

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
Y LINEAMIENTOS
PARA EL USO SOSTENIBLE
DEL ÁREA
CAÑO LIMÓN-ESTERO DE LIPA**



IDEAM

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA
Y ESTUDIOS AMBIENTALES

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL
Y LINEAMIENTOS
PARA EL USO SOSTENIBLE
DEL ÁREA
CAÑO LIMÓN—ESTERO DE LIPA**

Bogotá, julio del 2000

CRÉDITOS

Autores

Pablo Leyva, Jerónimo Rodríguez, José Daniel Pabón, Ernesto Rangel, David Ojeda, Mónica Cuéllar, Marta García, Félix Sánchez, Omar Vargas, Germán Vargas, Jorge Luis Ceballos, Claudia Cano, Patricia Cuervo, Oscar Suárez, Javier Rodríguez, Oscar Yesid Lozano, Guillermo Cortés, Mariela Rodríguez

Colaboradores

María Inés Cubillos, Mauricio Torres, Jorge Soler, Juan Carlos Alarcón, César Barbosa, Carlos Gómez, Jorge Pinzón, Magdalena Arango, Liseth Rodríguez, Lorenzo Panizzo, Blanca Ruth Moreno, Stella Gaitán, Ana María Hernández, Carlos Mauricio Páez, Gustavo Afanador

Coordinación editorial

Magdalena Arango, Oficina de Documentación y Divulgación

Diseño y diagramación

Juan Carlos Lara

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y LINEAMIENTOS PARA UN USO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE CAÑO LIMÓN-ESTERO DE LIPA

CONTENIDO

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO	1
Zonas de estudio.....	1
Temporalidad de los estudios.....	4
PARTE I GENERALIDADES	5
CAPÍTULO 1 Marco legal.....	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 Antecedentes.....	6
1.3 Problemáticas planteadas por la Defensoría del Pueblo.....	6
1.3.1 Restablecimiento del Santuario de Fauna y Flora.....	6
1.3.2 Desbalance del comportamiento hídrico del sistema de esteros	7
1.3.3 Contaminación.....	8
1.3.4 Desaparición de especies animales y vegetales	8
1.3.5 Disminución de la pesca.....	9
1.3.6 Deforestación de la zona.....	9
1.3.7 Impactos sociales y culturales	9
1.4 Marco jurídico.....	9
CAPÍTULO 2 Método de trabajo.....	11
2.1 Generalidades	11
2.2 Objetivos.....	11
2.3 Alcance.....	11
2.4 Fases del trabajo	11
2.5 Metodología	12
2.5.1 Adquisición de productos cartográficos y de sensores remotos	12
2.5.2 Elaboración del mapa base digital	13
2.5.3 Georreferenciación de imágenes de satélite.....	13
2.5.4 Compilación y análisis de la información temática existente.....	13
2.5.5 Estudio de los componentes del medio biofísico	13
2.5.6 Estudio socioeconómico y cultural.....	14
PARTE 2 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO.....	16
CAPÍTULO 3 Clima.....	17
3.1 Información utilizada y método de análisis.....	17
3.2 Factores que determinan la distribución de la precipitación en la región.....	19
3.3 Distribución espacial de la precipitación.....	19
3.4 Comportamiento histórico de la precipitación.....	19
3.4.1 Distribución anual	19
3.4.2 Comportamiento de la precipitación entre 1991-1999.....	21
3.4.3 Variabilidad interdecadal de la precipitación	21
3.5 Temperatura	23
3.5.1 Variabilidad interanual de la temperatura del aire	23
3.6 Indicadores del clima	27
3.6.1 Tendencia de la temperatura	27
3.6.2 Tendencia de la precipitación.....	27
3.7 Conclusión.....	27

CAPÍTULO 4 Suelos, geología y geomorfología.....	29
4.1 Suelos	29
4.1.1 Unidades de suelos.....	29
4.1.2 Degradación de los suelos.....	31
4.1.3 Conclusiones.....	32
4.2 Geología	33
4.2.1 Conclusión	36
4.3 Geomorfología.....	36
4.3.1 Marco geomorfológico regional (dominio Orinoqués)	37
4.3.2 Geomorfología local.....	37
4.3.3 Análisis morfodinámico	41
4.3.4 Principales cambios hidrogeomorfológicos.....	54
4.3.6 Retroceso del salto de Lipa.....	55
4.3.7 Conclusiones.....	58
CAPÍTULO 5 Hidrología e hidrogeología.....	60
5.1 Caracterización hidrográfica e hidrología.....	60
5.1.1 Hidrografía.....	60
5.1.2 Hidrología.....	62
5.1.3 Encharcamiento e inundaciones.....	68
5.1.4 Conclusiones.....	69
5.2 Hidrogeología.....	69
5.2.1 Modelo geológico básico.....	70
5.2.2 Inventario de puntos de agua.....	71
5.2.3 Recarga y descarga de acuíferos.....	71
5.2.4 Unidades hidrogeológicas	72
5.2.5 Características de los pozos perforados.....	78
5.2.6 Parámetros hidráulicos.....	79
5.2.7 Otros pozos existentes en el área	80
5.2.8 Red de flujo.....	80
5.2.9 Calidad del agua subterránea.....	83
5.2.10 Agua requerida.....	85
5.2.11 Fuentes de contaminación y medidas de protección de aguas subterráneas.....	85
5.2.12 Conclusiones.....	86
CAPÍTULO 6 Ecosistemas	88
6.1. Caracterización de las coberturas vegetales	88
6.1.1 Aspectos generales	88
6.1.2 Definición y caracterización de unidades de cobertura vegetal	88
6.2. Dinámica de las coberturas vegetales (1973–1985).....	93
6.2.1 Análisis del contexto regional.....	94
6.2.2. Análisis del contexto local	97
6.3. Caracterización ecosistémica	98
6.4. Flora.....	102
6.5. Fauna.....	103
6.5.1. Peces	103
6.5.2. Anfibios.....	103
6.5.3. Reptiles	104
6.5.4. Aves.....	104
6.5.5. Mamíferos y otros.....	104
6.6. Análisis histórico	104
6.6.2 Recurso pesquero.....	107
6.7 El Santuario de Fauna y Flora.....	109
6.8 Conclusiones.....	110

PARTE 3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES	112
CAPÍTULO 7 Población y asentamientos humanos.....	113
7.1 Población.....	113
7.1.1 Aspectos generales de ocupación del territorio	113
7.1.2 Distribución de la población.....	114
7.1.3 Densidad de población	116
7.1.4 Migración.....	116
7.1.5 Características económicas de la población.....	120
7.1.6 Características sociales de viviendas y hogares	120
7.1.7 Hogares y uso de recursos.....	126
7.1.8 Situación ambiental según los líderes comunales	130
7.2 Conclusiones.....	131
CAPÍTULO 8 Etnias y culturas.....	132
8.1 Sostenibilidad cultural en el área de influencia de Caño Limón	132
8.1.1 Metodología	132
8.1.2 Antecedentes.....	132
8.2 Comunidades indígenas	136
8.3 Relaciones interculturales	144
8.4 Proyecciones.....	147
CAPÍTULO 9 Actividad petrolera	149
9.1 Campo Caño Limón.....	149
9.1.1 Proceso de exploración.....	149
9.1.2 Proceso de explotación y producción	151
9.1.4 Emisiones.....	158
9.1.4.2 Residuos sólidos.....	163
9.1.5 Balance de materia y energía.....	170
9.1.6 Conclusiones.....	171
CAPÍTULO 10 Calidad ambiental del recurso hídrico.....	173
10.1 Objetivos.....	173
10.2 Sitios de muestreo	173
10.3 Variables de calidad ambiental.....	173
10.4 Evaluación ambiental.....	175
10.4.1 Caño Aguaverde.....	175
10.4.2 Caño Limón.....	177
10.4.3 Laguna la Draga, estero la Conquista.....	178
10.4.4 Río Arauca.....	178
10.4.5 Relleno sanitario	178
10.4.6 Lluvia	178
10.5 Conclusiones.....	179
CAPÍTULO 11 Conclusiones.....	181
11.1 Conclusiones relativas al contexto regional	182
11.2 Conclusiones relativas al contexto semirregional	184
11.3 Conclusiones relativas al contexto local.....	186
CAPÍTULO 12 Recomendaciones hacia el uso sostenible de la región	189
12.1 Recomendaciones relativas al contexto regional	189
12.2 Recomendaciones relativas al contexto local.....	192
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	194

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

Este informe presenta los resultados del estudio de diagnóstico ambiental realizado por el IDEAM en el área de Caño Limón—estero de Lipa y algunos elementos para su uso sostenible.

El informe consta de cuatro partes y ocho capítulos distribuidos así:

- En la parte I, los capítulos 1 y 2 muestran los aspectos generales del estudio ambiental, particularmente los relacionados con los antecedentes, las problemáticas planteadas por el informe de la Defensoría del Pueblo sobre la situación ambiental de la región de Lipa y los posibles impactos de la actividad petrolera; además, el marco jurídico, los alcances del estudio, los objetivos y el método de trabajo.
- En la parte II, en sus capítulos 3, 4, 5 y 6, se presenta el análisis y la descripción de los principales componentes del medio biofísico del área asociada al estero de Lipa y al campo petrolero Caño Limón. Éstos son: clima, suelos, geología, geomorfología, ecosistemas, hidrología e hidrogeología.
- En la parte III, con sus capítulos 7 y 8, aparecen los resultados del estudio socioeconómico y cultural del área del departamento de Arauca y la zona de influencia del campo Caño Limón. Los aspectos socioeconómicos que se tratan en este estudio son: población, en cuanto a su distribución, densidad, migración, características económicas; características de las viviendas, servicios públicos, hogares y uso de recursos. Los aspectos culturales comprenden los antecedentes históricos de las etnias indígenas en la región, las comunidades indígenas actuales y los colonos.
- En la parte IV, capítulos 9 y 10, se presentan dos aspectos relacionados con el campo Caño Limón: la actividad petrolera y la calidad ambiental. El primer capítulo cubre una descripción del campo Caño Limón, la base conceptual de los impactos de la actividad de las exploraciones sísmicas sobre el medio ambiente y las infraestructuras, el proceso de producción, las emisiones, las cargas del recurso, las concesiones de agua, los residuos sólidos y el consumo de combustible. En el segundo de estos capítulos se incluye los resultados de laboratorio referentes a la calidad del agua en distintos puntos del área estudiada.
- Por último, se presentan las conclusiones del estudio (capítulo 11), algunas recomendaciones para el manejo sostenible del área (capítulo 12) y las referencias bibliográficas utilizadas.

ZONAS DE ESTUDIO

El interés central del estudio es la zona de influencia directa del campo petrolero de Caño Limón y el estero de Lipa, no obstante para la realización del estudio ambiental en las diferentes variables del medio físico y aspectos socioeconómicos se establecieron niveles de aproximación con alcances, resoluciones y cobertura espaciales diferentes según las necesidades específicas. En general estos alcances o aproximaciones se realizaron en tres niveles (**figura 1**) así:

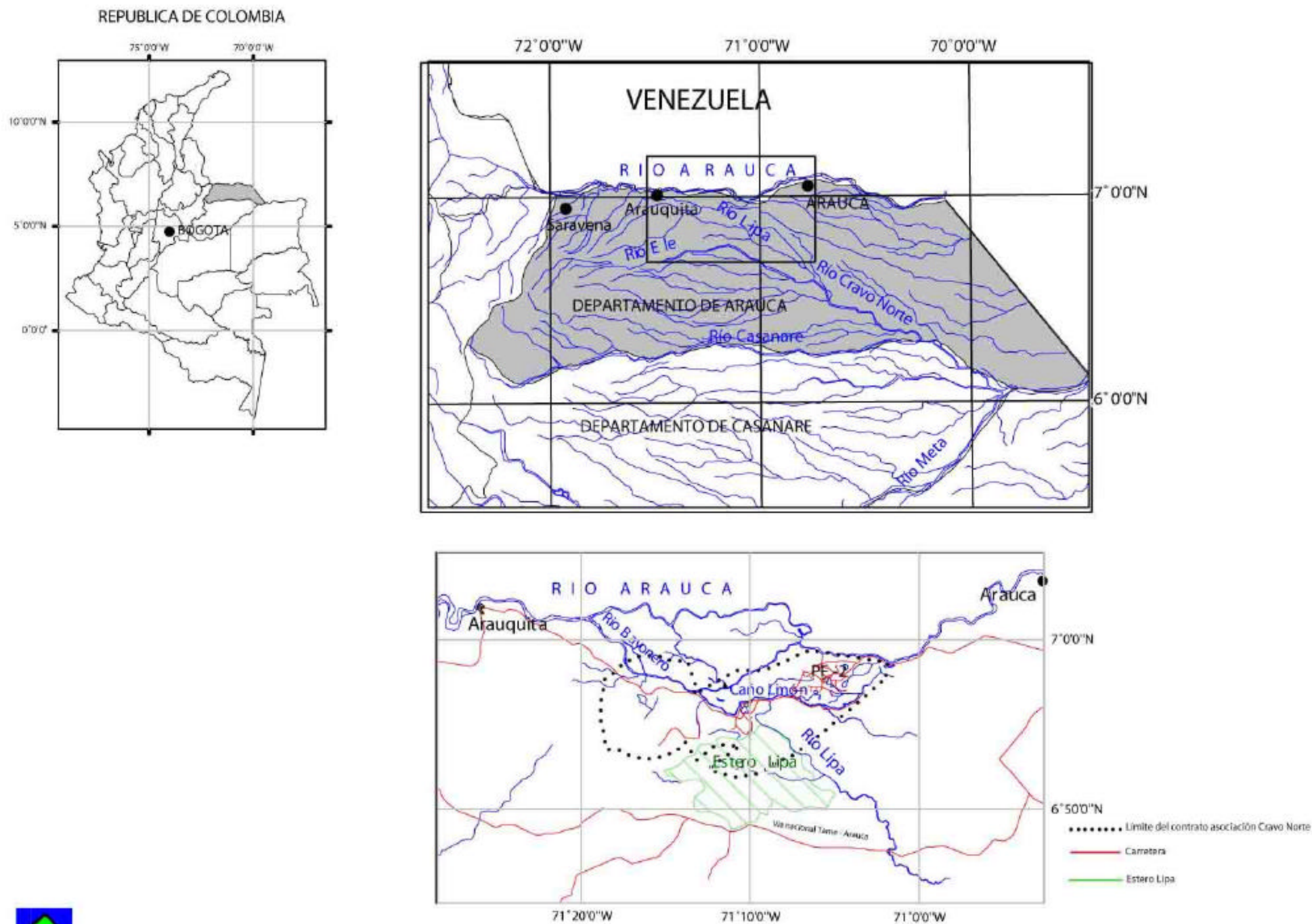


Figura 1. Localización del área de influencia del proyecto petrolero de asociación Cravo Norte Arauca, en el nivel nacional, regional y departamental.

- Un primer nivel establece un marco de influencia climática, geomorfológica, hidrológica regional sobre la zona de interés (Caño Limón-estero de Lipa). Este marco regional está representado morfológicamente por la vertiente oriental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos en su parte septentrional, en sus componentes de alta (Sierra Nevada del Cocuy, páramo del Almorzadero) y media montaña y piedemonte, y la zona plana de los llanos Orinoqués. Geográficamente esta región comprende parte de los departamentos de Arauca, Boyacá, Norte de Santander y Casanare. Hidrográficamente forma parte de las cuencas de los ríos Margua, Cobugón, Arauca y Cusay, siendo el río Arauca el límite internacional de Colombia con Venezuela. Entre las poblaciones más importantes de esta región están Arauquita y Arauca. Esta región cubre un área aproximada de 15.000 km².
- El segundo nivel representa un marco de referencia semirregional de la zona de influencia del campo Caño Limón. Geográficamente hace parte del departamento de Arauca e hidrográficamente comprende parte de la cuenca del río Arauca en los límites de su cauce alto y medio. Otras corrientes menores de interés sobre esta región son los ríos Ele y Lipa y los caños Caranal, Matanegra, Limón, Aguaverde y Lipa. Ecológicamente en esta región se localiza el sistema de esteros de Lipa. Los centros poblados de esta región son Arauquita, la Pesquera y la Reínera. Esta región cubre un área aproximada de 7.000 km².
- El tercer nivel presenta un marco de referencia más local que incluye el área del contrato de asociación Cravo Norte con las instalaciones del campo Caño Limón. Geográficamente hace parte del departamento de Arauca e hidrográficamente comprende un sistema de islas fluviales formadas por brazos del río Arauca desde su difluencia, en la parte oeste, con el brazo Bayonero hasta la confluencia del caño Caimán en el extremo oriental. Sobre esta región se encuentra el estero mayor de Lipa. Esta zona cubre un área aproximada de 1.000 km². Teniendo en cuenta que a lo largo del texto se enumera un gran número de cauces en la **figura 2** se presenta un esquema de la red de flujo regional y local.

TEMPORALIDAD DE LOS ESTUDIOS

Con un enfoque similar al cubrimiento geográfico, el estudio de diagnóstico ambiental y elementos para un uso sostenible del área caño Limón-estero de Lipa se realizó temporalmente en algunos de sus componentes del medio biofísico y de los aspectos socioeconómicos y culturales. Los análisis temporales de estas temáticas cubrieron aspectos históricos que relatan situaciones desde la conquista española, como el étnico y cultural; el subreciente, que muestra los cambios (hidrológicos, geomorfológicos, etc.) en los últimos cincuenta años, basado principalmente en interpretaciones de sensores remotos, y el actual realizado con registros fotográficos y los reconocimientos de campo.

PARTE I

GENERALIDADES

En esta parte se presentan los aspectos generales del estudio ambiental, particularmente los relacionados con los antecedentes, las problemáticas planteadas por el informe de la Defensoría del Pueblo sobre la situación ambiental de la región Caño Limón–estero de Lipa y los posibles impactos de la actividad petrolera; el marco jurídico, los alcances del estudio, los objetivos y el método de trabajo.

CAPÍTULO 1

MARCO LEGAL

1.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los antecedentes legales que promovieron el estudio, las problemáticas ambientales relacionadas con la actividad petrolera de Caño Limón y planteadas en el informe de la Defensoría del Pueblo, así como el marco jurídico.

1.2 ANTECEDENTES

El 14 de agosto de 1998 se realizó un paro cívico en el departamento de Arauca por el derecho a la vida, a la soberanía y el medio ambiente. Este movimiento finalizó con la suscripción de un acta de acuerdos entre el gobierno y las organizaciones sociales que incluye, entre otros aspectos, la problemática ambiental del Lipa a causa de la explotación petrolera. En los acuerdos suscritos por la comunidad y el gobierno central, la Defensoría del Pueblo adquirió el compromiso de hacer una visita a la laguna de Lipa para verificar las denuncias planteadas.

En cumplimiento de este acuerdo, durante los días 27, 28 y 29 de agosto de 1998 se efectuó una inspección ocular por parte de la Defensoría del Pueblo, la Procuraduría Agraria, la Secretaría del Medio Ambiente de la Gobernación de Arauca, Corporinoquia y otras organizaciones sociales. Como resultado de ella, la Defensoría presentó, el 9 de diciembre de 1998, a los ministerios del Medio Ambiente y del Interior el informe denominado *Explotación petrolera y medio ambiente - Caso: Occidental de Colombia, campo Caño Limón, estero del Lipa, Arauca*, en el que se relacionan una serie de efectos ambientales naturales y causados por actividad antrópica, algunos de ellos asociados con la actividad petrolera del campo Caño Limón. También se manifiesta en él la falta de control por parte de las autoridades ambientales.

Con base en las problemáticas expuestas en el informe de la Defensoría del Pueblo, el Tribunal Administrativo de Cundinamarca, sección Segunda, subsección A, resolvió en el numeral 2 de la providencia del 15 de febrero del 2000 solicitar al IDEAM el desarrollo los estudios ambientales pertinentes para ser usados como base para la adopción de medidas cautelares relacionadas con los posibles daños ambientales que pueden estar ocasionando la exploración y explotación petrolera en el área de Caño Limón–estero de Lipa.

1.3 PROBLEMÁTICAS PLANTEADAS POR LA DEFENSORÍA DEL PUEBLO

En esta sección se extractan las principales problemáticas planteadas en el informe de la Defensoría del Pueblo por la actividad petrolera asociada al campo Caño Limón.

1.3.1 Restablecimiento del Santuario de Fauna y Flora

La Defensoría manifiesta que en 1983 se sustrajo la totalidad del área del Santuario de Fauna y Flora con el objeto de desarrollar el proyecto petrolero. La comunidad solicita que este santuario sea nuevamente declarado con el fin de proteger los recursos biológicos que allí se encuentran.

1.3.2 Desbalance del comportamiento hídrico del sistema de esteros

- Alteración física de cauces de ríos o quebradas por dragados, obstrucciones o taponamientos, que generan cambios de sus cursos y reducción o pérdida de su régimen hidrológico.
- Construcción de vías con efectos de obstrucción de flujos de agua y generación de procesos de degradación (erosión).
- Desarrollo de actividades agrícolas y de ganadería extensiva en las áreas secas dejadas por el retroceso del estero de Lipa.
- Realización de obras, como taponamientos y alcantarillas, sin estudios previos que determinen su efecto sobre la dinámica hidrológica del estero.
- Levantamiento de un muro en la boca del caño Lipa que ha provocado alteraciones en los flujos naturales entre el estero de Lipa y caño Limón.
- Construcción de vías de comunicación, realizadas por la nación y el departamento de Arauca, entre los diferentes municipios del departamento, que han separado y cortado los esteros en varios puntos interrumpiendo el flujo natural del agua.
- Insuficiencia de alcantarillas en la vía Inocencio Chincá–la Yuca, construida por la Occidental, para permitir el paso de agua de un lado al otro. En los planos de la vía aparece una gran cantidad de cruces, que no se sabe si es suficiente o no.
- Construcción de terraplenes dentro del campo para movilizar las diferentes plataformas, los que representan barreras artificiales construidas dentro del estero que afectan el flujo normal de las aguas, llegando incluso a aislar por completo grandes áreas del estero.
- Interrupción del flujo libre del agua de caños, quebradas y ríos como consecuencia de la obstrucción de sus cauces por causas naturales y antrópicas.
- Pérdida de capacidad del estero del Lipa como consecuencia del retroceso que ha sufrido el llamado salto del Lipa.
- El dragado del río Arauca por parte del gobierno venezolano, en convenio con el gobierno colombiano, que le hizo perder caudal al brazo Bayonero y, por consiguiente, a muchos otros ríos y caños de la región, alterando notablemente el régimen hídrico. Éste es un proceso que data de 12 años. Como consecuencia, los caudales del río Lipa –antes navegable en casi toda su extensión– y del caño Limón han disminuido.
- Alteración del estado (en cantidad y calidad) del recurso hídrico subterráneo, causada por las actividades de prospección, exploración, desarrollo y explotación de hidrocarburo y por vertimientos en el campo petrolero Caño Limón.
- Pérdida de área del estero de Lipa (más de 50.000 ha). El retroceso natural del salto del Lipa fue acelerado por la actividad petrolera; en los últimos años es de más de 4 km, lo que significa que el estero de Lipa pierde esta misma área.
- La laguna la Draga fue convertida en lago artificial, debido a la extracción de materiales para la construcción de instalaciones en el campo Caño Limón.

1.3.3 Contaminación

- Contaminación de las fuentes de agua debido a la actividad extractiva de hidrocarburos.
- Alteración del estero de Lipa por actividades petroleras dentro de éste.
- Construcción de las diferentes instalaciones (pozos de extracción, piscinas de tratamiento, lagunas de estabilización, etc.) dentro del estero.
- Como principal problema, generación de gran cantidad de aguas de producción durante el proceso extractivo.
- Vertimiento de aguas de producción en el caño Limón a temperaturas entre 57°C y 61°C, lo que origina un desbalance térmico en el cuerpo receptor.
- Contaminación de los diferentes cuerpos de agua, esteros, caños y ríos, provocada principalmente por las voladuras de oleoductos y las actividades de exploración y extracción petrolera. Por voladuras se ha vertido a la llanura más de 330.000 barriles de crudo.
- Merma de especies piscícolas, con la mayor probabilidad de que sea causada por la contaminación de las aguas, principalmente en cercanías a la zona petrolera.
- Contaminación de las diferentes especies vegetales, suelos, aguas subterráneas y cuerpos de agua superficiales, como esteros, caños y ríos, por voladuras de los oleoductos y otras actividades relacionadas con la exploración y explotación del petróleo en el campo Caño Limón.
- Cambios geomorfológicos asociados al salto de Lipa como indicador del retroceso del estero de Lipa.
- Pérdida de área del estero de Lipa por el progresivo avance y presión de la colonización asociada a la actividad de exploración y explotación petrolera.
- Alta deforestación por la colonización y los cambios de uso de los suelos.
- Deforestación y pérdida de área del estero de Lipa por cambios de uso de los suelos en actividades agropecuarias.
- Alteración de los flujos y los niveles de las aguas subterráneas por la exploración sísmica dentro del campo Caño Limón y en toda la zona del estero.

1.3.4 Desaparición de especies animales y vegetales

- Alteración de los esteros en varios puntos e interrupción del flujo natural debidas a: la construcción de la infraestructura necesaria para los procesos de explotación (terraplenes, carreteras, entre otros); la sustracción de un millón de hectáreas que abarcaba el área – entre Tame, Arauca y Arauquita– donde se la reserva o parte de ella, para realizar actividades petroleras por parte de la Occidental (escritura 354 de 1980, Notaría 32 de Bogotá); la pérdida de área del estero del Lipa y la ocupación del mismo por las plataformas PF1 y PF2 (dimensiones mayores a 400 m x 400 m).
- Desaparición o migración de especies por la actividad petrolera de Occidental de Colombia, como el chigüiro, caimán, babilla, tortugas, entre otras; la parte norte del estero de Lipa presenta menor diversidad biológica que la parte sur, debido a un mayor deterioro.

1.3.5 Disminución de la pesca

- Los procesos de contaminación tienen relación con la existencia de vertimientos de aguas que provienen de las instalaciones de producción a una temperatura entre 57°C y 59°C. Además, se cita la contaminación por hidrocarburos debido a voladuras de los oleoductos; en esta problemática, se menciona el ejemplo del bagre (del tipo valentón o lechero) que ya no se pesca en el estero.

1.3.6 Deforestación de la zona

- De igual manera, el informe de la Defensoría hace mención de los procesos de deforestación ocasionados, no sólo por el montaje de la infraestructura pertinente para la explotación petrolera (vías, pozos, entre otras), sino por los colonos que han inmigrado a la región en busca de oportunidades.

1.3.7 Impactos sociales y culturales

- Incremento específico de las migraciones y la ocupación hacia las diferentes zonas del departamento por el proceso de explotación petrolera; luego de iniciado el proceso de exploración y explotación petrolera se han incrementado de forma alarmante los asentamientos humanos a lo largo de las riberas de los diferentes ríos, principalmente del río Ele, el río Lipa, el caño Limón, el río Cravo Norte.
- Aculturación y deculturación de las comunidades indígenas por la actividad petrolera asociada al campo Caño Limón.
- Acelerado crecimiento poblacional atraído por la explotación petrolera, que ha generado mayor presión sobre vivienda, servicios públicos, así como demanda de infraestructura, como vías de comunicación.
- El problema ambiental originado por el mal manejo de los recursos naturales afecta la calidad de vida de los habitantes.
- Taponamiento de diferentes cuerpos de agua, como caños, ríos, esteros, entre otros; desaparición de caños y apropiación del estero por parte de los colonos.

1.4 MARCO JURÍDICO

La sección Segunda del Tribunal Administrativo de Cundinamarca solicitó al IDEAM, mediante auto del 15 de febrero del 2000, la realización de *“estudios que establezcan los daños y medidas que se deban ejecutar para corregirlos en relación con la exploración y explotación petrolera que adelanta Occidental de Colombia, en el Departamento de Arauca”*.

La anterior solicitud se enmarca en el deber de colaboración de las entidades públicas con la administración de justicia, establecido en el artículo 243 del Código de Procedimiento Civil que precisa:

“Los jueces podrán solicitar, de oficio o a petición de parte, informes técnicos o científicos sobre avalúos y otros hechos de interés para el proceso, a los médicos legistas, a la Policía Judicial, al IGAC y en general a las entidades y dependencias oficiales que dispongan de personal especializado, y las que tengan el carácter de consultoras del gobierno.

“También podrá el juez utilizar los servicios de dichas entidades y dependencias oficiales, para peritaciones que versen sobre materias propias de la actividad de aquéllas, con tal fin las

decretará y ordenará librar el oficio respectivo para que el director de las mismas designe el funcionario o los funcionarios que deben rendir el dictamen, de lo cual se dejará constancia escrita”.

Frente a este mandato legal, y considerando que el artículo 17 de la Ley 99 de 1993 establece dentro de las funciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la de “*efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales*”, el IDEAM acata lo dispuesto en el auto en mención y procede, en cumplimiento de sus funciones de Ley, a emitir un concepto técnico sobre el particular.

CAPÍTULO 2

MÉTODO DE TRABAJO

2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presentan los objetivos propuestos para el estudio, los alcances, la ubicación geográfica y el método de trabajo utilizado.

2.2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio es realizar un diagnóstico ambiental del área de Caño Limón-estero de Lipa y su zona de influencia a fin de proponer elementos para su uso sostenible, acatando la solicitud del Tribunal Administrativo de Cundinamarca, a fin de permitir a los entes judiciales competentes valorar los posibles efectos positivos o negativos sobre la región, en particular, en el estero de Lipa, asociados directa o indirectamente con la actividad petrolera del campo Caño Limón.

2.3 ALCANCE

Ya que el IDEAM es una institución de carácter científico, su estudio se concentra en el conocimiento científico ambiental y aporta, en la medida de sus capacidades y competencias, la información técnica necesaria para que los entes judiciales tomen las decisiones pertinentes respecto a las demandas interpuestas.

Los resultados aquí presentados están soportados en el análisis y el procesamiento de la información técnica existente, el procesamiento de datos hidrometeorológicos del IDEAM, el procesamiento y la interpretación digital temática de imágenes de satélites Landsat Mss y Radarsat y de fotografías aéreas multitemporales y un reconocimiento de campo, importantes para el control de los resultados obtenidos y el levantamiento de información adicional.

El desenvolvimiento del estudio está basado en el conocimiento del medio biofísico de la región desde un punto de vista ambiental y de desarrollo sostenible de la misma.

2.4 FASES DEL TRABAJO

Para la elaboración del presente estudio se han realizado las siguientes actividades:

- Análisis de los documentos de la Defensoría del Pueblo y del Tribunal Administrativo de Cundinamarca para establecer las problemáticas a tener en cuenta.
- Recopilación y evaluación de la información temática existente para la zona del proyecto Caño Limón.
- Adquisición de bases cartográficas, fotos aéreas multitemporales e imágenes de satélite pertinentes.
- Interpretación digital y estereoscópica temática y multitemporal de imágenes de satélite y fotografías aéreas.
- Discusión de resultados en talleres de grupo.

