicarboximida (procimidone) 500 g/kg

RUBIGAN - α -(2-clorofenil)- α -(4-clorofenil) 5 pirimidinametanol (fenarimol 120 g/kg)

COBRE SANDOZ – óxido cubroso 560 g/kg (equivalente em cobre metálico 500 g/kg)

Fuente: Compendio de defensivos agrícolas – guia práctico de produtos fitossanitarios para uso agrícola – 6ª edição prefacio Girabis Evangelista Ramos (diretor Departamento de Defesa e inspeção vegetal) organização Andrei editora 1999. www.editora-andrei.com.br