- Controles de campo.
- Análisis de laboratorio.
- Interpretación de resultados.
- Elaboración de informes de avance e informe final.

2.5 METODOLOGÍA

Este estudio comprendió las siguientes fases:

2.5.1 Adquisición de productos cartográficos y de sensores remotos

Cartografía:

- Planchas topográficas del IGAC, de referencia 124 y 125, a escala 1:100.000

Imágenes de satélite:

- Imagen óptica Landsat Mss, referencia *path 6 row 55* de febrero 22 de 1973

Imagen óptica Landsat Mss, referencia *path 6 row 55* de marzo 10 de 1985

- Imagen de microondas (radar) Radarsat, de referencia M01227 de 1997, modo estándar y resolución espacial por pixel de 30 m

Fotografías aéreas:

Vuelo	Fecha	Sobre n°	Fotos n°	Cantidad	Escala 1 :
R-31	Jun 14, 1946	129	182-187	6	40.000
R-31	Jun 14, 1946	130	262-264	3	40.000
R-110	Feb 24, 1947	420	754-759	6	40.000
R-126	Nov 29, 1947	479	2444-2452	8	40.000
R-405	Feb 18, 1957	1873	3629-3631	3	40.000
M-1244	Dic 15, 1962	1103	24705- 24711	7	60.000
C-1386	Nov 10, 1971	2598	239-247	9	18.750
C-1386	Nov 10, 1971	25981	268-270	3	18.750
C-2538	1994		33-34	2	38.000
C-2536	1994		78-81	4	38.000
C-2533	1994		75-78	4	38.000
C-2533	Ene 31, 1994	36863	22-25	5	38.600
C-2533	Ene 31, 1994	36862	14-18	5	39.400
C-2533	Ene 31, 1994	36861	3-9	7	39.800
R-950	Sept 1984	6652	49-50	2	10.250
R-950	Sept 1984	6653	64-66	3	10.200
R-950	Sept 1984	6651	8-10	3	10.300
R-955	Sept 1984	6683	52-53	2	10.629

Fuente: IGAC

2.5.2 Elaboración del mapa base digital

Con base en la cartografía 1:100.000 existente en el IDEAM, se utilizaron los mapas del DANE obtenidos de la digitalización de las planchas 124 y 125 del IGAC de 1963 con las coberturas de curvas de nivel, drenaje y vías.

2.5.3 Georreferenciación de imágenes de satélite

Con el objeto de realizar las interpretaciones temáticas sobre los productos satelitales, se georreferenciaron las tres imágenes de satélite de referencia (Landsat Mss y Radarsat); para ello se utilizó el mapa digital de escala 1:100.000.

2.5.4 Compilación y análisis de la información temática existente

Para el desarrollo del presente estudio se realizaron consultas a la base de datos y de documentación del IDEAM y el análisis de las temáticas de meteorología, hidrología, suelos, geomorfología, ecosistemas, población, etnias y culturas, ecología económica, ciencia y tecnología.

Por otra parte, se consultaron y analizaron alrededor de 50 informes técnicos solicitados a la Occidental de Colombia y desarrollados por ésta dentro de su plan de manejo ambiental.

Referencias adicionales, consistentes en mapas, informes y datos del Ministerio del Medio Ambiente e instituciones como Ecopetrol, Ingeominas, Igac y Dane, entre otras, fueron igualmente compiladas y analizadas para el estudio.

Las referencias bibliográficas de los diferentes estudios considerados se anexan en la sección correspondiente al final del documento.

2.5.5 Estudio de los componentes del medio biofísico

A continuación se presenta un resumen metodológico de las variables del medio biofísico involucradas en el estudio:

Clima: Su estudio se orientó hacia la evaluación de las series históricas de precipitación y temperatura. Se utilizaron las series preliminares de precipitación y temperatura obtenidas en la estación meteorológica Aeropuerto Santiago Pérez, del municipio de Arauca, durante los periodos 1961-1999 y 1967-1999, respectivamente.

Suelos: El estudio de suelos se realizó básicamente a través del análisis de la información de referencia, la fotointerpretación y las observaciones de campo. La información de base fue el *Estudio general de suelos de la intendencia de Arauca*, del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en 1986.

Geología: La información se compiló de estudios y publicaciones de Ecopetrol y Occidental de Colombia. Adicionalmente, se realizó una interpretación de la geología de superficie con base en una imagen Landsat, sobre la que se delimitaron las unidades recientes y se incorporaron las fallas regionales tomadas del modelo geológico regional.

Geomorfología: Este estudio se orientó a la identificación de cambios geomorfológicos en la zona de interés, a partir de sensores remotos y un control de campo.

Hidrología: El concepto hidrológico técnico se basó fundamentalmente en el análisis multitemporal y espacial de los diferentes vuelos aerofotogramétricos realizados a partir de 1946, de las imágenes de satélite Landsat, de las estadísticas hidrológicas del IDEAM, de los estudios y memorias del río Arauca como límite Internacional entre Colombia y Venezuela, así como de la verificación de campo realizada durante los días 11 a 13 de mayo del 2000.

Hidrogeología: Se realizó una aproximación al modelo hidrogeológico conceptual con base en información recopilada de informes y reportes de la Occidental de Colombia, documentos de Ingeominas e informes de consultoras privadas. Adicionalmente, se complementó el análisis de la información con observaciones y resultados obtenidos en la visita de campo, cuando se realizó una medición de los niveles estáticos en los pozos de monitoreo, así como de los parámetros fisicoquímicos.

Ecosistemas: El procedimiento metodológico utilizado para la elaboración del presente informe, se dividió en tres etapas: la revisión bibliográfica de estudios realizados para la zona de interés, junto con la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas.

La segunda etapa consistió en el desarrollo de la visita de inspección ocular que se fundamentó principalmente en el reconocimiento de la zona, la verificación de la información secundaria y la recolección de información primaria (fotografías, vídeo, encuesta a los moradores de la región), particularmente para los aspectos a evaluar.

La tercera etapa consistió en el análisis de la información recolectada y la realización de análisis interdisciplinarios, mediante los cuales se identificaron problemáticas compartidas y así mismo se identificaron recomendaciones integrales.

2.5.6 Estudio socioeconómico y cultural

Población y asentamientos humanos: Para realizar una caracterización socioambiental de la zona, se consideraron tres escenarios espacio-temporales: el primero correspondiente al departamento de Arauca, el segundo a los municipios de Arauca y Arauquita, en donde se encuentra el campo petrolero, y un tercer escenario integrado por las veredas aledañas. El eje temporal de análisis corresponde a los años setenta a noventa.

Se consideró pertinente contar, en primer lugar, con información sociodemográfica que diera cuenta de los procesos de ocupación y de los factores que intervienen y explican los patrones de asentamiento. Además, se hizo un seguimiento de los indicadores de calidad de vida en cuanto a su incidencia e intensidad en el tiempo; de tal manera que ambos elementos permitieran realizar un análisis retrospectivo y prospectivo del proyecto petrolero, con miras a analizar el impacto de las migraciones, en especial, la más reciente.

En este sentido, el proceso migratorio se constituyó en el eje central del análisis, no sólo por ser uno de los componentes que explican la dinámica de la población en entornos en los que hace presencia la industria petrolera, sino porque su magnitud, intensidad y forma de apropiación del espacio físico y de los recursos adquieren relevancia en la evaluación de la sostenibilidad ambiental de la región en el contexto nacional.

Para llevar a cabo el objetivo planteado, se requería información en el nivel de microdatos referente a los censos de 1973 y 1993 que permitiera la construcción de indicadores de calidad de vida y su comparación en el tiempo y en el espacio. En el transcurso de la investigación se detectó la imposibilidad de disponer de los archivos en microdatos del censo de 1973, por encontrarse en proceso de revisión y evaluación por parte de Dane, lo que obligó a replantear la metodología del análisis.

Este *impasse* informativo, unido a la imposibilidad –por razones de tiempo y de seguridad– de aplicar instrumentos metodológicos como la encuesta o la entrevista estructurada que posibilitaran la generación de información representativa de la zona de estudio, obligó a la realización de una descripción sociodemográfica del departamento y de los municipios antes mencionados con información aportada por el censo de 1993 y a hacer una aproximación a las características socioambientales y económicas de las veredas

aledañas al campo Caño Limón tomando como fuente la información aportada por la Occidental de Colombia (en entrevista no estructurada realizada a funcionarios de la compañía que laboran en el campo, en una oficina que presta servicios a la comunidad, por algunos líderes comunitarios de las veredas (la Arenosa, la Osa, la Pesquera, los Angelitos, Mata Oscura, Nueva Jerusalén, Acacias) y por el presidente de la Asociación de Productores Agropecuarios –Aproagro-, en reuniones informales desarrolladas o en el campo Caño Limón.

En lo referente al proceso histórico de ocupación territorial, se tomó como referencia el estudio de Fernando Medellín *Análisis de los patrones de asentamiento del eje Leticia–La Pedrera*, por considerar que éste es uno de los estudios que aportan elementos de análisis para la comprensión de los procesos de ocupación e identificación de los patrones de asentamiento del Oriente colombiano, dentro de un contexto regional y nacional, a partir de las características del comportamiento y la organización social con respecto al medio biofísico natural.

De manera complementaria, se realizó una lectura de las fotografías aéreas de la zona, tomadas por el IGAC en los años 1947, 1962, 1984 y 1994.

En el análisis de la migración interna se hace referencia al total departamental y municipal por las limitaciones de la información censal para el análisis de los procesos de migración urbano-rural, restringiéndose ésta a una aproximación descriptiva a partir de las entrevistas informales con los líderes comunales y de la información aportada por la Occidental.

En el análisis de la migración interna se tuvieron en cuenta las siguientes variables: lugar de nacimiento, lugar de residencia en 1988 y lugar de residencia en el momento del censo de 1993.

Para establecer el lugar de procedencia de la población migrante se tomó la regionalización manejada por el Dane por su uso en estudios similares y en la generación de estadísticas sociodemográficas y económicas, lo cual permite un análisis comparativo e interrelacional.

Etnias y culturas: De acuerdo con el objeto de las ciencias sociales, y ante la imposibilidad inicial de contar con información empírica acerca de las condiciones del proceso de interculturación, aculturación y deculturación de los grupos indígenas en el departamento de Arauca, se utilizó el método deductivo con base en información secundaria y en el conocimiento previo existente sobre la zona y sobre las características etnológicas de los habitantes de la región, para formular la mayoría de las afirmaciones que contiene lo correspondiente a la sostenibilidad cultural en la región.

La visita a campo, en la que se utilizó la técnica metodológica de la entrevista informal, corroboró las afirmaciones formuladas inicialmente.

Actividad petrolera: El estudio de la actividad petrolera relacionada con el campo Caño Limón se inició con el análisis de la información proveniente de reportes de producción de Ecopetrol (1997 y 1998), la información que reporta Occidental de Colombia periódicamente al Ministerio de Medio Ambiente sobre el plan de manejo ambiental (1984–1989) y la información sobre uso de los recursos recopilada por el IDEAM (1994, 1997 y 1999). Con esta información se realizaron los balances de materia y energía; como resultado se obtuvo una serie de indicadores que permitió realizar un análisis ambiental de la actividad. Finalmente, se realizó una visita y estudio de campo para verificar los resultados obtenidos previamente.

PARTE 2

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO BIOFÍSICO

En esta parte se presenta el análisis y la descripción de las principales variables y elementos del medio biofísico del área asociada al estero de Lipa y al campo petrolero Caño Limón. Las variables y elementos del medio biofísico que se tuvieron en cuenta para este estudio son: clima, suelos, geología, geomorfología, ecosistemas, hidrología e hidrogeología.

CAPÍTULO 3

CLIMA

El análisis de esta variable del medio biofísico se orienta hacia la evaluación de las series históricas de precipitación y temperatura del departamento de Arauca con el objeto de aportar la información técnica suficiente para esclarecer los posibles cambios de las lluvias asociados con la actividad petrolera del campo Caño Limón y contribuir a los estudios hidrológicos e hidrogeológicos.

3.1 INFORMACIÓN UTILIZADA Y MÉTODO DE ANÁLISIS

Se realizó el análisis de la variación espacial y temporal (régimen anual, variabilidad interanual e interdecadal) de la precipitación, así como el análisis interdecadal de la temperatura del aire a 2 m sobre la superficie.

El comportamiento histórico que se describe a continuación se refiere al periodo 1961-1990, conocido como 'normal climatológica', que corresponde a una serie continua de mediciones de la variable 'precipitación' durante ese periodo de 30 años; los valores medios mensuales correspondientes a ese lapso se utilizan para definir el comportamiento normal de la variable y para realizar comparaciones con otros periodos de interés, con miras a analizar su variabilidad.

La variabilidad climática se refiere a las fluctuaciones observadas durante periodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular se registran valores por encima o por debajo de la normal climatológica. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como anomalía. En diferentes años, los valores de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, etc.) fluctúan por encima o por debajo de lo normal. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales se conoce como variabilidad climática, y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías.

El análisis de la distribución anual y espacial de la precipitación y sus variaciones en periodos de largo plazo (interanual e interdecadal) se realizó con base en la información de tres estaciones meteorológicas –Aeropuerto Santiago Pérez, Matezamuro y Villanueva– localizadas en inmediaciones de la zona de interés, según se presenta en la **figura 3.1** y en la **tabla 3.1**.

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m)
Aerop. Santiago Pérez	07° 04'	70° 44'	128
Matezamuro	06° 58'	70° 52'	150
Villanueva	06° 57'	70° 18'	100

Fuente: IDEAM

Tabla 3.1 Localización espacial de las estaciones meteorológicas del IDEAM consideradas en el departamento de Arauca

Para el análisis de la distribución temporal (anual, interanual e interdecadal) se emplearon las series de precipitación y temperatura para los periodos 1961-1999 y 1967-1999, principalmente. No obstante, para ilustrar las variaciones en el largo plazo, se utilizaron sólo los registros de la estación meteorológica Aeropuerto Santiago Pérez. En principio, las variaciones en el largo plazo observadas en esta estación pueden considerarse



Republica de Colombia
Ministerio del Medio Ambiente

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN EL DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Figura 3.1



válidas para toda la región si se tiene en cuenta la propiedad de las señales de variabilidad climática respecto al cubrimiento de grandes extensiones.

3.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN

El comportamiento espacial y temporal de la precipitación en la zona está regido por la presencia de sistemas meteorológicos, como la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), de perturbaciones de menor escala asociadas con ésta y del efecto de la orografía. La precipitación en la región presenta además variaciones interanuales e interdecadales asociados a procesos de variabilidad climática.

3.3 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION

La **figura 3.2** muestra las isoyetas medias anuales para el departamento de Arauca basadas en los promedios multianuales de precipitación del periodo 1961-1990. En este mapa es posible apreciar un incremento de los volúmenes anuales de precipitación al avanzarse en sentido noroeste del Llano hacia la cordillera Oriental.

Las cantidades menores de lluvia anual, del orden de 1500 a 2000 mm, se registraron en el área del municipio de Arauca; las mayores, cercanas a los 3000 mm al año, en las estribaciones de la cordillera Oriental, sobre el área del municipio de Saravena.

En el municipio de Arauquita se midió un promedio de 2416 mm anuales, en tanto que hacia el suroccidente del departamento, en el municipio de Tame, se alcanzaron cantidades que oscilan entre 2500 y 3000 mm. El resto del departamento presenta cantidades que varían entre 2000 y 2500 mm anuales de precipitación, en promedio.

3.4 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA PRECIPITACIÓN

3.4.1 Distribución anual

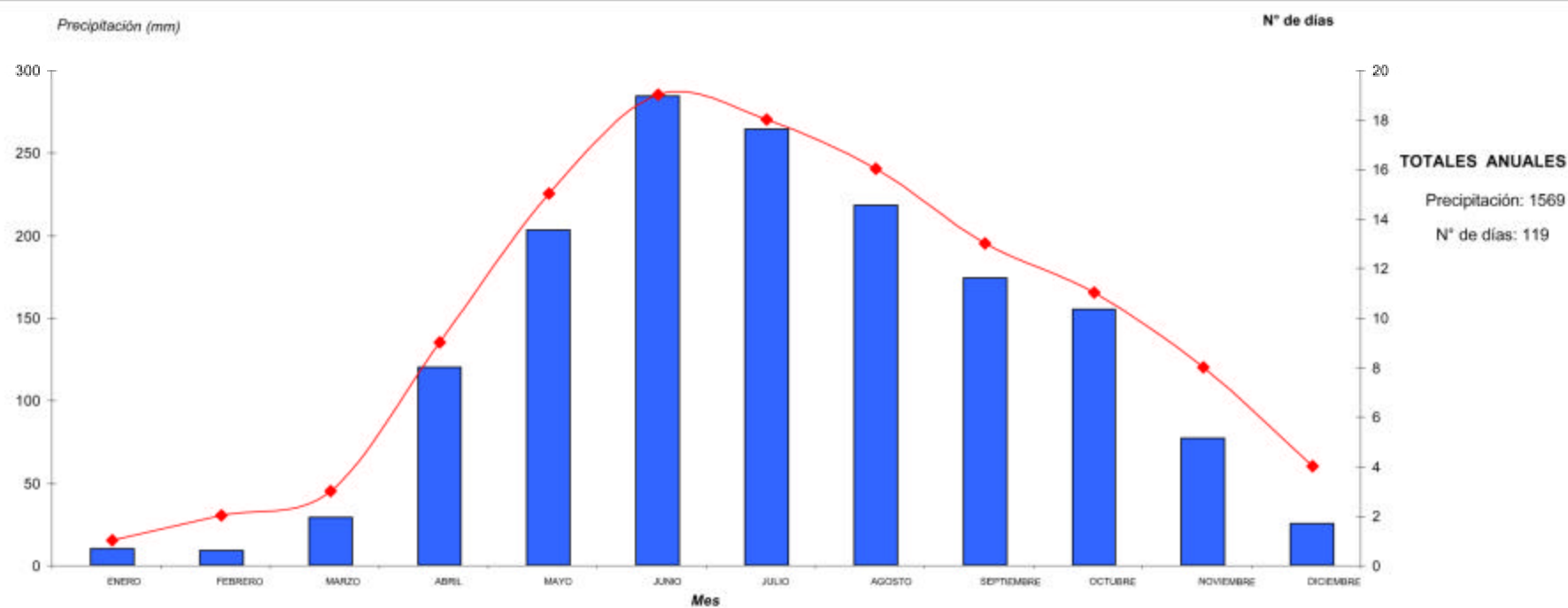
El régimen de la precipitación en el área del municipio de Arauca es del tipo monomodal, es decir, presenta un periodo seco y otro lluvioso durante el transcurso del año.

El periodo seco ocurre entre diciembre y marzo, meses durante los cuales se registran cantidades inferiores a los 25 mm de precipitación. La lluvia acumulada durante este tiempo seco representa menos del 10% del total promedio anual. Los meses más secos del año son enero (con 10 mm de precipitación) y febrero (con 9 mm). El número promedio de días con lluvia durante este periodo varía desde uno, en enero, hasta cuatro, en diciembre.

El periodo lluvioso se inicia en abril y termina en noviembre. Los meses más lluviosos del año son junio (284 mm de precipitación), julio (264 mm) y agosto (218 mm), durante los cuales se registra alrededor de 50% de la precipitación total anual. El número medio de días con precipitación durante este periodo lluvioso fluctúa entre 8 días en noviembre y 19 en junio.

Durante el año se registran 1569 mm de precipitación, distribuidos en 119 días con lluvia, en promedio (**tabla 3.2** y **figura 3.2**).

Figura 3.2. Distribución de los promedios mensuales multianuales (1961-1990) de la precipitación en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Pérez)



Valor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación Promedio histórico (mm)	10	9	29	121	203	284	264	218	174	155	77	25	1569
Días con lluvia (promedio)	1	2	3	9	15	19	18	16	13	11	8	4	119

Fuente: IDEAM

Tabla 3.2 Cantidad de precipitación (mm), según los promedios multianuales del periodo 1961-1990 en la estación Aeropuerto Santiago Pérez (Arauca)

3.4.2 Comportamiento de la precipitación entre 1991-1999

En la **tabla 3.3** y la **figura 3.3** se presentan los valores medios mensuales de precipitación registrados durante el periodo 1991-1999. Para facilitar su comparación con los respectivos valores mensuales del periodo 1961-1990, se ha calculado el índice de precipitación (I%).

El análisis del índice de precipitación (I%) permite establecer que, durante el periodo 1991-1999, los meses de diciembre y enero presentaron las cantidades medias mensuales de lluvia normales para la época, en tanto que en febrero y en marzo los valores medios registrados superaron los promedios respectivos.

En cuanto a la temporada lluviosa de abril–noviembre, mientras que abril, mayo, octubre y noviembre presentaron lluvias mensuales en cantidades medias que estuvieron por encima del valor normal, los meses restantes (junio a septiembre) registraron las cantidades medias normales para cada mes.

Al comparar el total medio anual registrado durante el periodo 1991-1999 (1901 mm) con el correspondiente al periodo de referencia de 1961-1990 (1569 mm), se advierte un aumento en las cantidades medias precipitadas equivalente a 21%.

Así mismo, es posible advertir que el número medio de días con lluvia al año –que durante el periodo 1961-1990 fue de 119 días– se incrementó hasta 204 en el periodo 1991-1999 (**tabla 3.3** y **figura 3.3**).

Valor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Precipitación promedio (mm)	10	52	51	166	268	288	315	230	171	199	125	26	1901
I (%)	100	577,8	175,9	137,2	132,0	101,4	119,3	105,5	98,3	128,4	162,3	104,0	121,2
Días con lluvia	7	9	12	18	24	24	27	21	17	17	17	11	204

Fuente: IDEAM

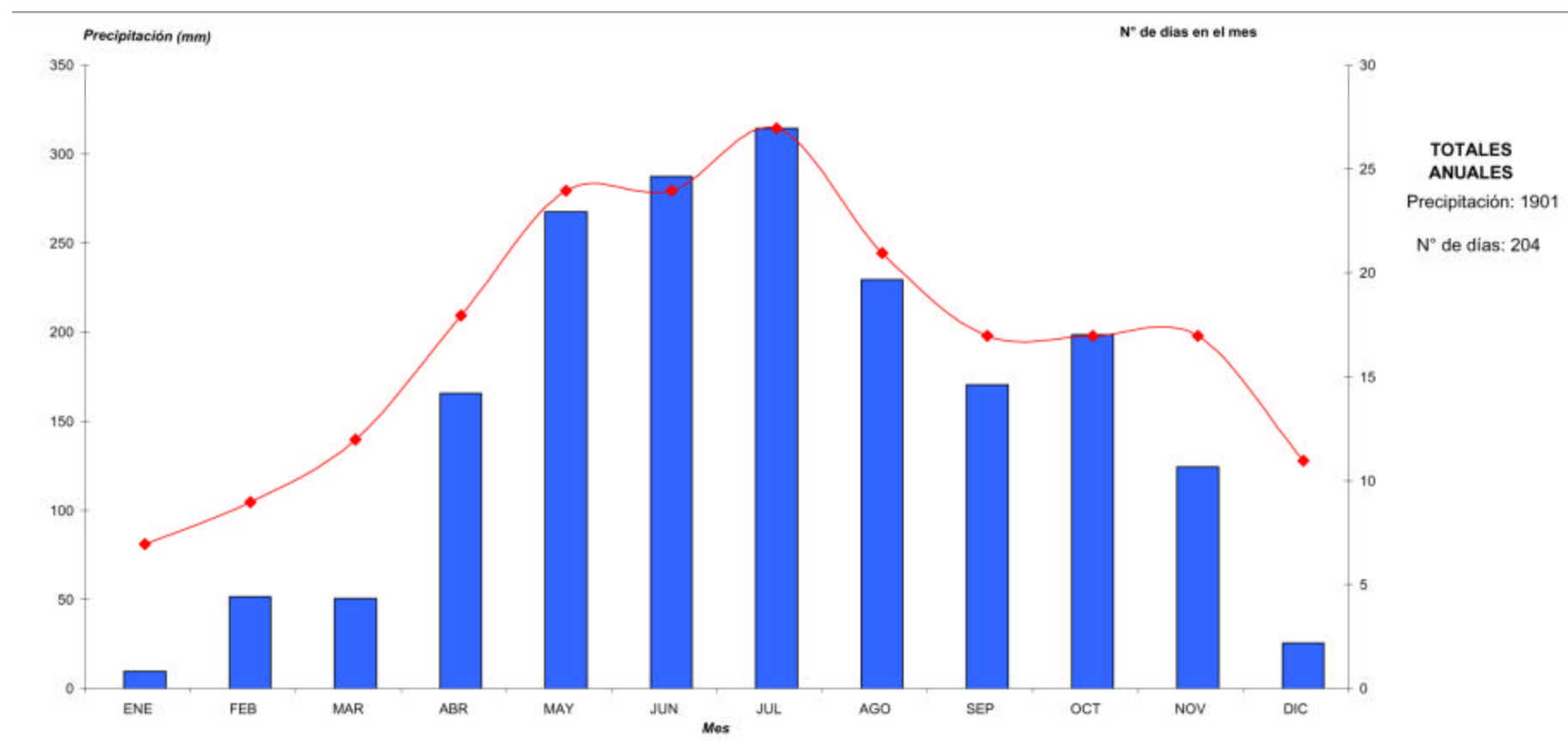
Tabla 3.3 Cantidad de precipitación (mm) según los promedios multianuales del periodo 1991-1999 en la estación Aeropuerto Santiago Pérez (Arauca)

3.4.3 Variabilidad interdecadal de la precipitación

En la década de los sesenta la precipitación se caracterizó por presentar durante la mayor parte del tiempo cantidades inferiores al valor normal, con excepción de los primeros meses de 1966, el segundo semestre de 1967 y el periodo agosto-octubre de 1969, cuando se registraron valores por encima del promedio.

Durante la década siguiente se destacan algunos periodos con lluvias excesivas, entre mediados de 1970 y 1972, y otros en que las precipitaciones fueron deficitarias: desde finales de 1973 hasta mediados de 1974 y desde finales de 1978 hasta mediados de 1979.

Figura 3.3 Distribución de los promedios mensuales multianuales (1991–1999) de la precipitación en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Póroz)



Durante la década de los ochenta (1981-1990), la precipitación registró en su mayoría valores normales y por encima de los normales. Se destacan, en términos generales, periodos de lluvias superiores al valor promedio ocurridos durante la mayor parte de 1981, desde mediados de 1986 hasta principios de 1987 y durante el tercer trimestre de 1989 (**figura 3.4**).

Por su parte, la década de los noventa se caracterizó por presentar cantidades de precipitación por encima del valor normal durante gran parte de los meses. Durante el periodo enero de 1991–diciembre de 1999, 41% de los meses presentó cantidades de lluvia por encima del valor normal, 31% de ellos observó un comportamiento normal y tan sólo durante 28% de los meses las precipitaciones fueron deficitarias (**figura 3.5**).

Un análisis de tendencia polinomial de orden 3 realizado a la serie mensual de valores de precipitación registrados durante el periodo 1961-1999 (**figura 3.6**, línea roja) muestra un comportamiento ligeramente creciente de la lluvia durante los años noventa, crecimiento que también se advierte durante la misma década al suavizar la serie con una media móvil de 11 puntos (**figura 3.6**, curva amarilla). Este incremento de las lluvias podría estar asociado a ciclos de variabilidad climática natural y a tendencia de largo plazo de cambios del clima.

La **tabla 3.4**, que presenta los promedios de precipitación para periodos comparables de las estaciones meteorológicas analizadas, es un resumen que permite ver la variabilidad interdecadal de la precipitación en la región de Arauca.

Estación	Periodo	Lluvia anual (mm)	Periodo	Lluvia anual (mm)	Periodo	Lluvia anual (mm)
Aeropuerto Santiago Pérez	1961-1990	1569	1984-1999	1882	1991-1999	1904
Matezamuro	1983-1990	1521	1984-1997	1653	1991-1997	1802
Villanueva	1985-1990	1628	1985-1999	1822	1991-1999	1945

Fuente: IDEAM

Tabla 3.4 Promedios multianuales de precipitación en las tres estaciones meteorológicas de la región de influencia del campo Caño Limón para diferentes periodos de tiempo

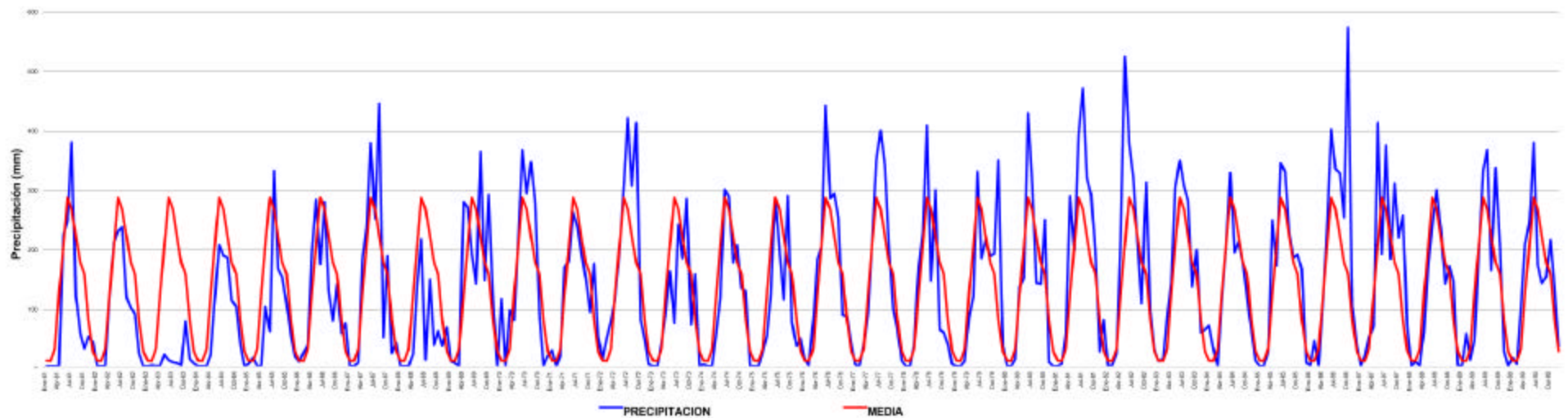
3.5 TEMPERATURA

3.5.1 Variabilidad interanual de la temperatura del aire

La variabilidad interanual de la temperatura del aire en el departamento de Arauca se ha establecido a través de las anomalías obtenidas con referencia al periodo 1967-1990.

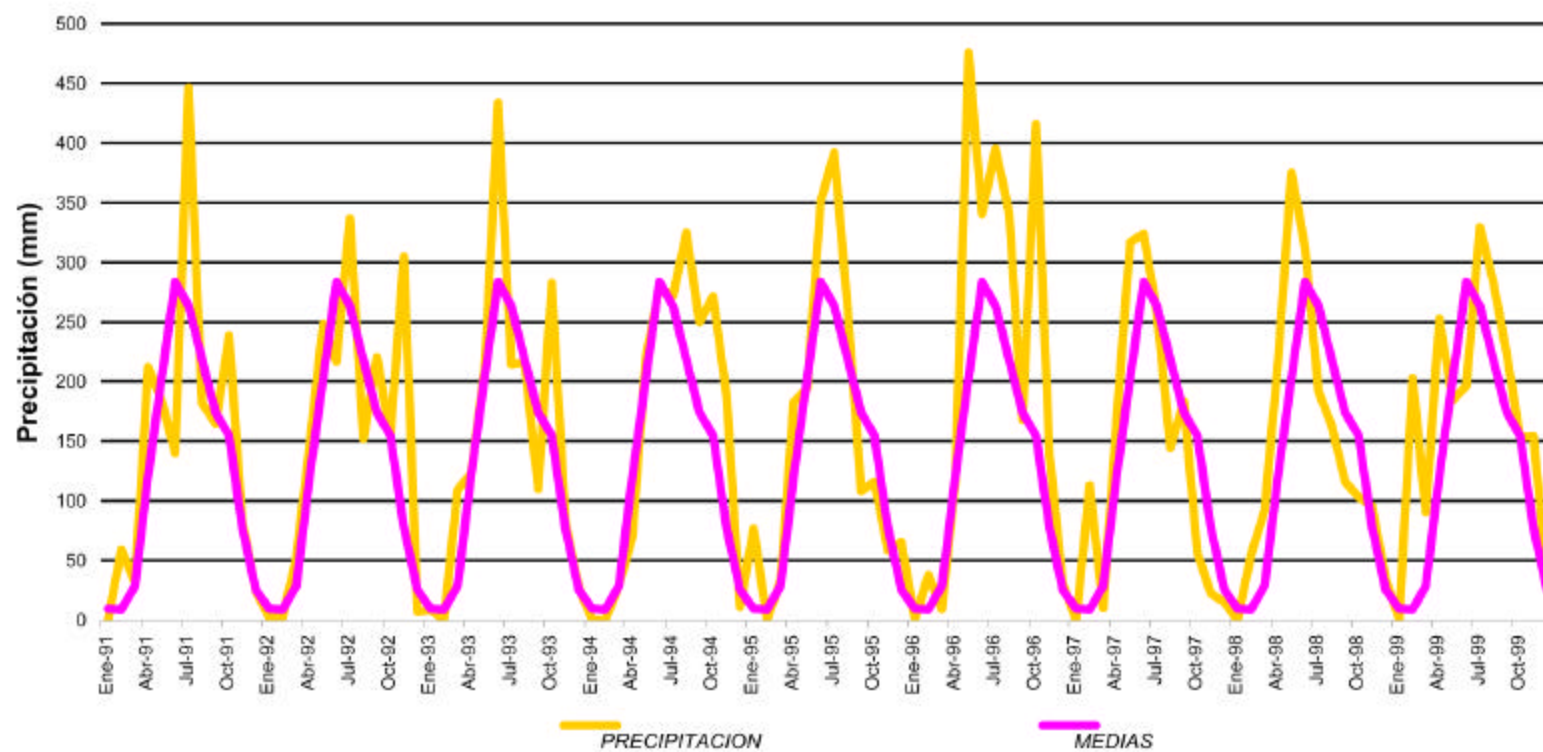
El análisis de la secuencia temporal de anomalías permite establecer la ocurrencia de periodos cálidos durante el primer trimestre de 1970 y 1971 (anomalías entre 2°C y 4°C), a finales de 1972 y a comienzos de 1973 (anomalías alrededor de 2°C), a comienzos de los años 1980–1983 (anomalías positivas cercanas a 2,5°C) y los primeros meses de 1991, 1993, 1995, 1996 y 1998 (anomalías entre 2°C y 3°C). En consecuencia, es importante anotar que los primeros trimestres cálidos del año corresponden a los años noventa. Algunos de los periodos citados coinciden con las fases cálidas, asociadas con el ciclo el Niño, la Niña–oscilación del Sur, tales como las de 1972, 1982, 1991 y 1993.

Figura 3.4 Variabilidad mensual multianual (1961–1990) de la precipitación en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Pérez)



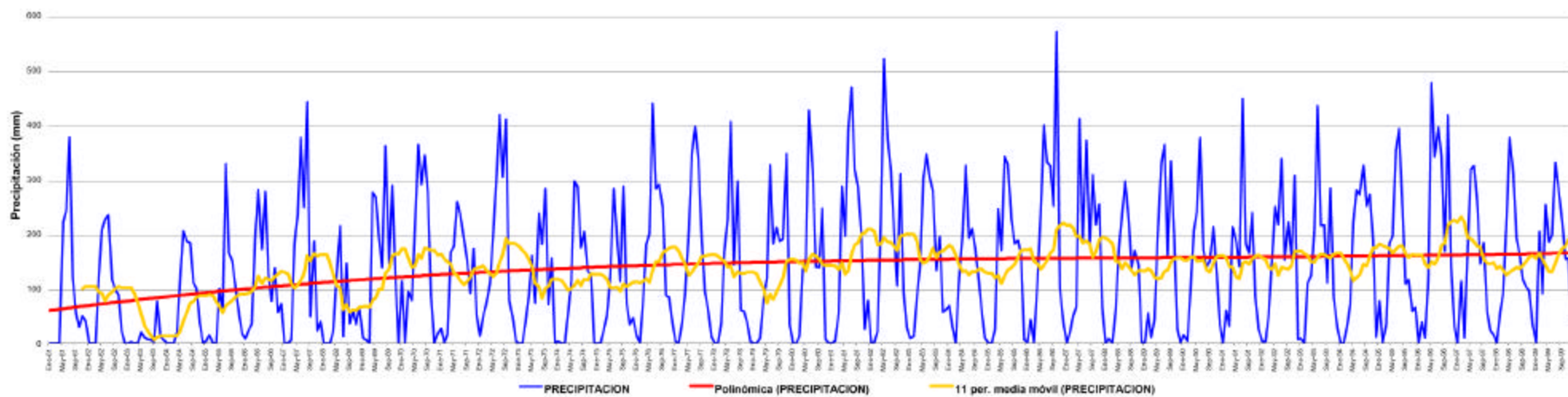
Fuente: IDEAM

Figura 3.5 Variabilidad mensual multianual (1991–1999) de la precipitación en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Pérez)



Fuente: IDEAM

Figura 3.6 Variabilidad mensual multianual (1961–1990) de la precipitación en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Pérez)



Fuente: IDEAM

Los periodos fríos ocurrieron ininterrumpidamente entre junio a septiembre de 1970 a 1976, con anomalías que variaron entre 2°C y 3°C. En la década de los ochenta, las anomalías negativas fluctuaron alrededor de 2.5°C y los periodos de ocurrencia se centraron en los terceros trimestres de 1980 y de 1982 a 1986. En la década de los noventa, los años con tercer trimestre frío fueron los de 1993 a 1996, con anomalías de hasta 3.3°C por debajo de lo normal (**figura 3.7**).

Un análisis de tendencia de la serie de temperatura (polinomial de orden 3) refleja un ligero incremento (menor de 0.3°C) de los valores mensuales durante la última década (**figura 3.7**, curva amarilla), fenómeno que podría estar asociado a ciclos de la variabilidad climática natural o a tendencias de largo plazo del cambio climático.

3.6 INDICADORES DEL CLIMA

Como indicadores de los cambios que el clima regional podría haber tenido, es posible usar las tendencias de la temperatura y la precipitación.

3.6.1 Tendencia de la temperatura

Según el análisis anterior, la temperatura del aire ha aumentado en la década de los noventa en menos de 0.3°C.

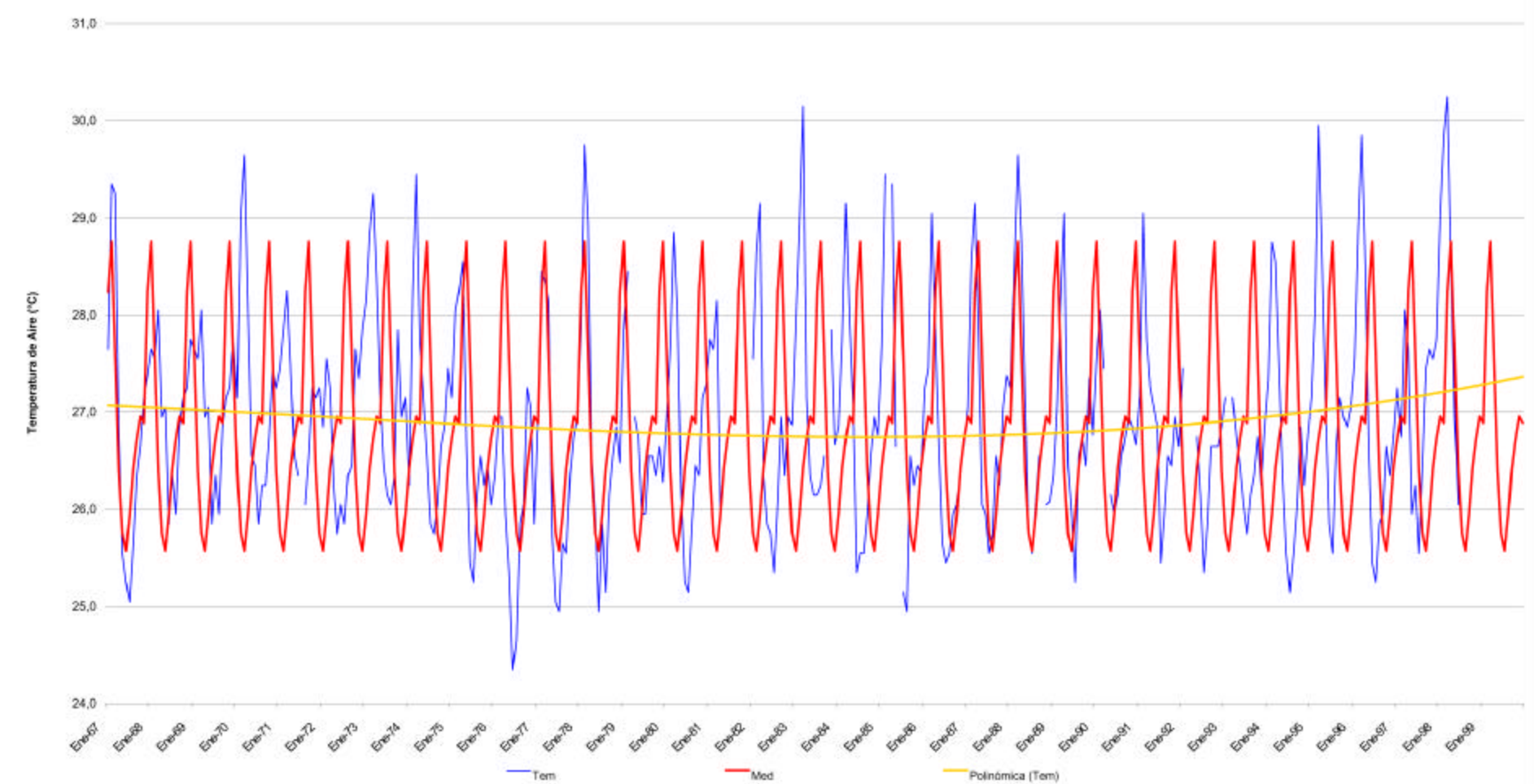
3.6.2 Tendencia de la precipitación

Según el análisis anterior, la precipitación en la región ha aumentado en los noventa, en comparación con las décadas inmediatamente anteriores.

3.7 CONCLUSIÓN

Durante el periodo 1991-1999 se presentaron en la región variaciones con tendencias crecientes de la temperatura media del aire y de la precipitación, según lo muestran los datos históricos de la estación meteorológica del aeropuerto Santiago Pérez, de Arauca. Sin embargo, estas fluctuaciones y tendencias podrían atribuírseles más a los ciclos naturales de variabilidad climática y a los cambios en el largo plazo asociados al cambio climático global y no a la actividad humana que se desarrolla en el área de estudio.

Figura 3.7 Variabilidad mensual multianual (1967–1999) de la temperatura del aire en el municipio de Arauca, departamento de Arauca (estación Aeropuerto Santiago Pérez)



Fuente: IDEAM

SUELOS, GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Las características físicas, químicas y biológicas de los suelos y su génesis; la composición y estructura de las rocas y formaciones superficiales y la expresión geomorfológica de estos, constituyen las propiedades y variables del medio biofísico más relevantes para determinar el ambiente morfogenético natural, y la dinámica y el estado de conservación o degradación de los suelos.

En este capítulo se presentan las características edafológicas, geológicas y morfológicas y morfodinámicas de la región de Caño Limón–estero de Lipa y su contexto regional.

4.1 SUELOS

Dentro de la variedad de paisajes que incluye una región tan extensa como la de los Llanos Orientales, se encuentra toda una gama de suelos, correspondiente a dos áreas bien diferenciadas y limitadas por el río Meta: la llanura aluvial del río Arauca y los drenajes tributarios ubicados al occidente del río Meta, llamada 'Orinoquia mal drenada', con presencia de mantos eólicos localizados y suelos con procesos hidromórficos y la denominada 'Orinoquia bien drenada', ubicada a la margen derecha del río Meta con suelos arcillosos con características de oxisoles, últisoles y *psamments*. En la Orinoquia mal drenada se encuentra una zona de subsidencia dentro de la cual está el área de estudio.

En esta sección se presentan las características edáficas de las principales unidades de suelos presentes en la zona de interés.

4.1.1 Unidades de suelos

Teniendo en cuenta el *Estudio general de suelos de la intendencia de Arauca*, del Instituto Geográfico Agustín Codazo (1986), los suelos de la zona de interés se caracterizan en dos ambientes morfopedológicos: suelos de llanura aluvial de desborde reciente y cobertura eólica localizada, y suelos de valles aluviales de desborde actual. A continuación se presenta una breve descripción de las unidades de suelos asociadas a estos dos ambientes morfopedológicos (**figura 4.1**).

4.1.1.1 Suelos de llanura aluvial de desborde subreciente con cobertura eólica localizada

En este ambiente geomorfológico se encuentran perfiles de suelos con las siguientes características generales:

Unidad Cnaz. Suelos localizados en cubetas y ejes de emplazamiento. Son suelos entre superficiales y profundos, algunas veces limitados por fluctuaciones del nivel freático, con drenajes en general pobres que excepcionalmente pueden llegar a rápidos. Sus texturas van de finas a gruesas; tienen reacción muy ácida, con pH desde 4.4 hasta 5.3, altos contenidos y saturación de aluminio. Las bases totales y las saturaciones de bases y fósforo en la superficie del perfil van de bajas a muy bajas.

Unidad Kpa. Suelos presentes en los rebordes de pantanos. Suelos muy superficiales limitados por fluctuaciones del nivel freático y arenas compactadas, con drenajes entre lentos y muy pobres, texturas francas en la superficie y arcillosas en el estrato subyacente. De igual manera, muestran el porcentaje de carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico

y fósforo con contenidos medios en la superficie y bajos en los horizontes inferiores; presentan un pH entre ácido y muy ácido.

Unidad Bma. Suelos presentes en diques de los caños y napas de desborde. En los diques se presentan suelos moderadamente profundos, bien drenados y con texturas medias, en tanto que en las napas son superficiales, mal drenados y con texturas finas. En general, son suelos con capacidad de intercambio catiónico, porcentajes de carbón orgánico y de fósforo bajos y, por lo tanto, baja fertilidad.

Unidad Coaz. En cubetas y bajos, son suelos de moderadamente profundos a superficiales, limitados por arcillas gleizadas y con fluctuaciones del nivel freático, drenaje de lento a pobre, texturas finas, pH de ácido a muy ácido, contenidos y saturación de aluminio altos, en tanto que su porcentaje de carbono orgánico y de fósforo y su capacidad de intercambio catiónico van de bajos a muy bajos. Tienen fertilidad entre baja y muy baja.

4.1.1.2 Suelos en valles aluviales de desborde actual

Se encuentra el perfil modal descrito a continuación dentro de las unidades siguientes:

Unidad ATaz. Suelos presentes en diques o napas de desborde. Son moderadamente profundos, con pH de ligeramente ácido a neutro y eventualmente básico. Suelos bien drenados en los diques e imperfectamente drenados en las napas, con textura y fertilidad medias y bases totales y capacidad de intercambio catiónico también medios, fósforo entre bajo y medio y contenidos y saturación de aluminio bajos.

Las condiciones físicas y químicas los caracterizan como suelos de texturas finas, muy ácidos, que presentan capas endurecidas, cementadas por hidróxidos y óxidos de hierro que limitan su profundidad efectiva y afectan notablemente su capacidad de almacenamiento de agua; tienen cantidades tóxicas de aluminio y bajas fertilidades como consecuencia de una baja o ninguna presencia de fase orgánica, de la que provienen casi exclusivamente los elementos necesarios para la nutrición de las plantas.

4.1.2 Degradación de los suelos

De acuerdo a lo expuesto arriba, se puede considerar que los suelos del área de Caño Limón-estero de Lipa presentan ofertas agropecuarias, civiles y sanitarias bajas. La degradación de los suelos en esta región es de origen natural y antrópico. La degradación natural física se lleva a cabo por el arrastre y acumulación de las partículas durante los procesos de crecientes fluviales y por erosión hídrica lateral en las laderas de los cauces. La degradación fisicoquímica se produce por hidromorfismo debido a la falta de oxígeno, que ocasiona la pérdida de microorganismos y la consecuente pérdida en la calidad de la materia orgánica, y por procesos de oxidorreducción y degradación de arcillas.

Los procesos de colonización registrados en el área de estudio obligaron a un cambio del uso del suelo y, en consecuencia, a una mayor presión sobre los recursos naturales y, en especial, sobre los suelos por actividades agropecuarias a pequeña escala que tienen un efecto adverso sobre la capacidad de carga del suelo y de degradación de sus propiedades físicas por compactación y erosión.

La apertura de ejes viales y las obras de infraestructura han modificado localmente la dinámica natural y los patrones de drenaje y, con ello, los regímenes de humedad de los suelos y los aportes temporales (alóctonos) de sedimentos y nutrientes. De igual manera, la tala de bosques y la expansión de la frontera agrícola, que modifica o elimina la cobertura

vegetal natural, ha roto el equilibrio y el ciclo de nutrientes al disminuir los aportes de materia orgánica, fundamental en los ciclos biológicos, incrementándose así los procesos erosivos por escurrimiento superficial y la disminución de la productividad del recurso.

Aunque no se obtuvo información para este estudio sobre la magnitud de los derrames de crudo ocasionados por las voladuras del oleoducto Caño Limón–Coveñas, se puede estimar que estos eventos son uno de los mayores causantes de contaminación (por fenoles) de los suelos causando la pérdida del componente biótico. Cabe anotar que en los suelos de las áreas inundadas estos efectos son de menor impacto dada su baja oferta, aunque no ocurre lo mismo para las componentes hídras y bióticas; en cambio, los impactos de voladuras y derrames de crudo sobre suelos de diques aluviales (no inundados) tienen mayor importancia ya que su oferta es mayor.

Otros efectos antrópicos de menor proporción están representados por el descapote y la extracción de material de préstamo (arcillas) asociados con la construcción de obras civiles como terraplenes, vías, canales, ductos, etc.

4.1.3 Conclusiones

Los suelos de Caño Limón–estero de Lipa se caracterizan por pertenecer a dos ambientes morfoedológicos: llanura aluvial de desborde y valles aluviales. La llanura aluvial de desborde, con coberturas de sabana donde predominan las gramíneas, se caracteriza por su oferta importante de materia orgánica en el ámbito de la rizósfera, que suple en parte las deficiencias en nutrientes que hay en componente mineral. En las cubetas y ejes de explayamiento hacen presencia suelos hidromórficos bajo morichales y esteros con condiciones particulares de oxidoreducción y acumulación de materia orgánica poco descompuesta.

En los valles aluviales existen suelos menos evolucionados, enriquecidos por sedimentos de desbordamiento, bajo coberturas de bosques de galería en diques y gramíneas en rebordes de pantano.

En general, todos los suelos son altamente susceptibles a la degradación física, química y biológica por cualquier actividad antrópica, debido a su baja capacidad de recuperación, a su poca oferta nutricional y a las condiciones complejas de la dinámica hídrica del área.

Aunque no se realizaron muestreos puntuales durante la visita a la zona de Caño Limón–estero de Lipa sobre los efectos en los suelos causados por los derrames de crudo por voladuras al oleoducto Caño Limón–Coveñas, se puede estimar que estos eventos son uno de los mayores causantes de contaminación por hidrocarburos, generando la pérdida del componente biótico de los suelos o la biodiversidad en ellos.

Los procesos de colonización espontánea han tenido un efecto adverso sobre los suelos de la región por degradación física, en especial, por compactación y erosión, según se puede observar en las imágenes de satélite trabajadas por el IDEAM (ver más adelante las **figuras 6.1 y 6.2**). Sobre esta base se deberían iniciar estudios más detallados y promover prácticas productivas acordes con la naturaleza de los suelos de la región.

Otros efectos antrópicos de menor proporción se realizan por el descapote y la extracción de material de préstamo (arcillas) para la construcción de obras civiles, como terraplenes, vías, canales, ductos, etc.

4.2 GEOLOGÍA

La región de Caño Limón—estero de Lipa pertenece geológicamente a la cuenca pericratónica de los Llanos Orientales. Esta cuenca se presenta conformada por depósitos cuaternarios aluviales, lacustres y fluviolacustres. Bajo estos depósitos inconsolidados se presentan rocas sedimentarias detríticas (arenosas y lutíticas) y calcáreas, con edades que van del Paleozoico hasta el Terciario superior (**figura 4.2**). Esta secuencia sedimentaria descansa sobre la paleotopografía del basamento igneocristalino del escudo de la Guyana, que se levanta hacia el oriente (Ecopetrol, 1999).

La gruesa secuencia de rocas sedimentarias detríticas conforma una estructura monoclinal fallada y ligeramente basculada hacia el occidente, que se adelgaza hacia el oriente. Estratigráficamente, de base a techo se distinguen las siguientes unidades formales referidas en documentos e informes de la Occidental y de Ecopetrol (**figura 4.3**):

- Rocas sedimentarias cambroordovícicas de texturas lutítica y arenosas correlacionables con la Formación Araracuara. Estas rocas se disponen sobre la paleotopografía del basamento ígneo metamórfico, estimado a más de 6000 m de profundidad en el área de estudio.
- Rocas cretáceas muy cementadas de las formaciones Une, Gachetá y Guadalupe que reposan de manera discordante sobre la unidad anterior. Estas rocas están constituidas por secuencias de areniscas y lutitas con un espesor aproximado de 450 m.
- Secuencia de rocas sedimentarias de tipo arenisca, caliza y lutitas correspondiente a las formaciones Barco y Cuervos de edad Terciario inferior. Esta secuencia presenta un espesor de 100 m.
- Areniscas básales de la Formación Mirador, consideradas como roca reservorio de hidrocarburos, que reposan sobre las lutitas oscuras de la Formación Cuervos. Esta secuencia tiene un espesor de 80 metros.
- Areniscas y lutitas de la Formación Carbonera y edad Terciario medio. Esta unidad litoestratigráfica tiene un espesor de 450 m y se ha dividido según en ocho miembros, de acuerdo con su litología (C1 a C8; el miembro C8 no se registra en el área pues se acuña al occidente). En la actualidad se explotan para hidrocarburos unidades arenosas de esta formación que se captan a una profundidad de 7400 a 7500 pies.
- Lutitas con delgadas intercalaciones de areniscas de la Formación León, con un espesor de 150 m.
- Areniscas, calizas y niveles de carbón de la Formación Guayabo. Esta unidad tiene 800 m de espesor.
- Sedimentos recientes constituidos por aluviones depositados en vegas y playones de ríos y caños principales, sedimentos subrecientes de paleocanales, depósitos de llanuras de inundación que cubren la llanura mal drenada (limos y arenas), depósitos lacustres compuestos por materiales con texturas finas a limoarcillosas que conforman áreas pantanosas o enlagunadas permanentes y depósitos de dunas reconocidos al sur del caño Agua Limón (Geoconsulta, 1991).

La región de Caño Limón—estero de Lipa pertenece tectónicamente al llamado arco de Arauca en la cuenca geológica de los Llanos. En general, se trata de una tectónica de cierres estructurales antitéticos, en la cual los bloques levantados están hacia el occidente,

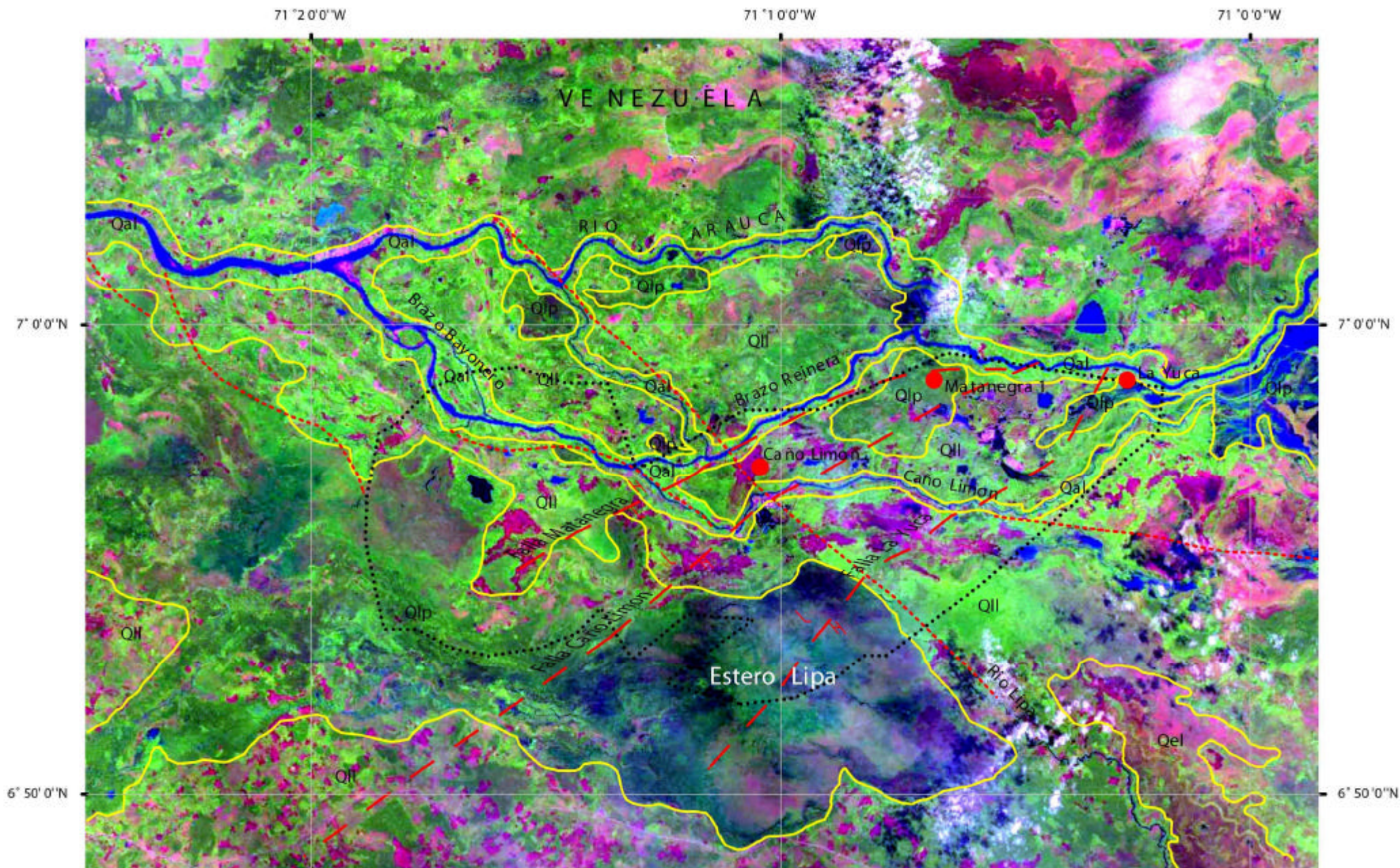


Figura 4.2. Mapa-imagen de la geología del área Caño Limón-estero de Lipa, departamento de Arauca.
(basado en la imagen Landsat MSS 6-55, 1985, bandas 3,2,1)



- Límite del contrato Asociación Cravo Norte
- Pozo petrolero
- Contacto geológico
- - - Falla cubierta
- - - Lineamiento

5 0 5 Kilómetros

- Qal : Depósitos aluviales recientes formados por material granular
- Qll : Depósitos de llanura de inundación constituidos por material fino que cubre la llanura mal drenada
- Qlp : Depósitos lacustres de material fino que conforman áreas pantanosas o enlagnadas permanentemente
- Qel : Depósitos de llanura eólica heredada

Columna Estratigráfica Generalizada del Area del Contrato Asociación Cravo Norte, Arauca

Fig. N° 4.3

PERIODO	EPOCA	FORMACION	ESPESOR (pies)	LITOLOGIA	ROCA RESERVORIO	TIPO ACUÍFERO
CUATERNARIO						
TERCIARIO	PLIOCENO	CORNETA				
		NECESIDAD				ACUÍFERO SOMERO LIBRE A SEMILIBRE (UNIDAD C, D ₁ , D ₂)
	MIOCENO	GUAYABO	400 a 1500			ACUÍFERO LIBRE A SEMICONFINADO (UNIDAD F)
		LEON	300 a 500			ACUICIERRE
	OLIGOCENO	C1	400 a 2300			ACUÍFERO CONFINADO PROFUNDO
		C2				ACUICIERRE
		C3				ACUÍFERO
		C4				ACUICIERRE
		C5				ACUÍFERO POTENCIAL
	EOCENO	C6				ACUICIERRE
		C7				ACUÍFERO-POTENCIAL
		C8				ACUICIERRE
		MIRADOR	100 a 25			ACUÍFERO POTENCIAL
	SUPERIOR PALEOCENO	LOS CUERVOS	50 a 100			ACUICIERRE
		BANCO	100 a 350			ACUÍFERO POTENCIAL
		GACHETA	200 a 400			ACUICIERRE
CRETACICO	INFERIOR	UNE	800			ACUÍFERO POTENCIAL
		PALEOZOICO	0 a 20000			

CONVENCIONES

- ROCA ALMACENADORA AGUA SUBTERRANEA
- ROCA ALMACENADORA HIDROCARBUROS
- LUTITAS
- ARENISCAS
- CALIZAS

Fuente; Modificado Ecopetrol, 1.999

limitados por fallas regionales con dirección noreste–suroeste (fallas de Matanegra, Caño Limón y la Yuca).

La historia petrolera de Caño Limón se inició en 1983 con la perforación de los pozos Caño Limón 1 y 2 en el denominado bloque Cravo Norte. La perforación de pozos, hasta llegar a los 185 actuales en los campos adyacentes de caño Limón, la Yuca, Matanegra, Redondo, caño Verde y Yarumales, permitió estimar reservas de más de 1000 millones de barriles recuperables, convirtiendo esta área petrolera en la más importante del país desde el hallazgo del campo ‘gigante’ de la Cira–Infantas (Ecopetrol, 1999).

En su apogeo, en 1993, el campo llegó a producir 230000 barriles–día. En este momento se considera un campo ‘maduro’ del que se extraen cerca de 105000 barriles–día y, cuando se entregue a Ecopetrol en 2007, podrá aportar aún 34000 barriles–día, según los estimativos de la Occidental (Occidental de Colombia, 2000).

4.2.1 Conclusión

Se puede establecer que sobre la región de Caño Limón–estero de Lipa se presenta una secuencia de rocas sedimentarias en un espesor de unos 6000 m, cubiertas por formaciones litológicas superficiales inconsolidadas de origen aluvial, lacustre y fluviolacustres. Estas formaciones o depósitos se constituyen litológicamente de niveles de limos, arcillas y arenas de composición carbonosa y silícea, de características geomecánicas blandas a moderadamente compactas que las hacen fácilmente erodables. Desde un punto de vista tectónico sobre estos depósitos no se muestran evidencias de actividad durante el Cuaternario.

La geología define la distribución espacial de las unidades roca-sedimento y, por consiguiente, de los recursos y reservas tanto de hidrocarburos como de aguas subterráneas. De estas unidades, las precenozoicas no han sufrido alteraciones por la actividad petrolera, salvo el reemplazamiento de fluidos en el medio poroso durante el proceso de extracción en el área de influencia de los pozos. Las unidades geológicas recientes, sobre las que se han dispuesto las instalaciones petroleras, las infraestructura de vías y las plataformas, han sido objeto de alteraciones en sus depósitos fluviolacustres. Estas alteraciones fueron contempladas en el diseño del estudio de impacto ambiental correspondiente y deben ser objeto de un seguimiento periódico.

4.3 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología de la región de Caño Limón–estero de Lipa se encuentra en el sistema morfogénico del dominio Orinoqués de llanura de inundación heredada.

Con el objeto de establecer la génesis de las geoformas, su dinámica natural y los posibles efectos de la actividad petrolera en la región, se presenta en este estudio una caracterización geomorfológica con dos enfoques: uno regional que comprende la descripción de los sistemas morfogénicos del dominio Orinoqués y la cuenca del río Arauca y uno local que comprende la descripción de las unidades morfológicas menores en la región de Caño Limón–estero de Lipa.

El estudio morfodinámico se concentró en la región de Caño Limón–estero de Lipa y fue basado en el análisis multitemporal de productos fotográficos y satelitales que representan el registro de las últimas cinco décadas.

4.3.1 Marco geomorfológico regional (dominio Orinoqués)

La región de Caño Limón–estero de Lipa se enmarca regionalmente dentro del sistema morfogénico Orinoqués de llanura de inundación heredada, con influencia de tres sistemas geomorfológicos: sistema de cordillera de alta y media montaña, el sistema geomorfológico de piedemonte (**figura 4.4**)

En el sistema geomorfológico de cordillera, el dominio Orinoqués presenta una influencia hídrica desde la vertiente oriental de la cordillera Oriental de los Andes colombianos (alta y media montaña), particularmente en la Sierra Nevada del Cocuy y en el páramo del Almorzadero, nacen varias corrientes hidrológicas, una de ellas, el río Arauca.

La alta dinámica de estas corrientes sobre valles estrechos y abruptos (cañones) en la zona de cordillera es amortiguada en la región de piedemonte con la descarga de un gran volumen de sedimentos, que se evidencia por la formación de geoformas particulares, como abanicos aluviales y grandes conos de deyección.

Sobre la planicie aluvial de los Llanos Orientales, las corrientes fluviales pierden energía formando cauces amplios con patrones de drenaje que se tornan desde meándricos hasta trenzados y anastomosados.

Sobre la región de Caño Limón–estero de Lipa la dinámica fluvial se caracteriza por la pérdida de energía, que lleva a un alto depósito de sedimentos. Esto ocasiona la formación de numerosos caños menores individuales e interconectados y poco estables que se cierran creando paleocauces abandonados o se generan otros nuevos de forma natural. Esta acumulación de sedimentos también origina barras y diques naturales que forman depresiones inundables con una gran variedad de cuerpos de agua, como llanuras inundables, esteros, lagunas, etc. que caracterizan la región de interés.

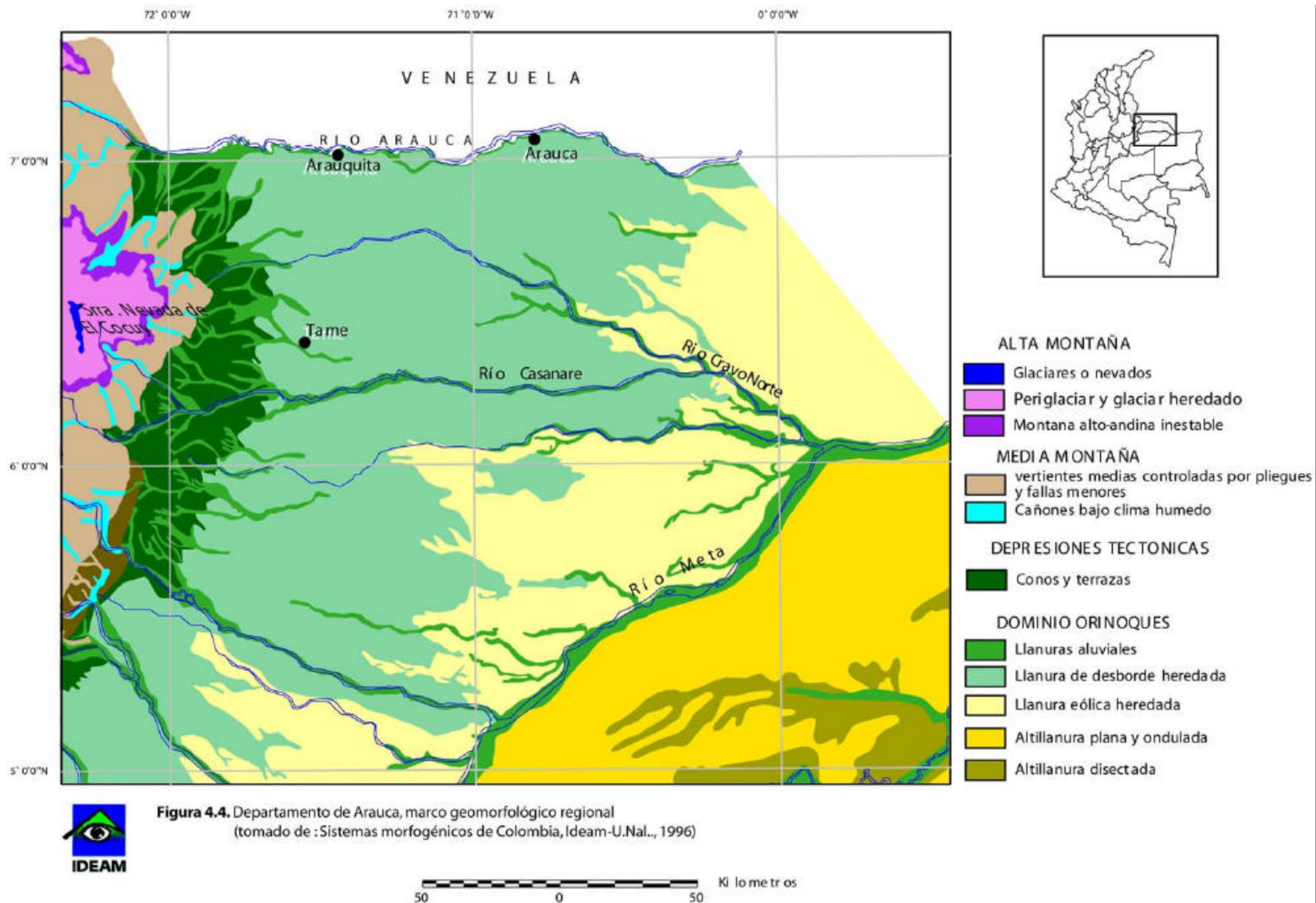
4.3.2 Geomorfología local

Tal como se explicó anteriormente, la región de Caño Limón–estero de Lipa se encuentra dentro de un sistema morfogénico de llanura de inundación o aluvial de desborde asociada al cauce del río Arauca. Dentro de este sistema morfogénico se diferencian varias geoformas menores (**figura 4.5**):

4.3.2.1 Lechos fluviales mayores

El río Arauca es la principal corriente fluvial de la región y constituye allí el límite geopolítico de Colombia con Venezuela. Su cauce presenta una dirección general oeste–este. El ancho de su cauce mayor varía notablemente, siendo muy amplio (1 km.) hasta la difluencia del brazo Bayonero, donde se empieza a angostar hasta un ancho medio de unos 200 m. Su sección transversal presenta una altitud relativa entre 2 y 3 m. El patrón de drenaje del río Arauca en la región muestra una tendencia meandrica hacia los extremos del área del campo Caño Limón y sinuosa a rectilínea en su parte central.

El río Arauca al oriente de Araucita se ramifica en dos brazos principales: el brazo Bayonero (al oeste) y el Gavioetas (al este). El Bayonero presenta una dirección de su curso de unos 45 grados hacia el sureste. Representa un cauce mayor amplio con un ancho de 1.5 km. a 250 m y un cauce activo medio de 250 m. Su altura relativa es de 2.5 m en sección transversal. Su curso presenta un patrón rectilíneo, con zonas sinuosas que muestran una alta dinámica de paleocauces que se activan en épocas de creciente y son abandonados en épocas secas. El brazo Bayonero se torna en el brazo la Reinera después de la confluencia del



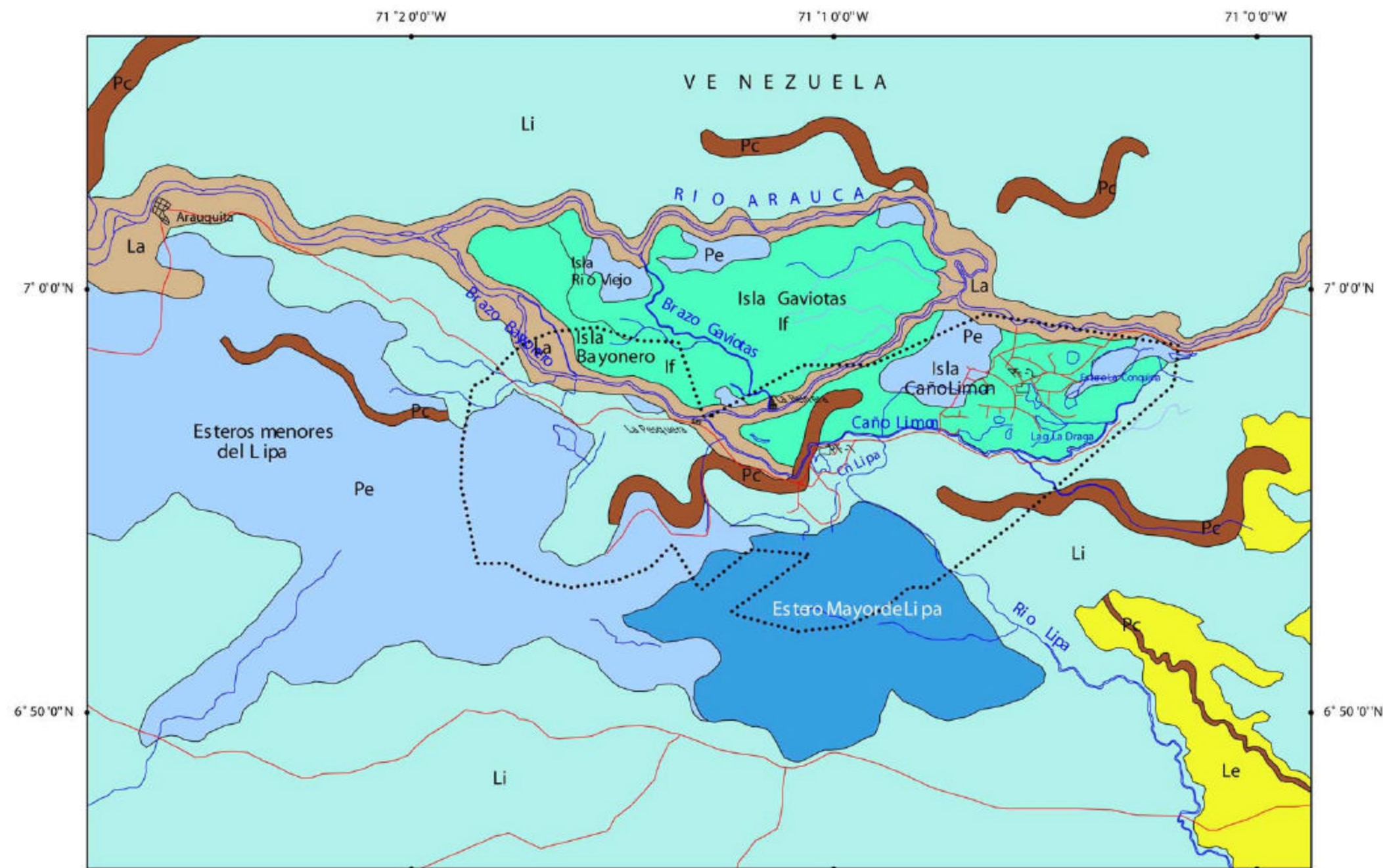


Figura 4.5. Geomorfología del área Caño Limón-estero de Lipa, departamento de Arauca
(basado en la imagen Landsat MSS 6-55, 1985)



- Límite contrato Asociación Cravo Norte
- Cauce principal actual
- Dren temporal
- Carretera

5 0 5 Kilómetros

- | | |
|--|--|
| Estero mayor de Lipa | Li Llanura de inundación |
| Pe Paisaje de esteros | Le Llanura eólica |
| If Islas fluviales | La Lecho aluvial mayor |
| | Pc Paleocauces mayores |

brazo Gaviotas y toma una dirección de unos 45 grados hacia el noreste hasta su confluencia con el río Arauca.

Un afluente del brazo Bayonero es el caño Limón, que presenta un cauce mayor de unos 500 m y un cauce activo de unos 50 m. Este cauce muestra en su curso una tendencia general rectilínea y localmente sinuosa, caracterizada por la presencia de numerosos paleocauces.

El brazo Gaviotas presenta una dirección sudeste y constituye un cauce mucho más angosto (10 m), pero de mayor profundidad en su sección transversal (4-5 m). Su curso muestra una disposición rectilínea con cambios bruscos casi en ángulo recto, probablemente a causa del control de estructuras geológicas.

En general, sobre estos lechos fluviales se presentan geoformas menores, como barras de arenas y diques. Las barras de arena se presentan en forma de playas o islas temporales, y los diques naturales limitan el cauce mayor de las corrientes mayores, como el río Arauca.

4.3.2.2 *Islas fluviales*

Con la aparición de los brazos del río Arauca y de sus afluentes, se forman sobre la región cuatro grandes islas fluviales, denominadas en este estudio: Bayonero, Río Viejo, Gaviotas y Caño Limón.

- La isla Bayonero está formada por el río Arauca al norte, el brazo Bayonero al suroeste, el brazo Río Viejo al noreste y el brazo Gaviotas sureste. Es una isla de forma rectangular, alargada hacia el sureste, con la inclusión de cuerpos de agua (esteros menores, lagunas, zonas encharcadas, etc.) hacia su costado oriental. Esta isla presenta una superficie de 42.1 km².
- La isla Río Viejo se forma por el río Arauca al norte y noreste, el brazo Río Viejo al oeste y suroeste y el brazo Gaviotas al este. Es una isla de forma alargada hacia el sureste con un área aproximada de 16.4 km².
- La isla Gaviotas está formada por el brazo Gaviotas al suroeste, el río Arauca al norte y el brazo la Reinera al sureste. Es una isla de forma rectangular alargada hacia el noreste. Presenta a lo largo de sus límites varios cuerpos de agua, como esteros menores, lagunas y zonas de inundación. Esta isla presenta una superficie de 76.7 km².
- La isla Caño Limón está formada por el brazo la Reinera al oeste, el río Arauca al norte y el Caño Limón al sur y sureste. Es una isla de forma trapezoidal, alargada en dirección este-oeste. Sobre esta isla están las instalaciones del campo petrolero Caño Limón y varios cuerpos de agua, como el estero la Conquista, el estero Matanegra y la laguna artificial la Draga. La isla Caño Limón presenta una superficie de 79.5 km².

4.3.2.3 *Llanura de inundación*

Pese a que toda la región constituye una llanura de inundación, localmente se diferenciaron algunas áreas bajo esta geoforma. Corresponden a planicies bajas, con respecto a los cauces de las corrientes fluviales, que se inundan en épocas de crecientes. Se caracterizan por presentar una morfología que va de plana a suavemente ondulada con numerosos remanentes de cuerpos de agua y lineamientos curvilíneos y paralelos dejados por cauces de creciente.

4.3.2.4 *Paleocauces mayores*

Corresponden a antiguos cursos de corrientes fluviales mayores que han dejado huella en la planicie inundable, probablemente asociados al río Arauca si se considera su dirección preferencial oeste–este. Estas geoformas se caracterizan por presentar formas estrechas, elongadas y curvas, semejando una serpiente. Son fácilmente identificables en las fotografías aéreas e imágenes de satélite. Los paleocauces evidentes en el territorio colombiano presentan anchos hasta de 1 km y longitudes entre 6 y 2 km.

4.3.2.5 *Paisaje de esteros*

Un estero se constituye de depresiones ocupadas por cuerpos permanentes de agua con un sistema vegetal y animal característico, por lo cual es una caracterización ecosistémica e hidromorfológica. Sobre la región de interés en la parte suroeste se destaca un paisaje de esteros, denominado en este estudio como 'sistema de esteros de Lipa' y caracterizado por la presencia de un cuerpo mayor, o 'estero mayor de Lipa', y un sistema de 'esteros menores de Lipa'.

El estero mayor de Lipa se localiza al sur de las instalaciones de PF1, en el campo petrolero de Caño Limón. Es un cuerpo con una superficie de 113 km² de forma ovoide y límites bien definidos.

El sistema de esteros de Lipa lo constituyen una serie de esteros menores individuales, de diferente forma y tamaño que se prolongan hacia el noroeste del estero mayor de Lipa. Su área es de 318 km².

4.3.2.6 *Llanura eólica*

Corresponde a morfologías planas y rugosas desprovistas de vegetación, con suelos desnudos de color amarillo rojizo erosionados por el viento y el agua. Esta geoforma se localiza en la parte este del área de Caño Limón–estero de Lipa.

4.3.3 **Análisis morfodinámico**

Con el objeto de comprender el modelo de dinámica fluvio-lacustre y determinar los impactos ocasionados por la intervención antrópica histórica y relacionada con la actividad petrolera de Caño Limón, se realizó en este estudio un análisis multitemporal sobre registros fotográficos (fotografías aéreas) y satelitales (imágenes Landsat y Radarsat) que representan por lo menos cada una de las últimas cinco décadas. El análisis se orientó principalmente hacia la detección de cambios hidromorfológicos en las principales corrientes o cauces y en los cuerpos de agua (esteros, lagunas).

4.3.3.1 *Año 1947*

Con base en el análisis estereoscópico de fotografías aéreas representativas de esta década (1947), se establecieron las siguientes características hidrodinámicas (**figuras 4.6 y 4.7**):

- El río Arauca mostraba un curso similar al actual y un cauce ensanchado hasta la difluencia del brazo Río Viejo.
- El río Arauca mostraba en lo que hoy en día es la difluencia del brazo Bayonero una zona amplia de erosión (margen derecha) y sedimentación (margen izquierda).
- El caño Bayonero no existía.

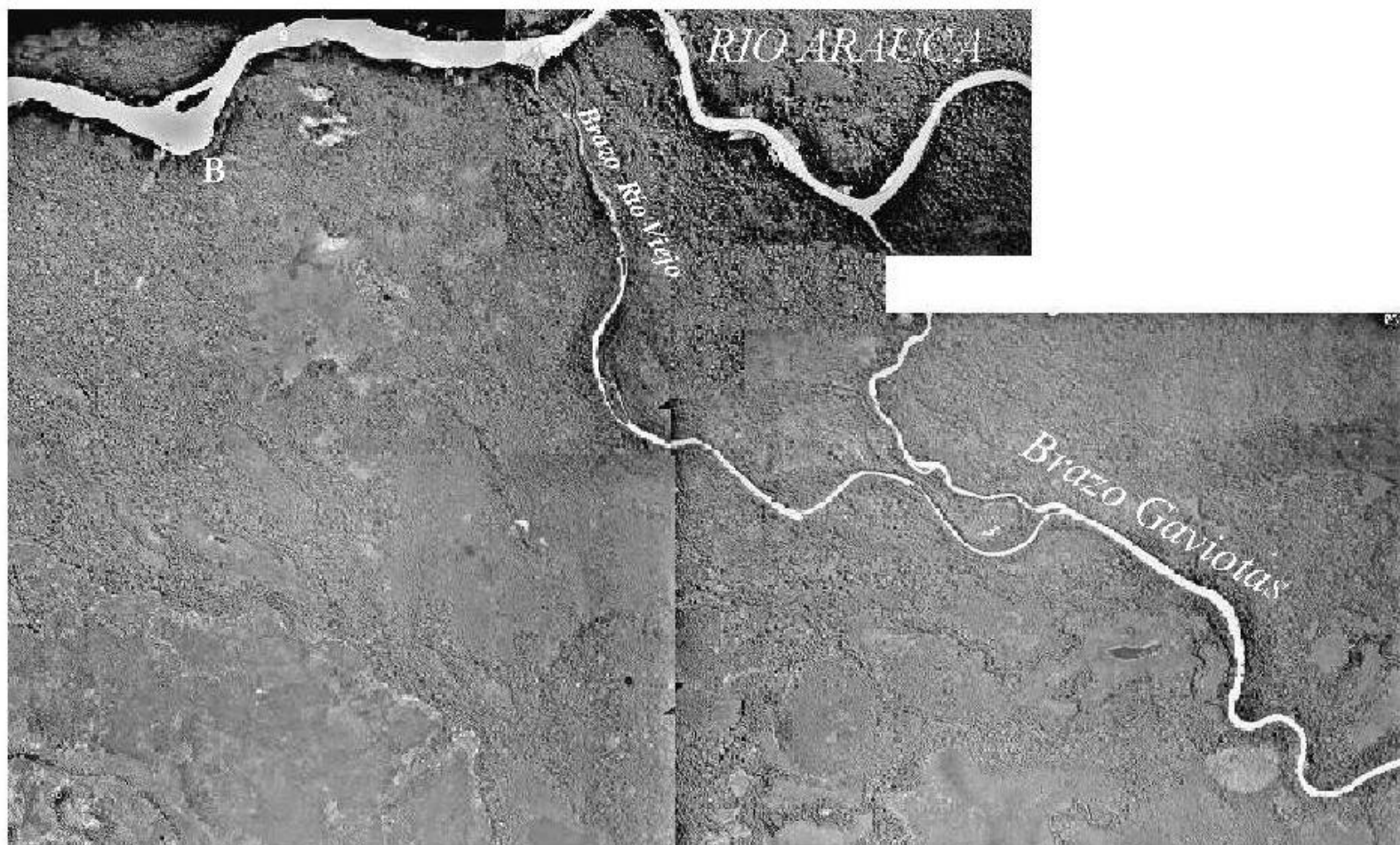


Figura 4.6. Red de drenaje del río Arauca en 1947 (detalle). El brazo Bayonero no existe, aunque se insinúa su difluencia en el ensanchamiento en la margen derecha del Arauca (**B**). Se observan también los brazos Gaviotas y Río Viejo (mosaico no controlado basado en fotografías aéreas del IGAC).

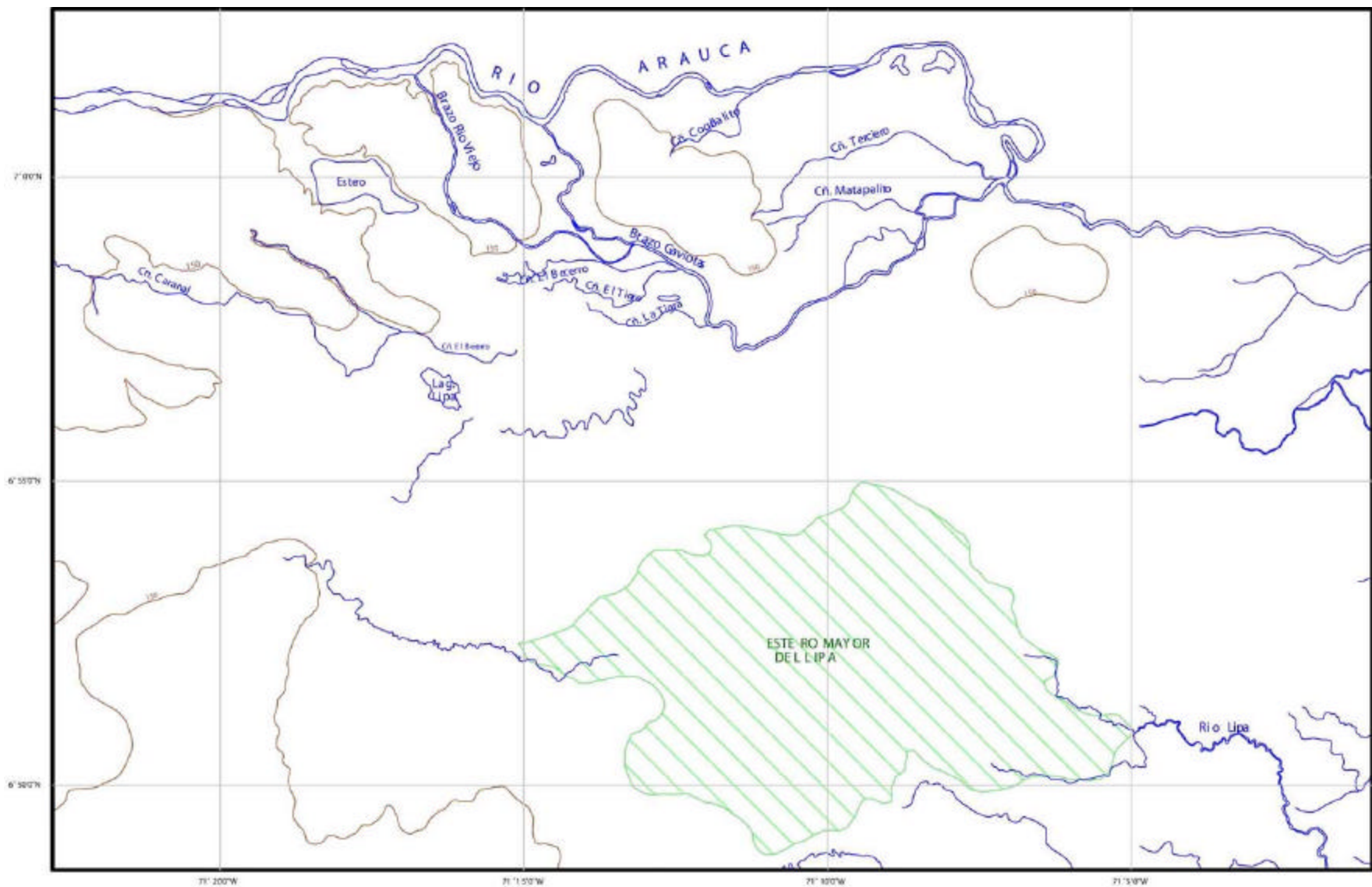


Figura 4.7. Mapa-esquema del río Arauca y sus afluentes en el área Caño Limón-estero de Lipa en 1947
(basado en fotografías aéreas del IGAC y cartografía digital DANE)



- Drenaje
- Drenaje temporal
- Depresión (Estero Lipa)
- Curva de nivel

- Se observan los cauces de los caños Río Viejo y Gaviotas bien definidos y con una dinámica estable.
- Se percibe la existencia de los caños el Tigre, la Tigra, Terciero, Matapalito y Culebrita.

4.3.3.2 Año 1957

En esta década, representada mediante el registro fotográfico de 1957, se observan las siguientes características (**figura 4.8**):

- El canal artificial que formó el brazo Bayonero, aparece para esta fecha en forma rectilínea. Posteriormente se observa una red caótica de cauces entrelazados formados por el vertimiento de aguas del río Arauca, sin un cauce definido.
- Los caños el Tigre y la Tigra aparecen secos, pero muy seguramente reaparecían en épocas de lluvia.
- Existía el caño la Becerra.
- El estero y río Lipa muestran la misma configuración que en 1947.
- Los límites de la laguna Lipa permanecen similares a los del periodo anterior.
- No se había formado el cauce llamado hoy en día caño Limón.

4.3.3.3 Año 1962

En esta década representada por el registro fotográfico del año 1962, se observan las siguientes características (**figuras 4.9 y 4.10**):

- El brazo Bayonero concentra su flujo en cuatro o cinco brazos cerca de su difluencia del río Arauca. Un 40% del caudal del río Arauca fluye por el Bayonero, lo que facilitó que este brazo se conectara con el brazo Gaviotas.
- Una difluencia del Bayonero forma el caño Agua Limón (hoy llamado caño Limón) y parte del caño Matanegra aprovechando esteros pequeños y paleocauces. El recién formado caño Agua Limón se caracteriza por tener varios canales.
- El brazo Gaviotas en su confluencia con el Bayonero comenzó a ensancharse para calibrarse a los nuevos caudales del río Arauca.
- Los caños el Tigre, la Tigra, Tercero, Matapalito y Culebrita aparecen como temporales.
- El estero mayor de Lipa y el río Lipa muestran la misma configuración y límites que en años anteriores.
- Los límites de la laguna Lipa permanecen similares a los de años anteriores.

4.3.3.4 Año 1971

En esta fecha de registro fotográfico se destacan las siguientes características (**figura 4.11**):

- Persiste la configuración trenzada del brazo Bayonero en sus primeros tramos.
- El brazo Gaviotas era más ancho y estaba adaptado a los nuevos caudales.

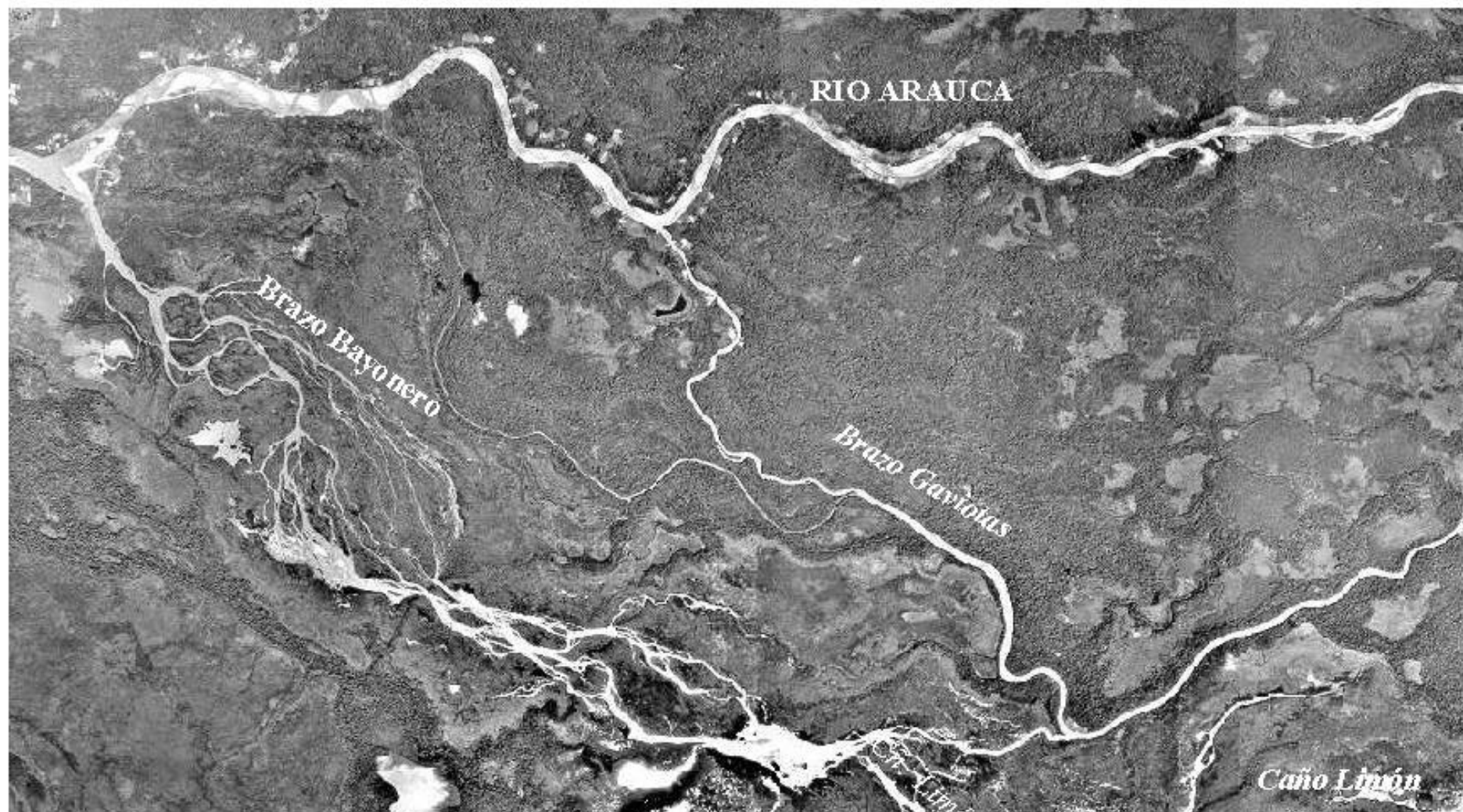


Figura 4.9. Red de drenaje del río Arauca en 1962 (detalle). El brazo Bayonero ya estaba formado, lo mismo que el caño Limón, y se ha conectado con el brazo Gavioyas (mosaico no controlado basado en fotografías aéreas IGAC).

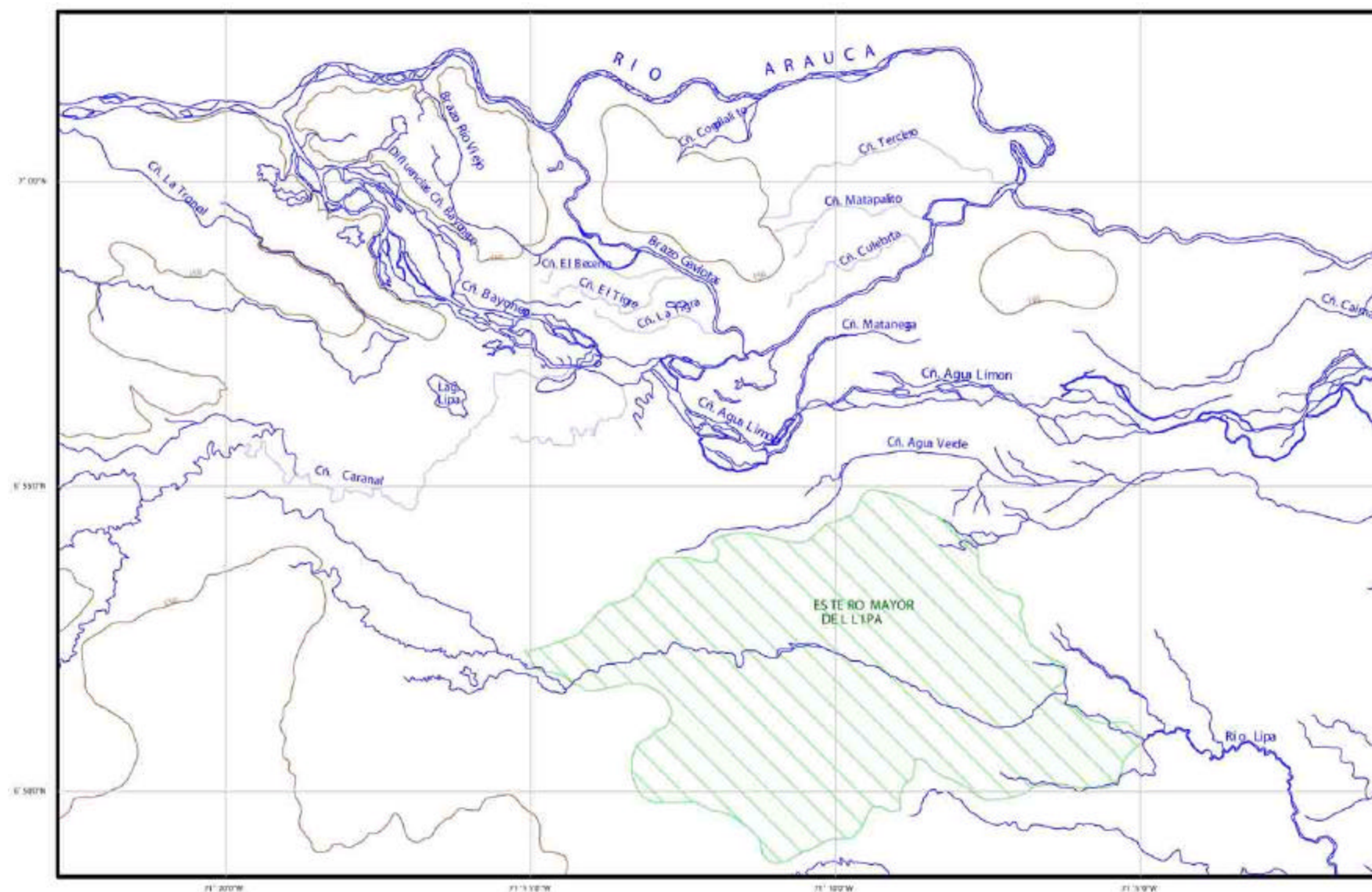


Figura 4.10. Mapa-esquema del río Arauca y sus afluentes en el área Caño Limón-estero de Lipa en 1962
(basado en fotografías aéreas del IGAC y cartografía digital DANE)



- Drenaje
- Drenaje temporal
- Depresión (Ester o Lipa)
- Curva de nivel

- El caño Agua Limón, o caño Limón, comienza a definir un solo curso aunque persistía la divagación en dos o tres brazos menores y la formación de islas. El caño Matanegra es un difluente del caño Limón, define su curso y retoma este caño aguas abajo.
- El río Arauca aparece muy disminuido, hecho reflejado en su lecho angosto y en las numerosas islas, lo que indica un bajo caudal.
- El brazo Río Viejo, que desde 1947 permanecía invariable, para esta época es un curso de agua inactivo.
- Los caños el Tigre, la Tigra, Tercero, Matapalito y Culebrita aparecen como temporales.
- El estero Mayor de Lipa y río Lipa muestran la misma configuración.
- Los límites de la laguna Lipa permanecen similares a los años anteriores.
- Se forma el caño Lipa como difluencia del caño Limón.
- Es de resaltar que las fotografías de la época muestran canales construidos para comunicar el caño Lipa con el río Lipa.

4.3.3.5 Año 1985

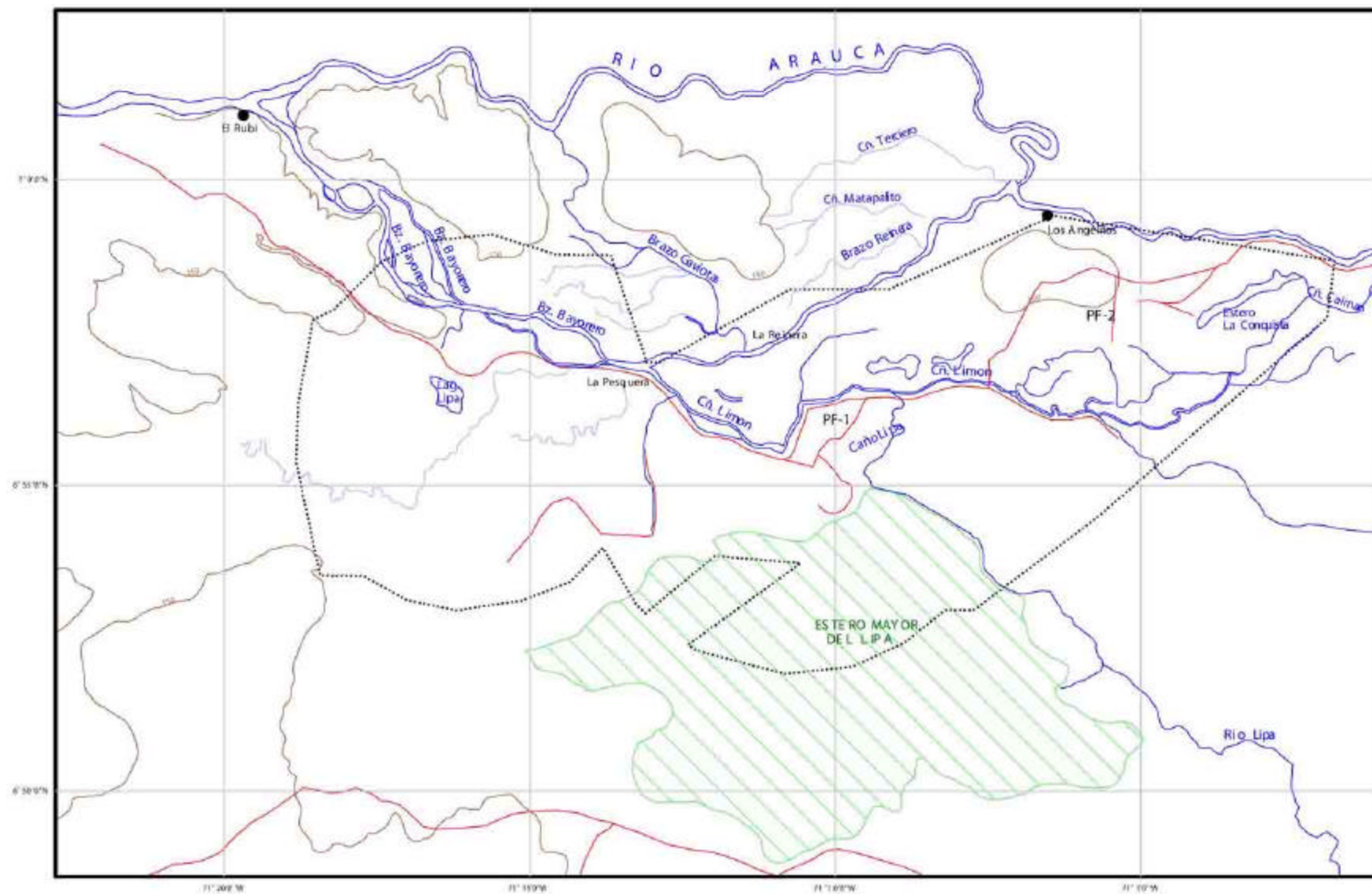
Esta década está representada por un registro fotográfico de 1985 y se resaltan a continuación las siguientes características (**figura 4.12**):

- El brazo Bayonero en su primer tramo concentra el flujo en dos brazos. Su cauce está totalmente definido. Desaparecen islas como consecuencia de la disminución de brazos.
- El río Arauca se encuentra muy colmatado y la gran parte del caudal fluía por el brazo Bayonero.
- El número de brazos del caño Limón se reduce a uno principal y, localmente, en unos brazos angostos y cortos.
- El Matanegra ha perdido su caudal y tan sólo posee un tramo corto de su curso.
- Los caños el Tigre, la Tigra, Tercero, Matapalito y Culebrita aparecen como temporales.
- El estero Lipa muestra una configuración similar a la de años anteriores.
- Para esta década son notorios los efectos de la colonización de años anteriores, la construcción de vías e infraestructura petrolera (PF1 y PF2). Sin embargo, estos aspectos no parecen ofrecer en el nivel regional mayor grado de alteración al régimen hídrico de la zona estudiada, ya que el cambio de curso del río Arauca desde 1957 es el elemento determinante en la configuración y el comportamiento hidrogeomorfológico.

4.3.3.6 Año 1994 – 1997

En esta fecha de registro fotográfico se destacan las siguientes características (**figuras 4.13, 4.14 y 4.15**):

- El brazo Bayonero comienza a disminuir debido al cierre en su difluencia del río Arauca. Para este año, el brazo Bayonero en su primer tramo concentra su poco caudal en un solo cauce. El resto es estable.



Mapa 4.12. Mapa-esquema del río Arauca y sus afluentes en el área Caño Limón-estero Lipa en 1985.
(basado en fotografías aéreas del IGAC y cartografía digital DANE)



- Límite del Contrato Asociación Cravo Norte
- Drenaje
- Drenaje temporal
- Depresión (Estero Lipa)
- Curva de nivel
- Carretera

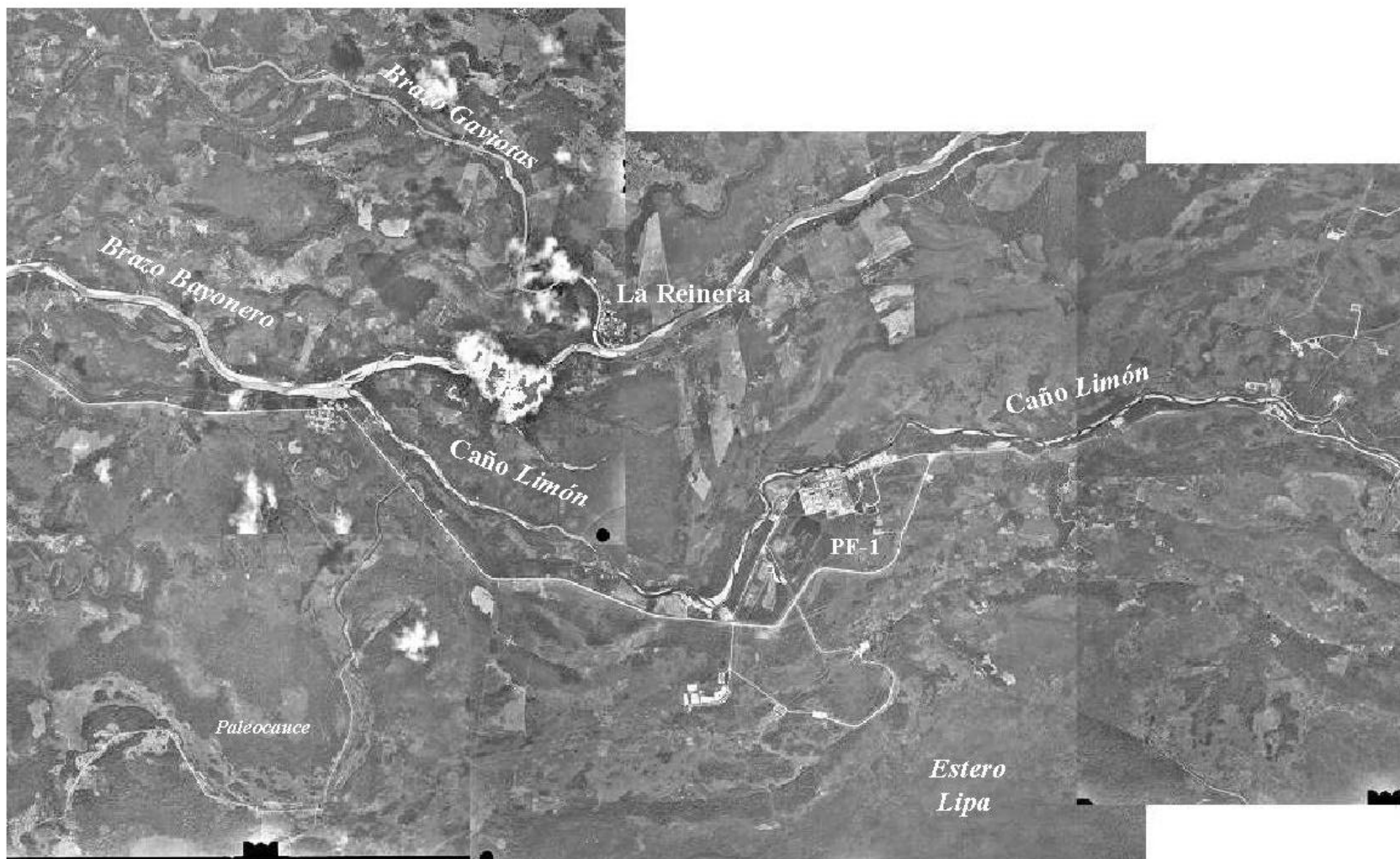


Figura 4.13. Red de drenaje del río Arauca en 1994 (detalle). Se observan la afluencia del brazo Bayonero al brazo Gaviotas y al caño Limón, la infraestructura petrolera de PF1, los caseríos la Reinería y la Pesquera y, en el borde inferior izquierdo, la zona norte del estero de Lipa (mosaico no controlado elaborado con base en fotografías aéreas IGAC).

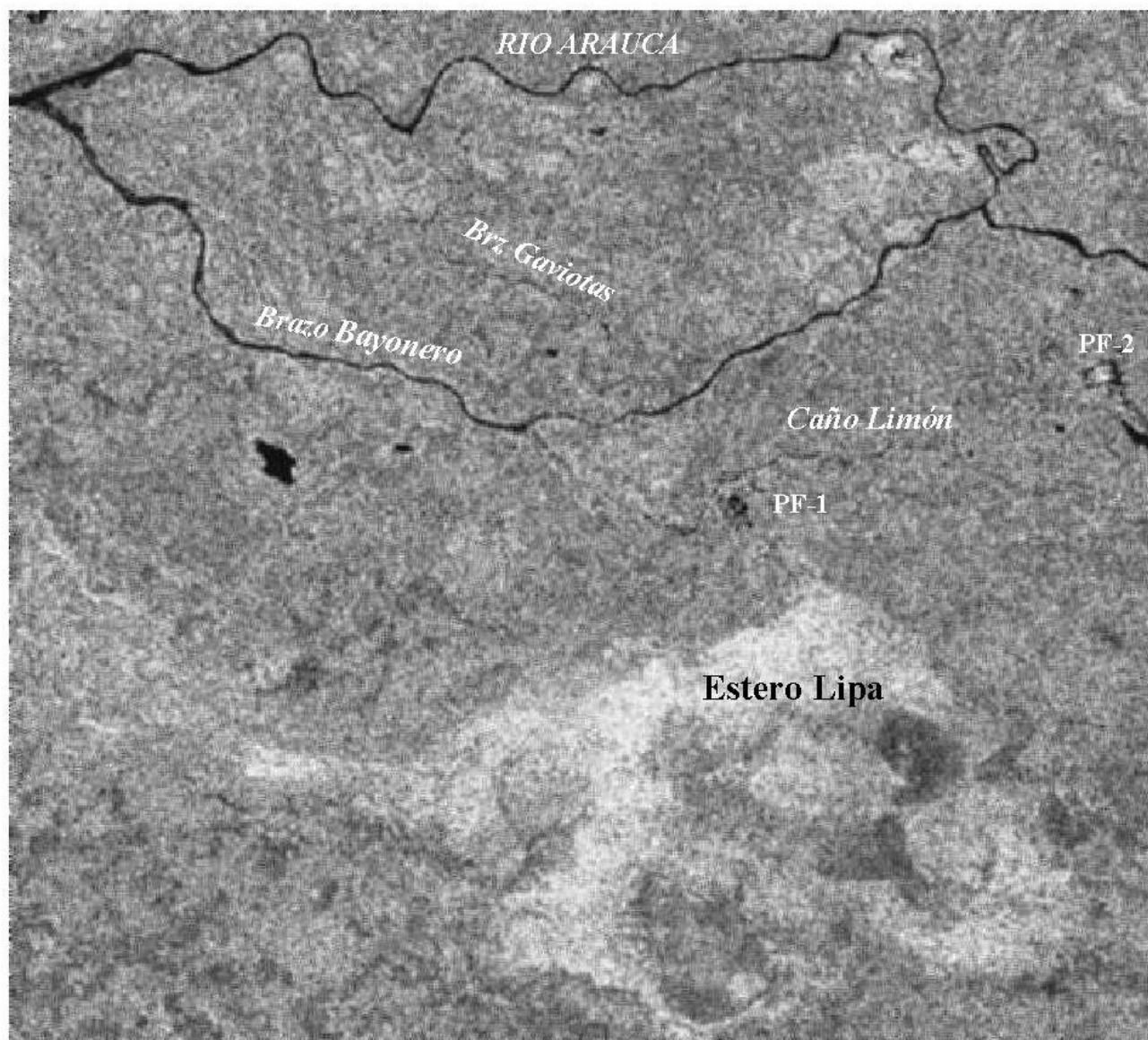


Figura 4.14. Area Caño Limón-estero de Lipa (departamento de Arauca) en 1997. Se observan las instalaciones petroleras de PF1 y PF2 y el estero de Lipa (zona blanca) en la parte inferior (imagen Radarsat).

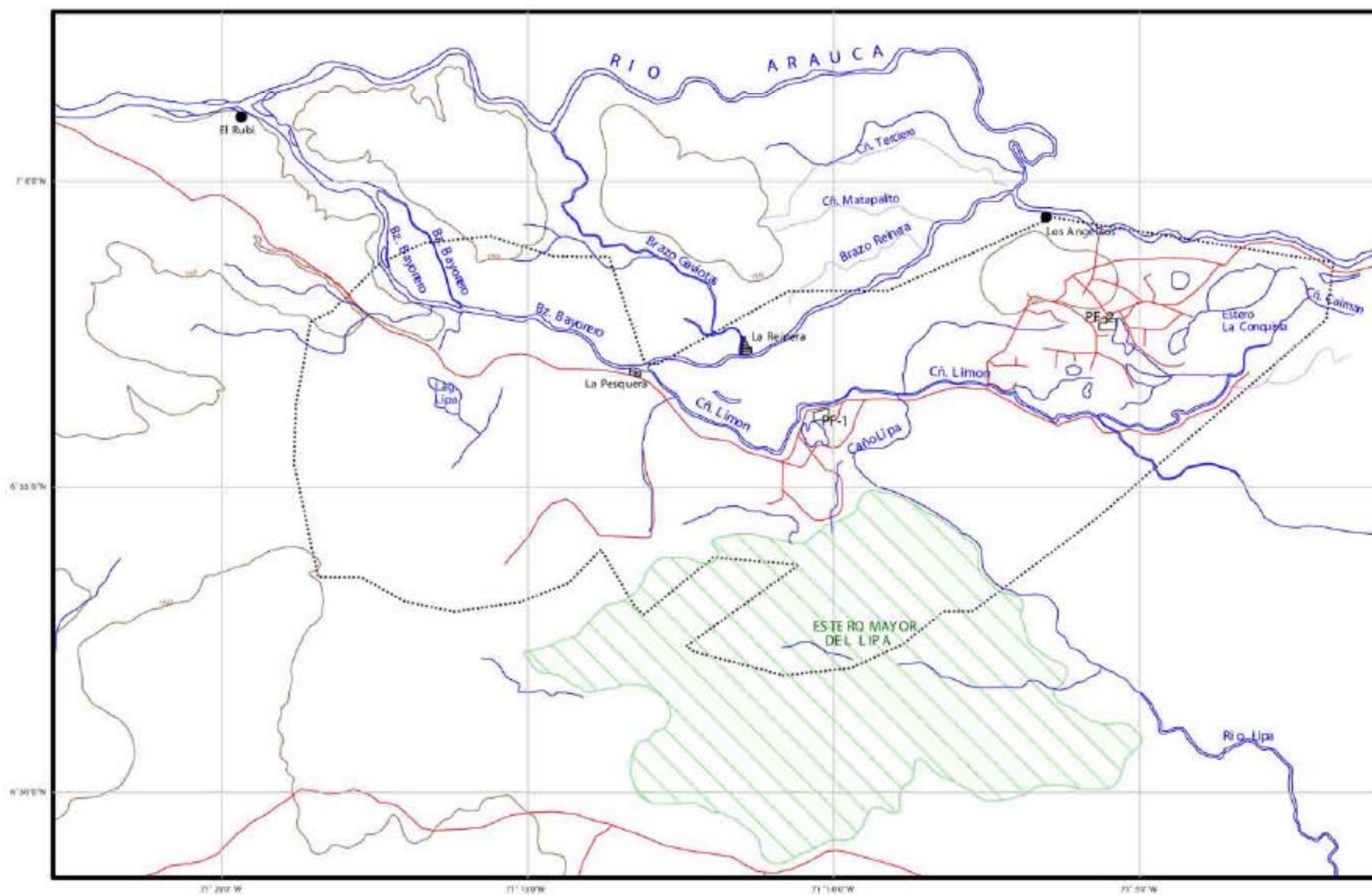


Figura 4.15. Mapa-esquema del río Arauca y sus afluentes en el área Caño Limón-estero Lipa en 17 (basado en fotografías aéreas del IGAC y cartografía digital DANE)



- Límite del Contrato Asociación Cravo Norte
- Drenaje
- Drenaje temporal
- Depresión (Estero Lipa)
- Curva de nivel
- Carretera

- El cierre del brazo Bayonero desde finales de la década de los ochenta es el segundo evento de alteración del comportamiento hidrodinámico de mayor importancia en los últimos años: recuérdese, como se mencionó arriba, que el primer evento fue la formación del brazo Bayonero en 1957.
- El caño Limón permanece estable en un solo cauce a partir de las instalaciones petroleras (PF1) y reparte luego su caudal utilizando los cauces de los caños la Becerra y Caimán.
- El caño Matanegra prácticamente ha desaparecido.
- El brazo Gaviotas aparece recuperado, gracias al aumento de caudal del río Arauca por las obras de control.
- El tramo desde la confluencia de los brazos Gaviotas y Bayonero—ahora llamado Reinera—permanece estable.
- El área petrolera denominada PF2 se encuentra ya muy desarrollada con numerosas vías que atraviesan caños y paleocauces.

4.3.4 Principales cambios hidrogeomorfológicos

Con base en el análisis geomorfológico multitemporal expuesto en la sección anterior, en los registros históricos documentales y en los informes técnicos de referencia, se pueden establecer tres cambios hidrogeomorfológicos importantes para la región: la formación y obstrucción del brazo Bayonero, la unión del caño Limón y el río Lipa mediante el caño Lipa y el retroceso del salto de Lipa.

4.3.4.1 Formación y obstrucción del brazo Bayonero

El brazo Bayonero actualmente es considerado como un brazo efluente del río Arauca. Su origen se ha relacionado con la apertura artificial en la década de los cincuenta (1957) de un canal para riego sobre una zona estratégica hidráulicamente, ya que en ese sitio el río Arauca presionaba con sus aguas formando una curvatura. Posteriormente, el desvío incontrolado de las aguas del río Arauca sobre este canal produjo una red de cauces paralelos y trenzados en dirección sureste y dispuestos sobre una zona abombada de unos 5 km de longitud y 2 km de amplitud máxima. Esta red de múltiples cauces convergió durante la década de los sesenta en dos cauces paralelos hacia la zona de la Pesquera, en donde se originaron dos cauces principales. Uno con dirección sureste que dio origen al caño Limón y el otro con dirección este que se une con el brazo Gaviotas a unos 2 km de distancia.

Por la ubicación estratégica de la afluencia del brazo Bayonero sobre el río Arauca, en la década de los ochenta este brazo capturó más del 50% del caudal del río Arauca, que fluyó consecuentemente por el caño Limón. Este cambio hidráulico y hidromorfológico produjo efectos socioeconómicos y políticos en los habitantes de la región y del vecino país, Venezuela.

Por acuerdos bilaterales entre Colombia y Venezuela, en esta misma década se construyó un espolón que obstruye parcialmente la entrada de aguas del río Arauca al caño Bayonero disminuyendo notablemente su caudal.

4.3.4.2 Unión caño Limón—río Lipa a través del caño Lipa

El caño Lipa es considerado actualmente como un difluente del caño Limón en su margen derecha. Se localiza al este de las instalaciones petroleras PF1 (2.5 km).

El origen del caño Lipa ha sido relacionado con procesos antrópicos y naturales de finales de la década de los setenta con el propósito de comunicar el río Lipa con el caño Limón y completar así un sistema navegable Arauca–Bayonero–Agua Limón–Lipa–Ele–Cravo Norte–Casanare–Meta (**figura 4.16**).

Los procesos antrópicos son similares a los del brazo Bayonero, aunque de menor magnitud. De acuerdo a los documentos históricos e informes de referencia, el caño Lipa se originó con la ruptura de un dique natural entre el caño Limón y un antiguo paleocauce o caño que fue adaptándose naturalmente, recogiendo las aguas del caño Limón hasta unirse con el río Lipa.

La comunicación fue exitosa en aguas medias y altas (entre mayo y noviembre) hasta mediados de la década de los ochenta cuando, por causa de la colmatación por sedimentos provenientes del caño Limón, se dificultó la navegación.

En 1985 un estudio técnico recomendó la construcción de una estructura de contención en la difluencia del caño Lipa con el objeto de restablecer el flujo y la navegación y regular caudales de exceso del caño Limón. Esto último fue recomendado debido a que se identificó el riesgo de que el caño desviara sus aguas por el caño Lipa (fenómeno de captura) a causa del nivel inferior del río Lipa y, en particular, por el avance aguas arriba del salto Lipa. La estructura fue diseñada y construida para controlar el caudal, facilitar la navegación y evitar ese riesgo. Sin embargo, la inundación de 1986 logró acumular suficiente cantidad de sedimentos sobre el cauce hasta colmatarse. Este proceso fue contrarrestado con excavaciones en su lecho que resultaron infructuosas.

En la actualidad, el caño Lipa se encuentra colmatado, los sedimentos cubren la estructura de entrada y se observa a simple vista una vegetación arbustiva.

4.3.6 Retroceso del salto de Lipa

El salto de Lipa es un raudal que se presenta en el cauce del río Lipa. Se trata de una caída que ha variado entre 5 m y 8 m.

Con base en el análisis multitemporal de la evolución del salto en un lapso en un periodo de 15 años (**figura 4.17**), se puede establecer que entre septiembre de 1984 y enero de 1994 (9 años, 4 meses) el retroceso del salto fue aproximadamente de 1.5 km, y entre enero de 1994 y mayo de 2000 (6 años, 4 meses) avanzó 1.5 km, lo que indica que se ha incrementado notablemente la velocidad del proceso, pudiéndose estimar una tasa de erosión remontante de 192 m/año.

El aporte de agua al río Lipa proviene básicamente del estero Lipa. Esto se demuestra observando el color de las aguas del río antes del salto, que son de color oscuro, indicando que son aguas con componente orgánico que sólo pueden provenir de un ambiente de estero. Después del salto, las aguas son amarillas por el sedimento originado en él.

De acuerdo a la expresión morfológica y los estudios geológicos de base, se considera que el origen del salto de Lipa se relaciona con procesos naturales de erosión hídrica remontante de sedimentos inconsolidados de baja compactación localizados bajo el lecho del río. Igualmente, se considera que este proceso de erosión hídrica remontante se incrementó con el aumento del caudal del río Lipa ocasionado por la unión del caño Limón y el río Lipa hacia finales de la década de los setenta.

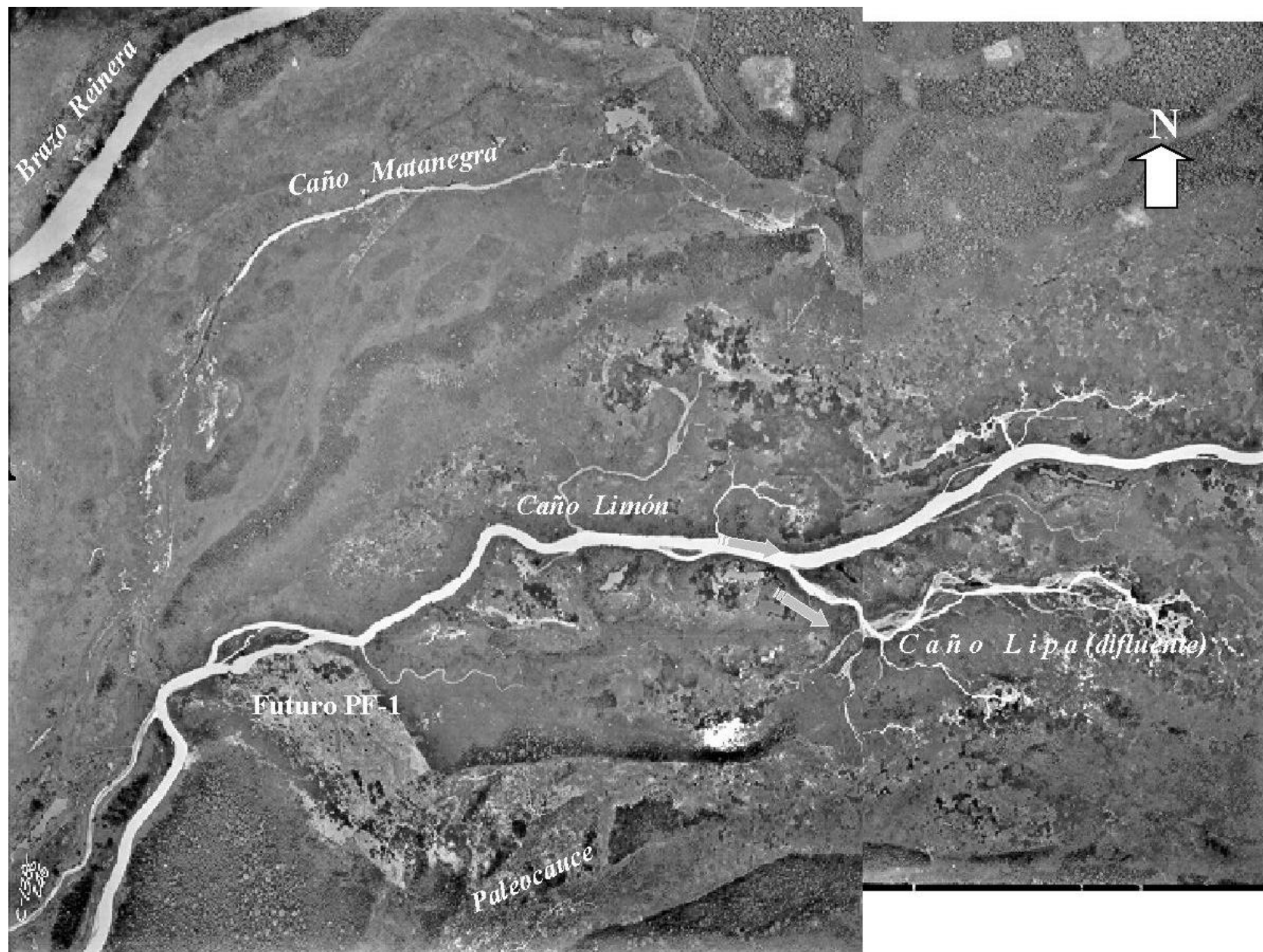


Figura 4.16. Red de drenaje del caño Limón, en el departamento de Arauca, en 1971 (detalle). Se observa la formación del caño Lipa como difluencia del caño Limón (mosaico no controlado basado en fotografías aéreas del IGAC).

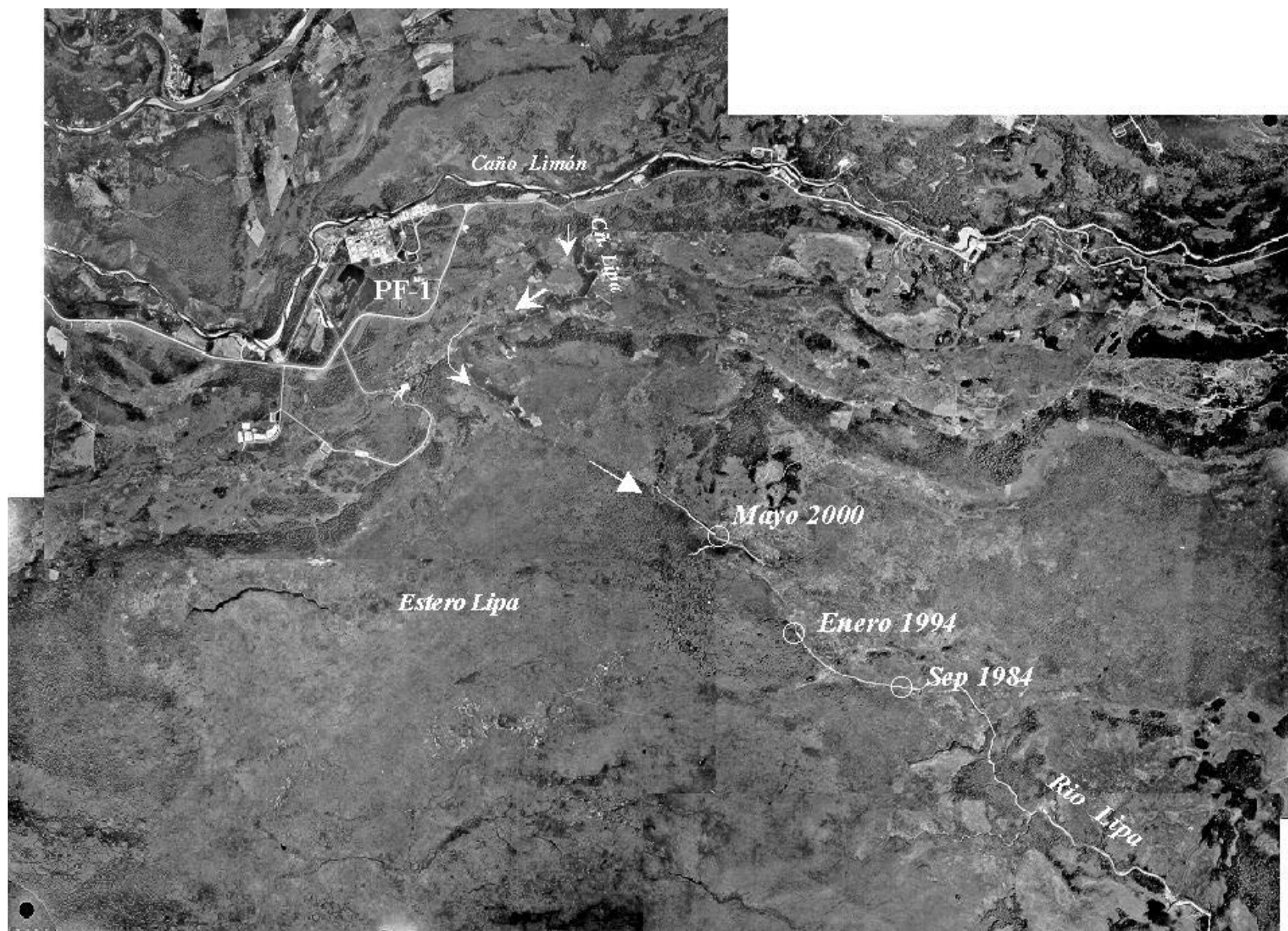


Figura 4.17. Area Caño Limón–estero de Lipa (departamento de Arauca) en 1994. Esquema del retroceso del salto Lipa con su localización en tres épocas diferentes. Las flechas blancas indican el curso del agua del caño Lipa (mosaico no controlado basado en fotografías aéreas del IGAC).

4.3.7 Conclusiones

Desde un punto de vista geomorfológico, la región de Caño limón–estero de Lipa se presenta sobre una llanura de inundación, con una dinámica fluvial, lacustre y fluviolacustre muy activa y sensible ante cualquier cambio morfológico que se produzca, ya sea de origen natural y/o antrópico.

Sobre esta región se han presentado tres cambios hidrogeomorfológicos importantes por la combinación de procesos antrópicos y naturales: la formación y obstrucción del brazo Bayonero; la unión del caño Limón con el río Lipa por medio del caño Lipa y el retroceso de 3 km del salto de Lipa en un periodo de 15 años, con una tasa actual de erosión remontante estimada en 192 m/año. Aunque persisten actualmente algunos de sus efectos, estos cambios no se relacionan directamente con la actividad petrolera del campo Caño Limón, ya que fueron realizados con anterioridad a su operatividad.

No obstante, se estima que la actividad petrolera ha tenido efectos menores sobre el sistema con relación a los otros cambios señalados anteriormente. Estos cambios se enmarcan dentro de lo estimado como impacto efecto aceptable de la actividad petrolera, sin embargo, se estima prudente aumentar los esfuerzos de monitoreo y realizar estudios con mayor detalle en previsión de efectos colaterales en el largo plazo, a fin de conocer el sistema hidrogeomorfológico en su conjunto y de esta manera tomar correctivos oportunos.

Sobre la región Caño Limón–estero de Lipa se estableció el sistema de esteros de Lipa como unidad geomorfológica y ecosistémica, conformado por un estero mayor de 113 km² y un sistema menor de esteros 318 km². Con base en un análisis multitemporal por un periodo de 50 años, se determinó que los límites o contornos del estero mayor de Lipa no han sufrido cambios notables, mientras que el sistema de esteros menores presenta variaciones en el tiempo y el espacio, pero con un equilibrio dinámico; bien vale la pena hacerles un seguimiento en el futuro para asegurar la mitigación de los efectos indirectos controlables no deseables de la actividad antrópica y, en especial, de las vías de la región y las infraestructuras petroleras. Igualmente, es importante estudiar y tomar los correctivos necesarios en cuanto al retroceso del salto de Lipa, en especial, por sus repercusiones eventuales sobre el conjunto del estero de Lipa.

Fotos



Foto 4.1 Vista aérea del río Lipa, departamento de Arauca (2000)



Foto 4.2 Vista parcial del estero de Lipa (2000)



Foto 4.3 Estero de Lipa (al fondo) y el caserío Panamá (derecha) en el área Caño Limón–estero de Lipa (Arauca)

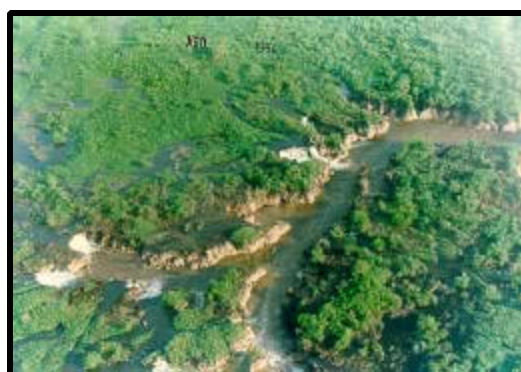


Foto 4.4 Panorámica del río Lipa y afluente en 1994 (foto: Occidental de Colombia)



Foto 4.5 Salto de Lipa en 1994 (foto: Occidental de Colombia)



Foto 4.6 Salto de Lipa en 1994 (foto: Occidental de Colombia)

HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

5.1 CARACTERIZACIÓN HIDROGRÁFICA E HIDROLOGÍA

El propósito de realizar un análisis hidrológico e hidrográfico del área de explotación petrolera de Caño Limón y de su zona de influencia es la de mostrar cuáles han sido las posibles alteraciones presentadas a través del tiempo en la red hidrográfica natural y en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, así como sus efectos posibles dentro del ecosistema.

5.1.1 Hidrografía

5.1.1.1 Sistema hidrográfico del Lipa

El sistema se encuentra ubicado en el departamento de Arauca al sur del cauce internacional del río Arauca. El principal accidente dentro de este sistema es el estero o ciénaga de Lipa, que recibe y almacena las aguas provenientes de la Sierra Nevada del Cocuy, encausadas a través del río Cusay y de los caños Danta y Totumo. La conexión entre los esteros del Caranal o de la Pica, ubicada al noroeste del departamento, con el estero del Lipa se hace principalmente en las épocas de lluvia a través de un área de flujo cuando las aguas desbordan la cota de la divisoria natural entre los dos bajos (ver arriba **figura 2**).

Adicionalmente, estos canales pueden estar sometidos a taponamientos por acumulación de sedimentos aportados por las crecientes del río Arauca y por la erosión propia de los caños en épocas de máximas lluvias, así como por desperdicios eventuales originados por la construcción de carreteras, terraplenes y movimientos de tierra para otros fines. Estos obstáculos conllevan a que el flujo libre pueda ser obstruido y a que, por su poca pendiente –menos del 0.5%– contribuyan al encharcamientos en el área.

El estero Lipa tiene una base permanente de tipo léntico, pero está sujeto a variaciones de nivel por los cambios climáticos y del sistema hídrico que se presentan anualmente en la zona. El drenaje de este cuerpo de agua, generalmente cubierto por vegetación flotante, se hace a través del río Lipa, al cual le da origen el estero Lipa. Esta corriente conecta, aguas abajo, con el río Ele, que a su vez fluye al río Cravo Norte; éste va al Casanare, para finalmente confluir al río Meta.

Aunque los dos sistemas hídricos, caño Limón y Lipa, tienen regímenes diferentes, existe una comunicación entre ellos por el caño Caranal, que confluye al brazo Bayonero aguas arriba de la población la Pesquera (**figura 1**).

5.1.1.2 Sistema hidrográfico río Arauca

La condición actual de la cuenca del río Arauca es de régimen torrencial con altísima pendiente en sus cabeceras; con rendimientos altos, mayores de 100 L/s.km² (río Cobugón–paso de la Canoa) y con una gran cantidad de sedimentos que el flujo de agua arrastra a lo largo de su cauce, los cuales se depositan al llegar al piedemonte, como consecuencia de la pérdida de velocidad de la corriente al llegar a la sabana.

Con el cambio brusco de la pendiente, por las variaciones fisiográficas en el piedemonte, el caudal del río se evacua por diversos brazos de conformación trenzada en dirección oeste–este y con cierta inclinación hacia el lado colombiano. En los primeros 50 km dentro de la sabana, se acumula más del 70 % de las 10.000 toneladas de sedimentos que el río transporta de la cordillera por día. Más adelante el lecho se estrecha, siendo insuficiente para evacuar los caudales de las crecientes extraordinarias y permitiendo el rebose sobre las orillas, en especial, sobre la margen colombiana. En estas circunstancias, las depresiones existentes en la sabana Araucana reciben grandes excedentes de volúmenes de agua con una carga igualmente importante de sedimentos, adicionando a éstos las altas y continuas precipitaciones locales que pueden, incluso, sobrepasar los aportes del río.

Las planicies que reciben los aportes de sedimentos proporcionados por el río en sus desbordamientos anuales conforman áreas de gran fertilidad, muy propicias para la agricultura, en las que, con el aporte del agua del mismo río, se obtienen buenos rendimientos agrícolas.

5.1.1.3 Sistema Caño Limón

El sistema caño Limón es aún más complejo que el correspondiente al Lipa. Se puede decir con precisión que aunque no se remonta a la edad del río Arauca, una vez hecha su aparición en 1957 conjuntamente con la difluencia del brazo Bayonero en el río Arauca, su régimen hidrológico sí depende del que se produce en la cuenca alta del río Arauca.

El brazo Bayonero que apareció con posterioridad al tratado de límites entre las repúblicas de Venezuela y de Colombia de diciembre de 1928, ha sido de mucha controversia, en especial, por la petición de Venezuela para restaurar el canal del río en este sector de acuerdo con la interpretación de dichos tratados. Los dragados que realizó Venezuela durante la década del setenta y así como la construcción del espolón indujeron la sedimentación en este sitio, consiguiéndose que parte del flujo del río Arauca no continuara por el brazo Bayonero. De esta forma, el caudal que fluye en la actualidad, como consecuencia de esta obra, es mínimo en el verano, llegando a secarse el brazo por completo.

El orden hidrográfico de caño Limón y las difluencias que de él se derivan es como sigue: el río Arauca está conformado por los ríos Margua y Cobugón, sitio a partir del cual el río Arauca forma límite internacional con la república de Venezuela. Aproximadamente a 12 km de la población de Araucita se presenta, sobre el costado derecho, la difluencia del brazo Bayonero que, a partir de 1957, sale del caudal del río Arauca y comienza fluir por diversos cauces sin definición precisa. En el sitio de la Pesquera se bifurca en dos brazos: uno que va a unirse con el brazo Gaviotas y retorna de nuevo al Arauca y el otro, al que se le atribuye al origen del caño Limón (**figura 1**).

El caño Limón, a partir del sitio la Pesquera, ha conformado un cauce estable que atraviesa los dos campos de la concesión Caño Limón. Dentro de esta área se caracteriza por la existencia de dos caños de importancia, como son el Matanegra y el caño Lipa. El primero, de formación natural y utilizado para los procesos de recuperación de las aguas de producción de Campo PF2; y el caño Lipa que fue aprovechado por los habitantes de la región para comunicar los dos sistemas hidrográficos –caños Limón y Lipa- y se volvió navegable por pequeñas embarcaciones.

El otro sistema de depresión que se encuentra en la zona es el que corresponde a caño Verde, con una dirección inicial oeste–este, pero luego interceptado e interrumpido por la habilitación del caño Lipa que lo dividió en dos: caño Aguaverde–oeste, que vierte sus aguas

directamente al estero Lipa, y caño Aguaverde–este, el que con el tiempo entrará a formar parte de los paleocauces por su carencia de flujo y su proceso progresivo de sedimentación. Entre los caños Aguaverde-oeste y Lipa se encuentra el desagüe de los caudales de producción de PF1, cuantificados en 460 litros por segundo ($0.46 \text{ m}^3/\text{s}$) y que también van directamente al estero Lipa (**figura 1**).

El caño Limón, antes de hacer parte del río Cinaruco en la frontera con el país vecino de Venezuela, cuenta con una red secundaria de caños, como el Final y el Otilia que en la actualidad están en proceso de sedimentación total.

5.1.2 Hidrología

En la época de condiciones medias de precipitación o de transición entre la temporada seca y la lluviosa, el caudal que capta el brazo Bayonero alcanza, en promedio, a 5% del aporte del río Arauca y en la temporada lluviosa, a 15%. En la **tabla 5.1** se muestran algunas mediciones realizadas tanto en el río Arauca internacional (estación hidrológica Alcaraván, aguas arriba del brazo Bayonero) como en el propio brazo Bayonero (estación hidrológica El Guamo–la Pesquera). En esta circunstancia se ha originado en el caño Limón –cuyo aporte principal proviene del brazo Bayonero y del río Cusay (Caranal)– una disminución sustancial de su caudal, secándose con mucha frecuencia en las épocas de verano.

CORRIENTE	SITIO	FECHA	CAUDAL m^3/s	%	Rendimiento l/s.km^2	TRANSPORTE SEDIMENTOS Ton/día
Marua	Peña de los Micos	07/11/1997	90		35	1400
Cobucón	Paso de la Canoa	08/11/1997	195		128	9950
Arauca	Arriba Bz. Bayonero	07/11/1997	280			3500
		27/11/1997	156			
Brazo Bayonero	El Guamo	09/11/1997	34	12		350
	(La Pesquera)	26/11/1997	8	5		70
Brazo Gaviotas	La Esperanza	09/11/1997	75	30		
		28/11/1997	45	30		

Tabla 5.1. Estadísticas hidrológicas de la cuenca alta del río Arauca, brazo Bayonero (Arauca)

Una segunda difluencia del río Arauca es el brazo Río Viejo (Gaviotas) que, en la actualidad, en la temporada media lleva alrededor de 30% del caudal del río Arauca, aporte que nuevamente retorna al cauce internacional por el brazo Reinera, muy cerca al sitio denominado los Angelitos.

Las cargas sólidas que transporta el río a la altura de la difluencia del brazo Bayonero pueden llegar, en condiciones climáticas medias a altas, a 3500 toneladas por día, de las cuales se deriva aproximadamente un 10% por el brazo Bayonero (350 toneladas), como lo muestra la **tabla 5.1**. En condiciones más extremas del periodo invernal, el río Arauca puede transportar volúmenes por encima de 5000 toneladas por día. Esto da una idea de los sedimentos que al desbordarse el río pueden llegar a las concavidades naturales de la sabana Araucana y de los que pueden quedarse sobre la superficie plana en su recorrido hacia dichas depresiones.

En la visita realizada a la zona en mayo del presente año, se apreciaron las condiciones de los caños que se encuentran dentro del campo de asociación Cravo Norte y hacen parte de los sistemas hidrográficos del Lipa y caño Limón. En la **tabla 5.2** y la **figura 5.1** aparecen los sitios visitados y georreferenciados.

NUMERAL	SITIO	LATITUD	LONGITUD
1	Centro social	6-56-08.5	71-10-27.5
2	Caño Aguaverde (entrada al campo PF1)	6-54-41.4	71-11-30.7
3	Terraplen de acceso al pozo Playitas	6-54-49.0	71-10-15.8
4	Sitio de salida de agua térmica a la piscina de oxidación N° 3	6-56-06.0	71-09-56.6
5	Punto 5, salida de la piscina de oxidación al estero Aguaverde	6-55-42.6	71-10-05.2
6	Sitio de salida del estero Agua-Verde al estero Lipa	6-54-50.2	71-09-55.9
7	Caño Limón, aguas abajo de la difluencia del caño Lipa	6-56-23.4	71-08-52.8
8	Caño Limón, puente Inocencio Chincá	6-56-36.3	71-07-28.1
9	Caño Matanegra, trayecto puente II. Chincá - relleno sanitario	6-57-34.4	71-06-58.7
10	Relleno sanitario	6-58-11.2	71-06-43.7
11	Laguna la Draga- punto 6	6-56-45.5	71-04-29.9
12	Caño Matanegra puente-carretera cerca al pozo 17	6-57-24.0	71-05-44.2
13	Sitio de embarque en la laguna la Conquista	6-58-33.0	71-03-43.2
14	Puente-carretera a Arauca	6-58-06.9	71-04-05.6
15	Puente-carretera a Arauca	6-57-56.4-	71-04-23.5

Fuente: IDEAM

Tabla 5.2. Puntos de observación de la red de drenaje. Campo Caño Limón (Arauca). Mayo 2000

5.1.2.1 Caño Lipa

Como se describió arriba, el caño Lipa es una difluencia del caño Limón originada sobre el costado derecho a la altura del sitio georreferenciado con coordenadas 6° 56' 23.5"– 71° 08' 56.7", y se dirige hacia el sur atravesando la depresión Aguaverde hasta comunicarse con la laguna de Lipa (estero de Lipa).

A la altura del puente carretera nacional Araucita–Arauca, con una luz de 30.45 m y un ancho de 7.50 m, y siguiendo por el caño hasta aproximadamente 100 m abajo del vivero de la Occidental, se encontró que el caño ha venido en un proceso de sedimentación natural progresiva logrando subir el lecho del cauce algo más de 2 m sobre el 'umbral de fondo'. Construcción ésta realizada por la Occidental a 40 m de la difluencia del caño Lipa para controlar el caudal y evitar la captura total de las aguas del caño Limón. La sedimentación del caño ha propiciado la ausencia de la navegación y en la actualidad solamente los excedentes de los caudales máximos del caño Limón podrían fluir por el caño Lipa.

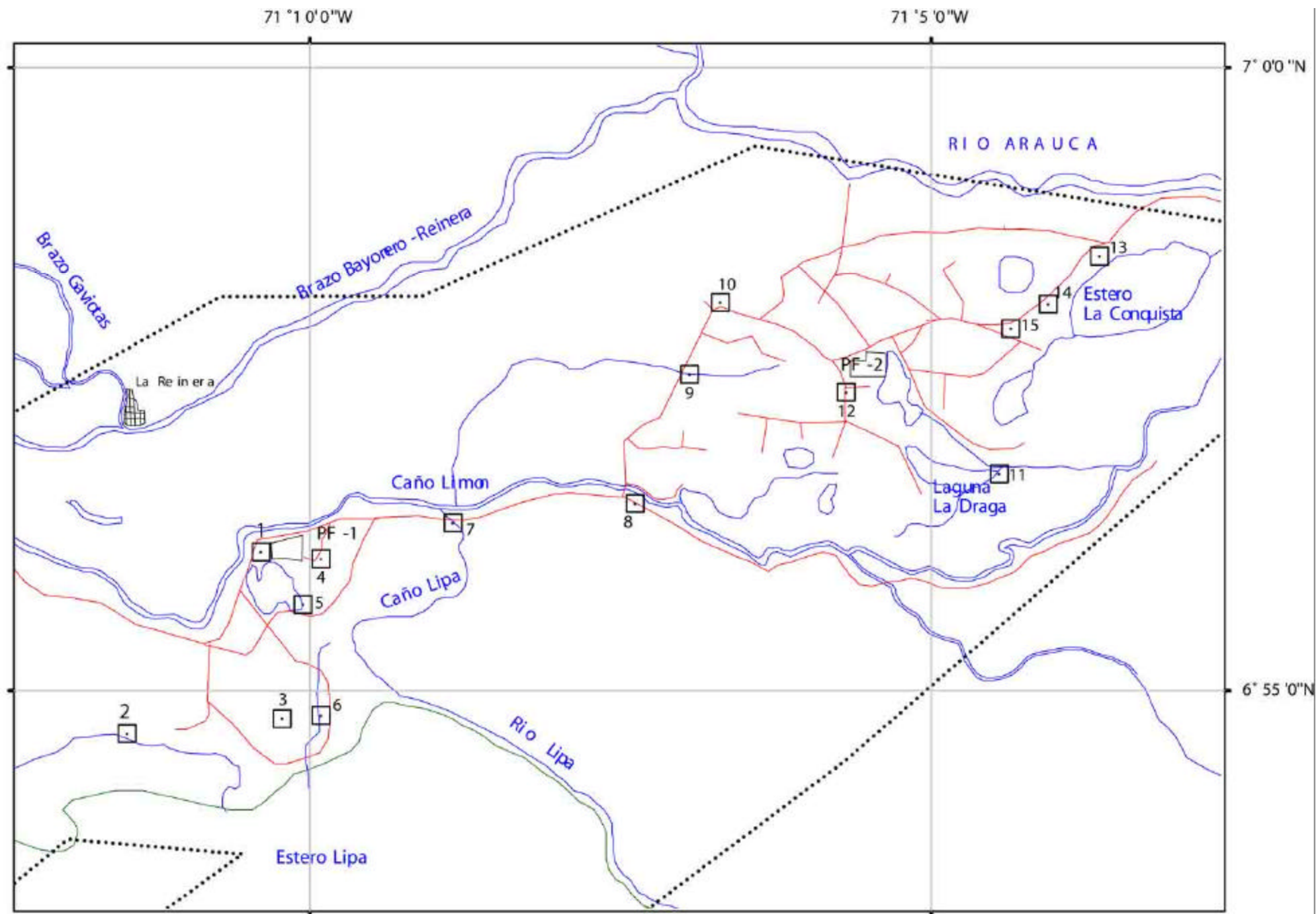


Figura 5.1. Sitios de observación de la red de drenaje en el campo Caño Limón, departamento de Arauca. Mayo de 2000

- Límite del contrato Asocrión Cravo Norte
- Carretera
- Río/Caño

2 0 2 Kilómetros

□ Punto de observación

5.1.2.2 Caño Matanegra

El caño Matanegra es una difluencia del caño Limón que se abre a la altura de las instalaciones del campo PF1 y atraviesa el campo PF2 paralelo al río Arauca para conectarse con la laguna la Draga, utilizada como laguna de oxidación en el proceso de tratamiento del agua antes de vertirse al cuerpo receptor (laguna la Conquista).

Se visitó el caño en el puente carretera que conduce del campo PF1 al campo PF2 (coordenadas 6° 56' 23.4"–71° 08' 52.8") y el sitio aguas arriba de la entrega de las aguas en la laguna la Draga (6° 57' 24.0"–71° 05' 44.2"). En estos sitios se observó una constante y progresiva sedimentación natural con recubrimiento de vegetación, especialmente, de pasto chigüiro o gramalote (**foto 5.1**). El agua que se observa en algunos sitios obedece a encharcamientos debidos a precipitaciones caídas en los últimos días y no a la corriente propia del caño.

En el recorrido por la carretera nacional del trayecto entre el puente Inocencio Chincá y el relleno sanitario, se identificaron, además del puente sobre el caño Matanegra, varias alcantarillas sencillas y dobles; unas de ellas cuentan con un tubo de 36" corrugado y otras tantas, con dos tubos de las mismas especificaciones. El puente sobre el caño Matanegra tiene una luz de 11.5 m y un ancho de 7.50 m. En igual forma, todo el sistema de caños de esta zona inundable se encuentra colmatado de sedimentos con vegetación herbácea e hidrófila.

5.1.2.3 Caño Limón

El caño Limón se origina en el brazo Bayonero como una extensión de éste; su caudal depende casi estrictamente de los que se deriven por el Bayonero en su captura del río Arauca. Por esta circunstancia, toda la dinámica fluvial de los caños Limón, Matanegra, Lipa, el Final, etc. depende del régimen hidrológico del río Arauca, en especial, de sus niveles altos.

El caño Limón se observó en tres sitios: a la altura de las instalaciones del campo PF1, en el puente Inocencio Chincá y aguas abajo de la difluencia del caño Lipa. En estos puntos el agua fluye libremente, apreciándose sí una importante concentración de sedimentos producida por acción del arrastre de la corriente.

En el puente Inocencio Chincá sobre el caño Limón, con una luz de más de 50 m y una altura de aproximadamente 15 m (**foto 5.2**), se determinaron las siguientes características hidrológicas aproximadas en el momento de la visita:

Velocidad media: 0.9 m/s

Profundidad media: 0.80 m

Caudal: 35 m³/s

Paralelo al caño Limón, en el tramo entre las instalaciones de campo PF1 y el puente Inocencio Chincá, se observaron tres alcantarillas dobles (tubos de 36"), seis sencillas y el puente sobre el caño Lipa, con una luz de 30 m y un ancho de 7.50 m.

5.1.2.4 Caño Aguaverde

El caño Aguaverde se encuentra dentro de la depresión que lleva su mismo nombre. Se caracteriza principalmente porque su continuidad es interrumpida por el caño Lipa en su

Fotos



Foto 5.1 Caño Matanegra colmatado de sedimentos con recubrimiento de vegetación herbácea



Foto 5.2 Caño Limón - Puente Inocencio Chincá



Foto 5.3 Sitio de entrada al área de jurisdicción del campo petrolero Caño Limón



Foto 5.4 Puente carretera Arauquita – Arauca
Depresión río Arauca –caño Matanegra



Foto 5.5 Sistema de puentes en la carretera Arauquita -Arauca
Depresión río Arauca - caño Matanegra

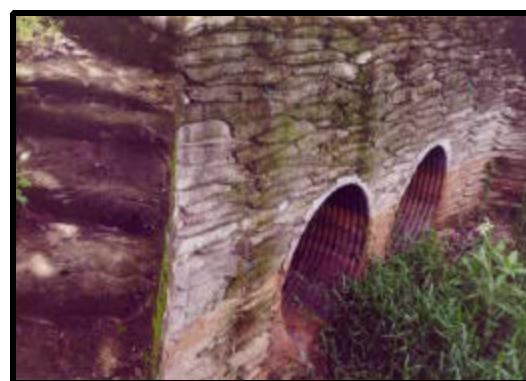


Foto 5.6 Tipo de alcantarilla construida en el sistema de drenaje en la zona inundable de codepresión río Arauca – caño Matanegra

salida al estero de Lipa. De acuerdo con esta división, el sector oeste drena las aguas al estero y el correspondiente al sector este se puede considerar como un paleocauce.

El sector oeste de la depresión inundable de Aguaverde drena hacia el estero de Lipa, y la interconexión de las aguas al lado y lado de la carretera se hace por intermedio de alcantarillas dobles y sencillas con tubos de 36" de diámetro. En este sitio, el más occidental del campo, se observó la entrada del caño Aguaverde al área de jurisdicción del campo petrolero georreferenciado con las coordenadas 6° 54' 41.4"–71°11' 30.7" (**foto 5.3**); adicionalmente, allí se evidenció que la corriente fluye sin interrupción por la tubería de la alcantarilla. Sin embargo, es conveniente se analice el sistema hidráulico de este caño para conocer si este sistema de drenaje es suficiente en épocas invernales con mayor intensidad de precipitación.

Un poco más al este (6°54'49.0"–71°10'15.7") se encuentran restos del terraplén construido por la Occidental para el acceso al pozo Playitas, además de una alcantarilla en el caño Aguaverde; elementos éstos que fueron posteriormente retirados abandonándose el proyecto y dejando nuevamente el cauce libre de obstáculos.

El punto de vertimiento del agua de producción del campo PF1, denominado punto 5, corresponde al sitio de entrada al estero Aguaverde y la comunicación con éste se realiza a través de una alcantarilla triple (tres tubos corrugados de 36") que atraviesa la carretera nacional sin ninguna interrupción.

5.1.2.5 Depresión río Arauca–caño Matanegra

Esta zona se encuentra ubicada entre el río Arauca y el caño Aguanegra, circunscribiendo un área que se inicia en el relleno sanitario y sigue al norte por el terraplén o carreteable que da acceso a los diferentes pozos con nomenclatura CY–N y a la carretera nacional Arauquita–Arauca. Allí se observó un sistema complejo de red hidráulica que permite el drenaje de los caudales de exceso del río Arauca y de los depósitos de agua acumulados por las precipitaciones en épocas de invierno. Para cumplir el propósito de evacuar estas aguas y conducir las en dirección a la laguna la Conquista, se construyó una serie de puentes y alcantarillas sencillas, dobles y triples en los terraplenes de acceso a los pozos y sobre la carretera nacional que permite el flujo libre de las aguas. En el instante de la visita solamente se observaban pequeños encharcamientos como consecuencia de las precipitaciones antecedentes (**foto 5.4**); los demás espacios del terreno se encontraban secos con alguna vegetación, especialmente de pastos.

En general, las características de los puentes y las alcantarillas allí construidos son las siguientes:

Puentes: uno de luz de 17.2 m y ancho de 7.65 m (**foto 5.5**)

seis de luz de 11.6 m y ancho de 7.60 m

Alcantarilla sencilla: un tubo corrugado de 36"

Alcantarilla doble: dos tubos corrugado de 36" (**foto 5.6**)

Alcantarilla triple: tres tubos corrugado de 36"

5.1.2.6 Caño Otilia

El caño Otilia se encuentra ubicado entre los caños Matanegra y Limón en el sentido suroeste, confluyendo en éste último aguas abajo del puente Inocencio Chincá. En el trayecto

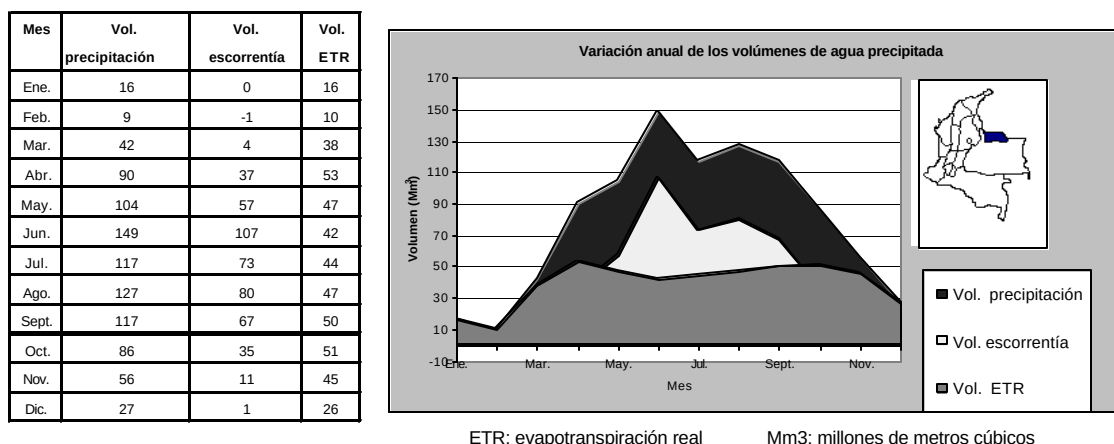
visitado se observó en el caño una abundante sedimentación con vegetación que paulatinamente lo ha cubierto y que, en el corto plazo, lo puede hacer perder dentro de ella, para aparecer el espejo del agua que lo define sólo en épocas de invierno. Para el drenaje hacia al caño Limón aparece construida una alcantarilla en el cruce carretera, pero en el momento de la vista no se apreció ningún tipo de flujo.

5.1.3 Encharcamiento e inundaciones

La problemática de las inundaciones en el departamento del Arauca es tan antigua que la misma historia narra las peripecias y penalidades que los pobladores tuvieron que soportar y han sobrellevado por varias generaciones; ahora, más marcadas por los asentamientos humanos y por el cambio de vocación de la ganadería a la agricultura, aprovechando los campos fértiles que han dejado la acumulación de los materiales sólidos que por muchos años le ha aportado el río Arauca en sus continuos desbordamientos.

Por la formación geológica de la sabana Araucana, algunas de las depresiones que allí existen no permiten que exista un flujo lineal originando inundaciones casi permanentes o, por lo menos, durante cinco o seis meses al año –periodo invernal de la región– y agotándose los volúmenes allí acumulados por evaporación, escorrentía y por la infiltración lenta como consecuencia de las características granulométricas del suelo.

Los principales factores que aportan para que este fenómeno se haga presente son: los desbordamientos del río Arauca en sus grandes crecidas y las intensas precipitaciones de tipo local; la época lluviosa está comprendida entre abril y noviembre y a junio le corresponde ser el mes con mayor intensidad de lluvias (**figura 5.2**).



Fuente: IDEAM

Figura 5.2 Volúmenes mensuales de agua precipitada en las áreas de influencia del estero de Lipa–Caño Limón, departamento de Arauca

Los volúmenes de agua generados por las precipitaciones a partir de marzo sobre el estero de Lipa –113.85 km² de área aproximada y 318.07 km² en su contorno como área de influencia– son los que aparecen en la **figura 5.2**. La condición climática húmeda de la época se inicia en marzo, y es a partir de entonces cuando se comienza a apreciar mayores aportes de agua por precipitación que por escorrentía, teniendo en cuenta que en la salida se conjugan la evapotranspiración del medio, la infiltración y el flujo superficial, en especial

por el río Lipa. De esta forma, a partir de junio y hasta octubre, se aprecian los mayores encharcamientos, por lo que los volúmenes acumulados en el área, durante esta época, podrían ser mayores de 450 millones de metros cúbicos. Éstos se evacúan a partir de octubre, cuando comienzan a disminuir las lluvias y la salida a través del río Lipa puede llegar a 200 m³/s en condiciones climáticas extremas, como las ocurridas en el invierno de 1986.

5.1.4 Conclusiones

Los caños Aguanegra y Lipa, el tramo este del caño Aguaverde, Lotilia y los caños que confluyen a los anteriores han experimentado procesos naturales de sedimentación. Las corrientes al llegar a un cuerpo de agua léntico, como son las lagunas, ciénagas o esteros, reducen considerablemente la velocidad de flujo por su poca pendiente y los sedimentos que van transportados en suspensión se van decantando formando barras, generalmente en la entrada a estos cuerpos de agua, obstruyendo el paso libre del agua. Cuando éste proceso se da reiterativamente llega un momento en que los cauces se colmatan completamente perdiendo capacidad para llevar los caudales suficientes que permitan la navegación.

Las obras de infraestructura que se realizaron en el complejo petrolero en PF1 y PF2 – como terraplenes y carreteras de acceso a los pozos de producción– tienen un sistema de drenaje que permite la comunicación de las aguas entre sí dentro de las depresiones inundables de Aguanegra, Aguaverde y la situada entre el río Arauca y el caño Aguaverde. Esta red de comunicación fluvial se hace a través de puentes, alcantarillas sencillas, dobles y triples. Estas redes, a simple vista, obedecen a un diseño apropiado para la región para facilitar que las aguas sobrantes de las crecientes del río Arauca y las originadas por las lluvias de los periodos invernales fluyan a los cuerpos de agua receptores.

El taponamiento en la entrada del brazo Bayonero, realizado en la década del ochenta, fue ejecutado por el gobierno venezolano, de común acuerdo con el colombiano, para restablecer el cauce internacional. Como consecuencia el régimen hidrológico del sector de caño Limón fue alterado.

La actividad petrolera no ha influido en los cambios significativos del sistema hídrico regional, aunque algunas obras –como vías y terraplenes– han causado localmente afectaciones en el patrón de drenaje y, en consecuencia, en el régimen de flujos de agua y en el transporte de sedimentos; este punto deberá trabajarse con mayor detalle y establecerse un plan de seguimiento sobre el particular.

El muro que se construyó en la entrada del caño Lipa –llamado técnicamente ‘umbral de fondo’– fue diseñado para evitar la erosión debida a las velocidades diferenciales por reorientación de flujos en la entrada y, a su vez, para evitar que los caudales del caño Limón fueran capturados por el caño Lipa, con consecuencias impredecibles para el estero Lipa. Sin embargo, este muro quedó totalmente bajo una capa de sedimentos lo que no le ha permitido cumplir con su propósito. Antes de emprender cualquier trabajo futuro sobre el caño Lipa se deben tener claras las repercusiones sobre el conjunto del sistema de Lipa.

5.2 HIDROGEOLOGÍA

Esta parte del informe se refiere a los aspectos particulares de carácter hidrogeológico reconocidos en el área de influencia directa del campo petrolero Caño Limón por métodos directos e indirectos. Estos aspectos están reportados en informes de la Occidental de Colombia, Ingeominas e informes de seguimiento presentados por la petrolera al Ministerio del Medio Ambiente, de interés para soportar el concepto técnico objeto de este trabajo. La

información se complementa con las observaciones realizadas en el campo como parte de las actividades realizadas para consolidar el marco conceptual sobre el estado (en cantidad y calidad), la distribución y la dinámica del recurso hídrico subterráneo.

El enfoque dado a la temática en particular permite verificar las condiciones hidrodinámicas del flujo subterráneo, determinar los efectos de la explotación petrolera en la alteración tanto en cantidad como en calidad del recurso hídrico subterráneo y sugerir recomendaciones para la sostenibilidad del recurso.

Para este efecto se utilizarán los datos disponibles de la geología, el inventario de puntos de agua, la información proveniente de pruebas de acuífero, los registros geofísicos y los registros de calidad tomados en las instalaciones industriales— *production facilities*, PF—. Valga aclarar que el campo Caño Limón cuenta con dos instalaciones de este tipo denominadas PF1 y PF2, distantes entre sí más de 10 km, donde se realizan las actividades de producción de hidrocarburos. En cada una de estas instalaciones se cuenta con varios pozos de agua subterránea que abastecen básicamente a las plantas de tratamiento para consumo humano, a la red de protección contra incendios y a parte de las aguas industriales requeridas para el desarrollo de la operación.

En la **tabla 5.3** aparece la relación de los pozos con sus coordenadas y cotas correspondientes:

P o z o	WSW1	WSW3	WSW4	WSW5	WSW6	WSW7	WSW8
Ubicación	PF1	PF2	PF2	PF1	PF1	PF2	PF2
Coordenada N	1258590	1261187	1261197	1258680	1258679	1261176	1261063
Coordenada E	990180	998686	998803	990069	990176	998568	998650
Uso	Agua potable	Agua potable	Agua potable	Contra incendio	Contra incendio	Contra incendio	Contra incendio
Cota (msnm)	146.7	141.3	142.3	145.9	146.3	142.3	142.4

Fuente: Occidental de Colombia, mayo de 1999

Tabla 5.3 Ubicación de los pozos de agua subterránea en PF1 y PF2. Campo Caño Limón (Arauca)

Adicionalmente se disponen en el campo 25 piezómetros para monitorear la calidad de las aguas subterráneas ubicados de acuerdo con criterios hidrogeológicos en los sitios más vulnerables a la contaminación de aguas subterráneas.

5.2.1 Modelo geológico básico

El modelo geológico del subsuelo se ha elaborado con base en la interpretación de sensores remotos y levantamientos geológicos del subsuelo realizados dentro del desarrollo de las etapas de exploración petrolera. Esta información se complementó con la interpretación de 20 sondeos eléctricos verticales corridos en el área de influencia del campo, correlacionados con los registros litológicos de los pozos petroleros y de los ocho pozos de abastecimiento de agua subterránea. Adicionalmente, se consideraron los sondeos superficiales realizados para localizar los 25 piezómetros de monitoreo instalados en el campo. Con esta información se fijaron las pautas para describir un modelo hidrogeológico, de utilidad en la definición de la distribución espacial de las unidades acuíferas y el reconocimiento de características litológicas, espesores, variaciones laterales y a profundidad y comportamiento de los estratos desde el punto de vista hidrogeológico.

El modelo hidrogeológico así definido permite determinar las áreas más susceptibles a la contaminación y las relaciones con la dinámica superficial, lo cual ha llevado al diseño de una red de seguimiento y monitoreo de las aguas subterráneas que se opera actualmente y cuyos resultados se entregan periódicamente al Ministerio del Medio Ambiente. Para efectos de este informe, se verificó e integró la información presentada para configurar un marco hidrogeológico básico que ilustra los aspectos relevantes indispensables para satisfacer los objetivos y el alcance del trabajo.

Desde el punto de vista estratigráfico, como se indicó arriba, se distinguen, de base a techo: rocas consolidadas del Paleozoico inferior, areniscas masivas y secuencias lutíticas y carbonatadas del Cretáceo superior (Guadalupe–Gachetá–Une), areniscas basales de la Formación Mirador, intercalaciones de areniscas y lutitas de la Formación Carbonera, lutitas de la Formación León, interestratificaciones detríticas de la Formación Guayabo, arcillolitas abigarradas, areniscas poco consolidadas de la Formación Necesidad y sedimentos cuaternarios de tipo fluvial y lacustre. El espesor de esta columna litológica se ha medido en cerca de 7500 pies. En la actualidad se explotan reservorios de hidrocarburos de la formación Carbonera (dividida en siete segmentos litoestratigráficos por la Occidental) y Mirador, de donde se extrae el agua de producción. Adicionalmente, se explota agua subterránea para abastecimiento y fines industriales de los niveles arenosos de la Formación Guayabo Superior.

Las unidades roca–sedimento se disponen en estratos ligeramente basculados hacia el occidente, y los depósitos recientes que cubren la secuencia son subhorizontales y siguen la topografía superficial controlada por la tectónica regional de la cuenca.

5.2.2 Inventario de puntos de agua

El inventario de puntos de agua es de utilidad para determinar la dirección de flujo, definir áreas de recarga y descarga y zonas de vulnerabilidad a la contaminación, a partir de redes de flujo construidas con los niveles freáticos o potenciométricos del acuífero captado.

Sin embargo, en el área externa del campo no se han perforado sino cuatro pozos profundos, de los que no se conocen las características de diseño ni las condiciones hidráulicas. En áreas aledañas (Araucita, Puerto Rondón, Cravo Norte y Arauca) se han perforado algunos pozos de los que sólo se sabe por información verbal que tienen profundidades menores de 80 m y caudales del orden de 5–10 L/s (Geoconsulta, 1984).

De los pozos profundos perforados en el campo para producción de agua, se conocen los parámetros de diseño, los intervalos de filtros, los caudales de explotación, los niveles estáticos y dinámicos. Esta información se utiliza para definir la dirección preferencial de flujo y la ubicación de posibles zonas de recarga y descarga. De acuerdo al modelo geológico del subsuelo, el flujo de aguas subterráneas en el nivel regional debe tener dirección este-oeste, lo cual se debe corroborar con los datos de nivel obtenidos en los puntos de agua, de interés para verificar el sentido de avance de cualquier pluma contaminante. A la fecha, y como se verá más adelante, no se han reportado anomalías de calidad en los registros entregados al Minambiente dentro del programa de seguimiento y monitoreo concertado en los planes de manejo ambiental de la Occidental.

5.2.3 Recarga y descarga de acuíferos

Geoconsulta realizó en 1984 una prospección geofísica y en ella propone al piedemonte como zona de recarga areal, lo que no sólo es factible para las arenas del Terciario superior (Formación Guayabo) que afloran con aparente continuidad y acuífero de ciclos

sedimentarios hacia el oriente en ese sector en contacto con el sistema de pliegues y fallas sobrecabalgantes Guaicaramo–Yopal, sino también con la secuencia infrayacente cuya continuidad está interrumpida por fallamiento de bloques. Las unidades inferiores contienen aguas dulces, lo que descarta su coincidencia y contemporaneidad con el ambiente de formación de hidrocarburos.

Los acuíferos constituidos por sedimentos terciarios y depósitos recientes pueden estar potencialmente en contacto hidráulico con los ríos principales en algunos puntos y en otros reciben aporte de precipitación en los sitios donde afloran las unidades de aluviones recientes en las vegas y playones de los ríos y en los paleocanales expuestos. En este acuífero superior es de esperarse que la dirección del flujo de las aguas subterráneas coincida con la dirección del drenaje original.

5.2.4 Unidades hidrogeológicas

De acuerdo con las características de porosidad, permeabilidad y litología podemos definir las siguientes unidades hidrogeológicas y caracterizar el tipo de almacenamiento que forma cada una de éstas (**figura 5.3**):

5.2.4.1 Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico

Se puede reconocer dos sistemas acuíferos relacionados con este tipo de porosidad intergranular:

5.2.4.1.1 Sistema de acuíferos profundos

En este grupo se puede incluir a los estratos arenosos de las formaciones Mirador y Carbonera que se encuentran a una profundidad mayor a 2000 m, donde son captados por los pozos de producción petrolera por su adecuada porosidad primaria y permeabilidad.

De las unidades arenosas de las formaciones Mirador y Carbonera se extrae agua de formación que constituye más de 90% del total de hidrocarburo extraído. Esta agua se dispone en los cuerpos de agua luego de un tratamiento en las instalaciones PF1 y PF2, donde se remueven aceites y fenoles y se reduce la temperatura hasta la ambiental antes de verterlas al drenaje natural.

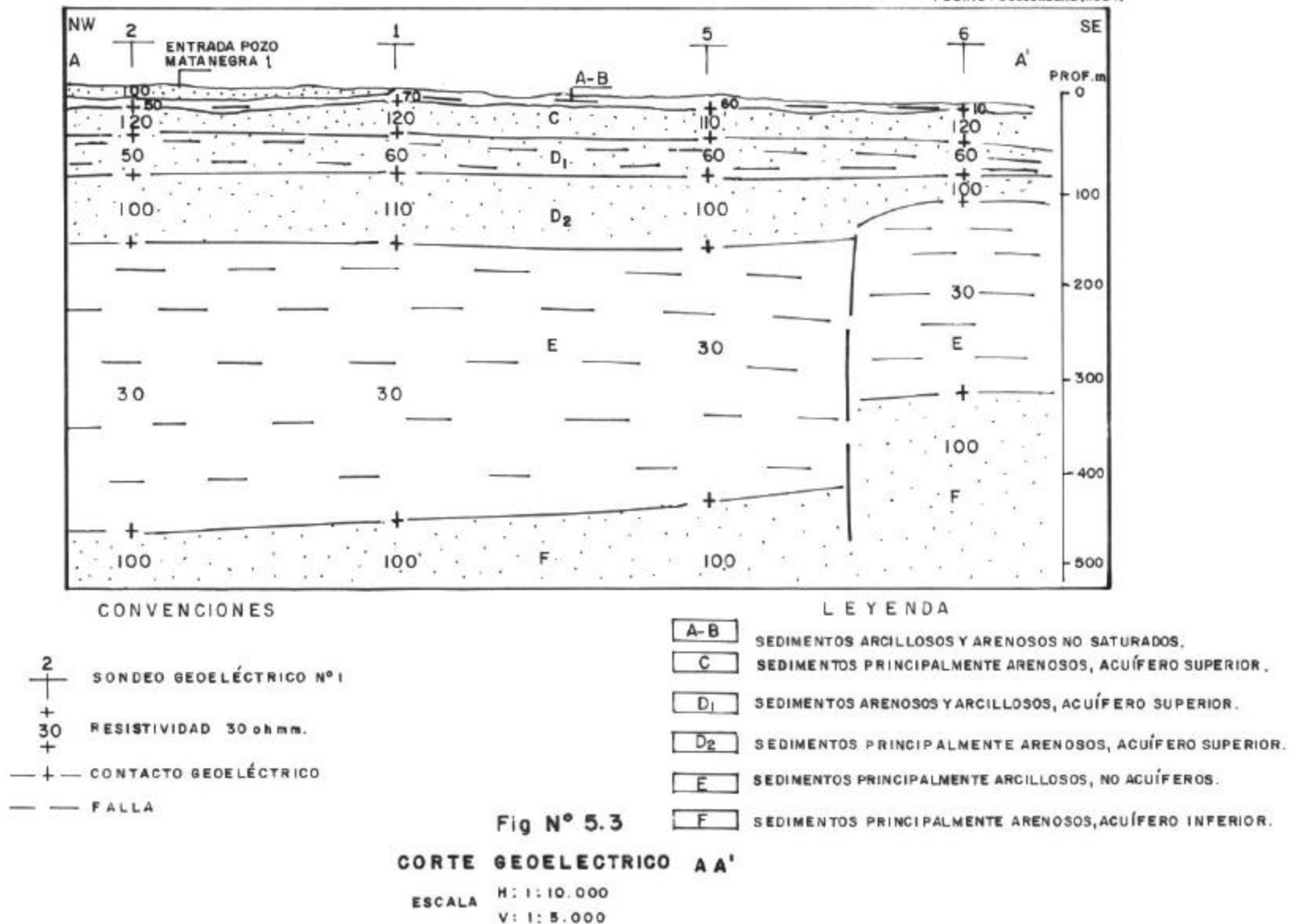
Estos acuíferos de tipo multicapa son confinados sometidos a grandes presiones; de ellos no se conoce la conductividad hidráulica pero puede estimarse de los valores de permeabilidad obtenidos en las pruebas de formación realizadas en las perforaciones exploratorias. Sin embargo, no es relevante para efectos de este estudio pues estos acuíferos no están asociados al régimen hidrodinámico superficial y sí están protegidos de contaminación por una espesa cubierta sedimentaria en la que se destacan potentes unidades impermeables. Además, los pozos cuentan con revestimientos en cemento, empaques de grava y sellos de protección para prevenir la contaminación.

5.2.4.1.2 Sistema de acuíferos someros

Las unidades geológicas superficiales en toda el área están representadas por secuencias clásticas con el predominio de arenas, limos y arcillas, donde existen potentes niveles grueso–granulares que se constituyen en acuíferos de considerable capacidad.

Unidades Hidrogeológicas del Area de Influencia del Campo Petrolero Caño Limón, Arauca

Fuente: Geoconsulta (1984)



Cabe esperarse una buena respuesta hidrogeológica en los sedimentos y formaciones plioleístocenas y más recientes que conforman los depósitos de origen aluvial, aunque su permeabilidad puede estar limitada localmente por la presencia de arcillas.

Las terrazas aluviales y aluviones del río son potencialmente buenos acuíferos de tipo libre y con textura media a gruesa; de ellos puede esperarse altas permeabilidades, especialmente en los paleocanales que se reconocen en la cuenca. De hecho se han excavado aljibes para abrevaderos y uso doméstico en sectores aledaños al campo (información verbal).

En 1984 la firma Geoconsulta realizó el estudio *Abastecimiento de aguas subterráneas en la Concesión Cravo Norte* con base en 20 sondeos eléctricos verticales distribuidos a lo largo de la carretera, de modo que se obtuviera la información necesaria para evaluar las condiciones que permitan identificar unidades acuíferas alrededor de las áreas de PF1 y PF2. La máxima profundidad de investigación fue 700 m. Los resultados interpretados se correlacionaron con los registros litológicos de los pozos Matanegra 1 y 3, Caño Limón 1 y 2.

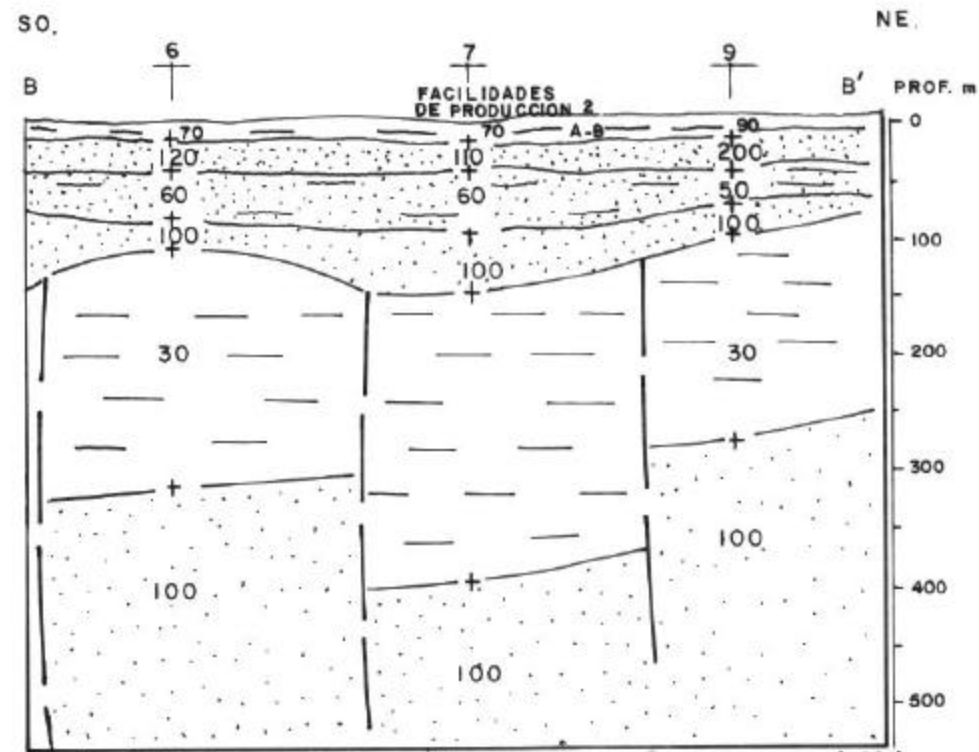
En general, se identificaron seis unidades geoelectricas con aparente continuidad lateral pero con variaciones de espesor a lo largo del área investigada (**figuras 5.3, 5.4. y 5.5**):

- Unidad A-B: Está constituida por 10-20 m de sedimentos arcillosos con bajo contenido de arenas y se comporta como una capa con características confinantes. En inmediaciones de los pozos petroleros Matanegra 1 y 3 (de acuerdo con los registros litológicos) su composición es más arenosa y puede comportarse como acuífero libre a semiconfinante. Sobre esta unidad se realizan las actividades del campo y se localizan las fuentes potenciales de contaminación y, en consecuencia, la mayor parte de los piezómetros se ubican en este horizonte.
- Unidades C, D1 y D2: Conformadas por sedimentos principalmente arenosos, aunque el nivel D1 es arenoarcilloso. Estas unidades forman acuíferos confinados y presentan espesores entre 80 m en cercanías del pozo Matanegra 1 y 300 m en vecindades del campo Base. En algunos sitios se comporta como acuífero libre por la ausencia de la capa confinante A-B. Éste es el acuífero captado por los ocho pozos de agua subterránea distribuidos en el campo.
- Unidad E: Está compuesta por sedimentos principalmente arcillosos que actúan como acuicierre (permite el almacenamiento de agua, pero no la transmite). Su espesor varía entre 150 y 350 m y es afectado por fallas que alcanzan la base de la unidad D2.
- Unidad F: Se trata del acuífero inferior y está caracterizada por sedimentos principalmente arenosos cuyo espesor puede variar entre 200 y 600 m, de acuerdo con los registros litológicos de los pozos petroleros. No se ha captado para ningún fin y, por lo tanto, se desconocen sus parámetros hidráulicos y condiciones de almacenamiento.

La correlación con los pozos perforados para aguas subterráneas corrobora la litología y los espesores de las unidades acuíferas. La unidad F, de acuerdo con estos registros, tiene entre 85% y 90% de arenas, mientras que en el acuífero superior las arenas varían entre 28% y 74%. En estos pozos de producción se reconocen los espesores reales de los niveles o capas de interés a partir del registro litológico obtenido en el momento de la perforación exploratoria para definir los intervalos de filtros.

Geoint (1998) llegó a interpretaciones similares a través del *Estudio geoelectrico e hidrogeológico para investigación de aguas subterráneas para riego y adecuación de tierras de*

Unidades Hidrogeológicas del Area de Influencia del Campo Petrolero Caño Limón, Arauca



Fuente: Geoconsulta (1.984)

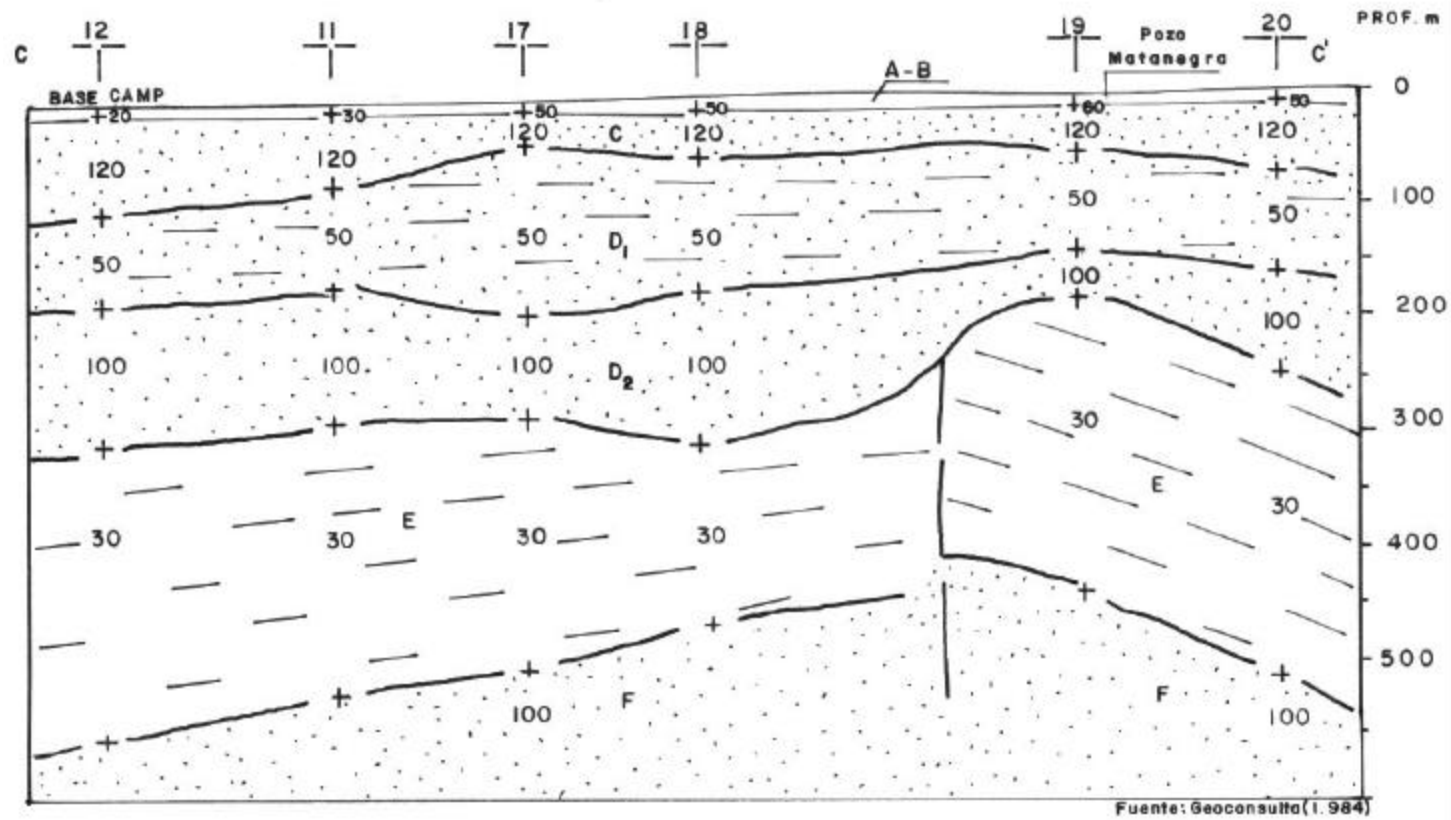
Fig N° 5.4

CORTE GEOELECTRICO BB'

H: 1:10.000

ESCALA V. 1:5.000

Unidades Hidrogeológicas del Area de Influencia del Campo Petrolero Caño Limón, Arauca



Fuente: Geoconsulta (1.984)

Fig N° 5.5
CORTE GEOELECTRICO CC'

ESCALA H: 1: 20.000
V: 1: 5.000

sabana en el municipio de Arauca, auspiciado por la Occidental. Se realizaron ocho sondeos eléctricos verticales y se identificó el acuífero superior, con un espesor aproximado de 250 m. Igualmente se reconoció la unidad D1 dentro de este acuífero de carácter areno–arcilloso.

Esta coincidencia de litologías y valores de resistividad pueden hacer pensar que el acuífero superior es continuo en el sector comprendido entre el campo Caño Limón y el casco urbano de Arauca y que por lo tanto habría una amplia interconexión hidráulica regional, por lo menos en los primeros 500 m de profundidad. La litología de estas unidades descritas se puede correlacionar con la Formación Guayabo y depósitos subrecientes, con excepción de las unidades A-B que son depósito reciente de origen fluvio–lacustre y antrópico, en el caso de terraplenes y rellenos.

El espesor de los niveles productores para cada pozo se ilustra en la **tabla 5.4**.

Pozo	WSW1	WSW3	WSW4	WSW5	WSW6	WSW7	WSW8
Ubicación	PF1	PF2	PF2	PF1	PF1	PF2	PF2
Profundidad (m)	450	150	150	140	145	180	180
Espesor de niveles productores (m)	295	110	119	119	125	167	166

Fuente: Occidental de Colombia, 1999

Tabla 5.4 Espesor de los niveles productores para cada pozo. Campo Caño Limón (Arauca)

Los estudios realizados tanto para PF1 como para PF2 demuestran que los niveles arenosos del sistema acuífero somero superan normalmente los 100 m de espesor llegando incluso a los 300 m, como sucede en el pozo WSW1.

En los apartes siguientes se hace alusión a las propiedades hidráulicas del sistema de acuíferos someros; con base en ellas se concedió el permiso de explotación de aguas subterráneas y se fijaron los caudales, regímenes y condiciones de explotación de aguas subterráneas a través de la resolución del Inderena 0926 de 1989.

Existen otras investigaciones que detallan las condiciones geológicas locales para las instalaciones PF1 y PF2. Dichos estudios fueron realizados como parte del programa de Protección de Aguas Subterráneas y se basaron en 23 sondeos litológicos en el área de PF1 y 37 en el área de PF2, a profundidades menores de 15 m. Las perforaciones permitieron definir los sitios de ubicación para los piezómetros de monitoreo de acuerdo con las condiciones hidrogeológicas detectadas.

En términos generales, se registraron niveles freáticos en los pozos, tanto de monitoreo como de producción, a profundidades entre 1 y 6 m.

5.2.4.2 Sedimentos y rocas con porosidad primaria y secundaria sin interés hidrogeológico

En esta categoría se incluyen las secuencias arenosas del Paleozoico inferior y las suprayacentes formaciones Une, Guadalupe, Barco y Mirador, que por su alto grado de cementación no presentan interés hidrogeológico y, además, no participan activamente de los procesos hidrodinámicos de importancia para este estudio.

5.2.4.3 Sedimentos y rocas impermeables sin interés hidrogeológico

Pertenecen a este grupo las unidades de carácter predominantemente arcilloso entre las cuales se destacan las formaciones Gachetá, Los Cuervos, los miembros lutíticos de las formaciones Carbonera y León. De igual manera, los depósitos paludales y de llanuras de inundación de textura arcillosa. Estos horizontes actúan localmente como acuicierres (es decir, almacenan agua pero no la transmiten) y por lo tanto son barreras que limitan el flujo del agua subterránea e inhiben las conexiones hidráulicas de los acuíferos con los cuerpos de agua y corrientes superficiales en el caso de los depósitos recientes a subrecientes.

Se incluye además el basamento ígneo metamórfico, que por su litología y textura se comporta como un acuífuga que no permite que se transmita o almacene agua en su estructura.

Las unidades A-B y E son igualmente acuicierres que actúan como horizontes confinantes de los acuíferos identificados en la Formación Guayabo.

5.2.5 Características de los pozos perforados

Las condiciones geológicas de los acuíferos de la Formación Guayabo son uniformes en la zona y las características hidrogeológicas son favorables para el desarrollo y explotación del recurso hídrico subterráneo. En la **tabla 5.5** se presentan las características de los pozos productores de aguas subterráneas perforados.

POZO	WSW1	WSW3	WSW4	WSW5	WSW6	WSW7	WSW8
Uso	Agua potable	Agua potable e industrial	Agua potable e industrial	Sistema contra incendio	Sistema contra incendio	Sistema contra incendio	Sistema contra incendio
Coordenadas N	1258590	1261187	1261197	1258679	1258679	1261176	1261063
Coordenadas E	990180	998686	998803	990069	990176	998568	998650
Capacidad instalada de bombeo (gpm)	200	200	200	2500	2500	2500	2500
Cota	146.7	141.3	142.3	145.9	146.3	142.4	142.4
Profundidad (m)	450	150	150	140	145	180	180
Niveles productores (m)	295	110	119	119	125	167	166
Ratas de flujo prueba de bombeo (lps)	12.61	18.94	18	7.94	26.4	151.36	160.88
Niveles estáticos (m)	4.01	6.04	3.12	2.46	4.57	5.51	5.92
Niveles en prueba de bombeo (m)	8.23	9.45	8.81	6.81	15.93	31.08	50.9
Fecha prueba de bombeo	enero 11/93	marzo 29/86	sept. 10/87	dic. 8/87	nov.24/87	sept. 12/92	mayo 26/92
Cantidad de agua solicitada en concesión (lps)	7.5 12.6 (emergencia)	7.5 12.6 (emergencia)	7.5 12.6 (emergencia)	22.5-8h 157.8 (emergencia)	22.5-8h 157.8 (emergencia)	22.5-8h 157.8 (emergencia)	22.5-8h 157.8 (emergencia)

Fuente: Occidental de Colombia, 1999

Tabla 5.5 Características de los pozos productores de aguas subterráneas perforados. Campo Caño Limón (Arauca)

De acuerdo con la tabla anterior, las capacidades específicas de los pozos (caudal/abatimiento) son del orden de 2 L/s/m, que se consideran moderadas a altas e indican una buena trasmisividad del acuífero, lo cual se constató con los resultados de las pruebas de bombeo mostradas más adelante.

Todos los pozos relacionados tienen diámetros entre 15 y 20", empaque de gravilla en toda su longitud, tubo engravillador de 2" de diámetro, sellos sanitarios hasta de 10 m en cemento y cerca de 30 m en bentonita a partir de la cota del terreno y entubados en acero con diámetros variables entre 10 y 15".

Se utilizan filtros de ranura continua de 6"– 8" en acero inoxidable. El pozo WSW1 muestra intervalos de filtros entre 236.8 y 335.28 m. El pozo WSW3 tiene seis tramos de filtros entre 82.42 y 146.6 m. El pozo WSW4, localizado a 117.5 m al este del pozo WSW3, tiene también seis tramos de filtros entre 84.6 y 147 m. El pozo WSW5 tiene filtros entre 63.6 y 129.6 m. El pozo WSW6 cuenta con seis tramos entre 55 y 416.5 m. El pozo WSW7, entre 96 y 189 m y el WSW 8, entre 96 y 189 m.

La limpieza se realiza con pistón usando solución de polifosfatos de sodio al 5% y agua a presión en los intervalos de filtros. Para la explotación se utilizan bombas sumergibles multietapas de la capacidad instalada relacionada en la tabla anterior, con motores hasta de 560 hp y 1750 a 3450 rpm y puntos de succión entre 20 y 30 m de profundidad. Adicionalmente, se emplean bombas centrífugas horizontales tipo Jockey para mantener la presión de operación constante en la red hidráulica (165 lb/pulg²) mediante un sistema de recirculación con válvulas de control de presión.

El agua extraída tanto en PF1 como en PF2 para abastecimiento de agua potable se lleva a una torre de aireación, luego se conduce a un tanque de sedimentación, se pasa por filtros y se almacena en un tanque. Se realizan análisis periódicos de pH, temperatura, sulfatos, hierro, dureza total, turbidez, cloro, cloruros, alcalinidad, sólidos totales, olor y sabor en la cabeza del pozo, a la salida de la torre de aireación, a la salida del tanque de sedimentación, a la salida de los filtros y en el laboratorio, para entregar el agua al consumidor dentro de los estándares de calidad estipulados en las disposiciones del Ministerio de Salud.

5.2.6 Parámetros hidráulicos

En 1985, la Occidental y, en 1987, Ingeominas realizaron pruebas de bombeo en los pozos de abastecimiento localizados dentro del campo Caño Limón. Estos pozos (WSW1, WSW3, WSW4, WSW5, WSW6, WSW7 y WSW8) captan de niveles arenosos del acuífero superior perteneciente a la Formación Guayabo, como arriba se mencionó.

En las pruebas realizadas en los pozos de la zona PF1 (WSW1, WSW5 y WSW6) se calcularon transmisividades entre 650 y 750 m²/día y coeficientes de almacenamiento de 0.3, característicos de un acuífero libre con moderadas a buenas producciones.

En la zona PF2 (pozos WSW3, WSW4, WSW7 y WSW8) se obtuvieron trasmisividades de 700 m²/día y coeficientes de almacenamiento de 3.2×10^{-4} y 7.5×10^{-3} respectivamente, correspondientes a acuíferos semiconfinados a confinados con moderadas a buenas producciones. La conductividad hidráulica de este acuífero se calculó en 22.6 m/día.

De la tabla se coligen capacidades específicas (caudal/abatimiento) que varían entre 2 y 3 L/s/m, como se anotó anteriormente. En la misma tabla se indican los niveles estáticos y de bombeo para los caudales registrados. Los valores así obtenidos demuestran la gran extensión del acuífero y la interconexión hidráulica regional, con recarga áreal.

Con los resultados de las pruebas de bombeo se detecta además que no existen problemas de sobreexplotación de las aguas subterráneas ni interferencias que reflejen abatimientos considerables de los niveles. A la fecha, no ha sido necesario operar los pozos contraincendio a las ratas máximas para el control de emergencias.

En la visita al área se tomaron niveles y parámetros fisicoquímicos con equipos portátiles multiparámetro Horiba y conductivímetro Hach en 21 pozos de monitoreo; los resultados se presentan en la **tabla 5.6**. En la **figura 5.6** se ilustra la ubicación de estos piezómetros (**foto 5.7**).

En la tabla se destaca que los valores de nivel freático medidos para este informe en mayo de 2000 se encuentran en el rango de los registrados en los pozos de producción en septiembre de 1986 (reportados en la resolución 0926 de 1989, por la cual el Inderena otorga la concesión de aguas subterráneas) y los reportados en los informes de las pruebas de producción de aguas subterráneas de la Occidental en mayo de 1992. Esto significa que realmente no hay fluctuaciones de nivel freático por efecto de actividades relacionadas con la exploración y explotación del yacimiento petrolero.

5.2.7 Otros pozos existentes en el área

Estos pozos son superficiales (a menos de 30 m) con caudales generalmente inferiores a 0.1 L/s y se utilizan fundamentalmente para consumo doméstico, es decir, para preparación de alimentos e higiene (**tabla 5.7**).

Pozo	Uso
Relleno sanitario	Doméstico
Vivero	Doméstico
Campamento policía Inocencio Chincá	Doméstico
Campamento ejército Caño Limón 5	Doméstico
Campamento policía La Yuca	Doméstico
Campamento ejército La Variante	Doméstico
Puesto de vigilancia portería	Doméstico
Parquedero de buses	Doméstico
Campamento de policía Caño Verde	Doméstico
Cancha de fútbol	Riego-zonas verdes
Cancha de sóftbol	Riego-zonas verdes
Campamento PF1	Riego-zonas verdes

Fuente: Occidental de Colombia, 1999

Tabla 5.7 Relación de pozos de agua y su uso en el área de Caño Limón (Arauca)

Estos pozos no requieren otorgamiento de concesión de aguas subterráneas por parte de las autoridades ambientales. En el campo Caño Limón, las fuentes de abastecimiento arriba relacionadas están aisladas del exterior, enmalladas, y cumplen con las normas técnicas y sanitarias estipuladas.

5.2.8 Red de flujo

Los pozos de monitoreo están distribuidos en las instalaciones industriales separadas 10 km entre sí. Este hecho dificulta la extrapolación de las líneas de flujo ya que no se pueden construir isopiezas a lo largo del campo.

La falta de piezómetros, que capten de la misma unidad hidrogeológica en este tramo, no permite hacer un seguimiento histórico de los niveles y, por lo tanto, de las condiciones de almacenamiento.

Tabla 5.6. Análisis fisicoquímico de las aguas subterráneas en los piezómetros del campo Caño Limón, departamento de Arauca. Mayo de 2000

Fecha del muestreo	Características de los piezómetros							Parámetros fisicoquímicos						
	N° piezómetro	Georreferencia			Diámetro (pulg)	Nivel estático (m)	Profundidad (m)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Salinidad (%)	SDT (mg/L)
		Latitud ° ' "	Longitud ° ' "	Altitud (msnm)										
10/05/2000	1. Estación de servicio sur S-PF1	06-56-16	71-10-14	151,8	3	4,90	11,94	7,12	29,7	667	0,666	1,44	0,02	331
10/05/2000	2. Estación de servicio norte N-PF1	06-56-17	71-10-14	150,6	4	3,43	4,42	7,1	29,3	415	0,596	1,5	0,02	299
10/05/2000	3. Estación de servicio oriente O-PF1	06-56-15	71-10-10	150,6	4	5,64	11,79	6,96	29,5	420	0,721	1,21	0,03	375
10/05/2000	4. C de PF1-Sector teas	06-56-10	71-09-59	152,6	4	3,27	8,33	6,71	28,1	22	0,631	1,7	0,02	329
10/05/2000	5. D de PF1-Piscina de recibo	06-56-07	71-09-53	149,6	4	4,14	7,52	7,03	27,5	16	0,554	2,11	0,02	290
10/05/2000	6. E de PF1-Sector Redondo 2	06-55-58	71-09-52	148,2	4	3,56	8,92	6,73	27,1	91	0,535	1,36	0,02	278
10/05/2000	7. B de PF1-Sector Caño Verde	06-55-41	71-10-08	141,3	2	1	9,25	6,33	27,9	83	0,235	2,04	0	114
11/05/2000	8. WSW1 En PF1 (planta tratamiento)							7,08	32	0	0,205	0,67	0	
11/05/2000	9. A de PF1-Sur de PF1	6-55-49,9	71-09-53	131,7	2	1,01	9,93	7,19	25,9	239	0,505	0,86	0,02	264
11/05/2000	10. F de PF1-Sector retén Caño Verde	06-55-25	71-10-51	127,7	4	3,43	6,55	5,68	26,4	30	0,157	1,53	0	84
11/05/2000	11. 9 de PF2, La Yuca 36	06-57-34	71-06-17	124,7	4	3,71	33,1	6,66	30	27	0,154	1,91	0	90
11/05/2000	12. WSW3 de PF2 (uso doméstico)			163				7,05	31,3	0	0,163	1,33	0	
11/05/2000	13. Relleno sanitario W#2	06-58-12	71-06-48	124,5	2	1,98	16,48	6,53	27,9	146	0,029	2,93	0	16
11/05/2000	14. Relleno sanitario E#1	06-58-10	71-06-44	128,8	2	2,36	17,4	5,78	27,7	33	0,082	1,24	0	44
11/05/2000	15. Relleno de seguridad N#3	06-58-13	71-06-44	155,3	2	1,98	18,01	6,23	27,9	58	0,117	1,48	0	6
11/05/2000	16. D de PF2	06-57-22	75-05-09	159,3	2	2,23	9,06	6,71	28,1	23	0,355	1,05	0,01	176
11/05/2000	17. 10 de PF2, La Yuca 30-Alm.lodos	06-57-50	71-05-28	159,5	4	1,25	5,6	6,68	27,5	82	0,153	1,26	0	80
11/05/2000	18. 11 de PF2, La Yuca 30	06-57-47	71-05-26	161,3	4	2,52	7,22	6,06	29,5	238	0,16	1,3	0	85
11/05/2000	19. 6 de PF2, La Yuca 15	06-57-06	71-05-19	162,2	4	2,06	9,32	6,4	26,6	11	0,463	0,97	0,01	243
11/05/2000	20. 7 de PF2, La Yuca 15	06-57-04	71-05-17	168,5	4	3,45	21,18	6,67	27,3	19	0,104	1,66	0	56
11/05/2000	21. 8 de PF2-W Laguna 1	06-57-29	71-05-44	166,3	4	1,57	7,42	7,48	28,9	7	0,562	1,26	0,02	295
11/05/2000	22. 3 de PF2 (canal 1 y 2)	06-57-32	71-05-42	164,3	2	3,71	36,34	6,63	40,7	25	0,123	2,3	0	60
12/05/2000	23. 3 de PF2 (después de drenado)							6,73	30,4	23	0,172	1,36	0	90
12/05/2000	24. La Osa, en PF2	06-55-37	71-11-31	115	4	2,01	53,47	6,92	26,4	23	0,119	1,68	0	60

Fuente: IDEAM

	Piezómetro con muestra para análisis fisicoquímico
	Piezómetro analizado antes y después de drenarlo

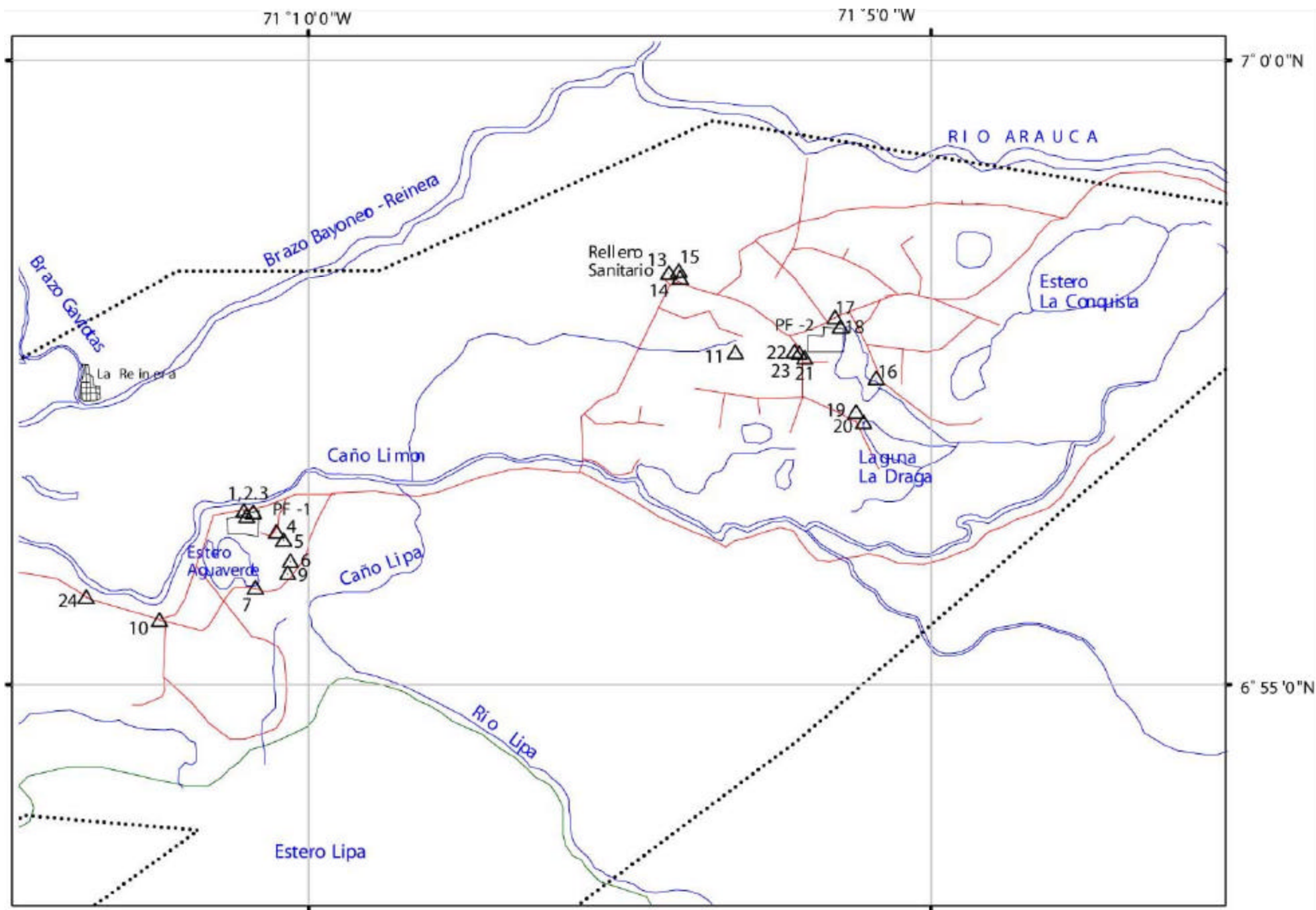


Figura 5.6. Puntos de medición de agua subterránea en piezómetro del Campo Caño Limón



- ... Limite del contrato Asociación Cravo Norte
- Drenaje
- Carretera

2 0 2 Kilometros

△ Punto de monitoreo de aguas subterráneas

Fotos



Foto 5.7 Muestreo de agua en el piezómetro B de PF2 para análisis fisicoquímicos. Campo Caño Limón (Arauca)

5.2.9 Calidad del agua subterránea

Para caracterizar el agua subterránea del área se incluyen resultados de los análisis fisicoquímicos de los sistemas de abastecimiento de agua potable extraída de los pozos de abastecimiento (**tabla 5.8**).

Instalación	Fecha	pH	Temp. (°C)	Sulfatos (ppm)	Hierro (ppm)	Dureza total	Turbidez (NTU)	Cloro (ppm)	Alcalinidad
PF1	1/13/98	6.7	34	13.5	3.92	94	20	3.2	95
PF1	2/26/98	6.9	35	13.8	3.8	98	27	2.9	94
PF1	3/30/98	6.7	34	12.9	4.5	88	27	3	92
PF1	5/29/98	6.9	33	12	4.4	94	18	3.2	83
PF1	6/28/98	6.7	34	8	4.3	94	20	2	96
PF1	7/29/98	6.7	33	12.3	4.1	80	11	3.4	94
PF1	8/26/98	6.8	32	11.9	3.7	94	10	2	94
PF1	9/29/98	6.7	34	12.3	2.1	78	25	2	94
PF1	10/22/98	6.8	34	12.7	3	90		2	94
PF1	11/20/98	7	35	13	3.8	101	40	2.3	84
PF1	12/21/98	6.9	34	13.5	3.7	97	38	2.1	96
PF1	1/22/99	6.8	34	9.8	3.2	105	35	3.3	90
PF2	1/13/98	7	32	13	3.7	99	28	2.8	89
PF2	2/26/98	6.8	34	12.5	3.5	105	24	2.5	94
PF2	3/30/98	7	32	13	3.8	100	22	2.3	87
PF2	5/29/98	6.9	31	11.8	4.1	105	24	2.9	85
PF2	6/28/98	6.8	32	8	4.5	110	21	2.5	95
PF2	7/29/98	7	30	11.5	3.9	105	29	3.1	94
PF2	8/26/98	7	30	11.7	3.4	98	27	2.4	94
PF2	9/29/98	7	32	12.1	1.8	70	26	1.9	81
PF2	10/22/98	6.9	33	12.5	3.3	67		2.2	75
PF2	11/20/98	6.9	33	13.2	3.5	94	30	2	80
PF2	12/21/98	6.9	33	12.5	3.65	92	34	2	82
PF2	1/22/99	6.9	33	10.2	3.5	98	40	2.5	85

Fuente: Occidental de Colombia, 1999

Tabla 5.8 Características del agua subterránea en el campo Caño Limón (Arauca)

Los resultados, tomados en cabeza de pozo, evidencian la naturaleza compartida del acuífero. Los niveles de hierro son relativamente altos (menores a 4.5 mg/L); el pH oscila entre 6 y 7, característico de aguas neutras; los sulfatos se encuentran entre 8 y 13.8 ppm; la dureza está entre 70 y 105 mg de CaCO₃/L. Estos datos clasifican las aguas como moderadamente duras.

Mensualmente se realiza un informe de calidad de agua potable para cada una de las instalaciones de producción, según los puntos de muestreo definidos en la cabeza del pozo, a la salida de la torre de aireación, a la salida del tanque de sedimentación, a la salida de filtros y tanques de almacenamiento y de tanques hidroneumáticos y en tres sitios adicionales del campo por cada instalación de producción (PF1 y PF2). En los informes presentados no se registran valores contradictorios con las normas de calidad vigentes para agua potable del Ministerio de Salud. Este hecho se verificó en la visita de campo, cuando se midieron los parámetros de calidad registrados en la **tabla 5.6**. Únicamente en los tres piezómetros del relleno sanitario (13–15) se obtuvieron valores anómalos de DQO (entre 20 y 54 mg/L), que pueden ser causados por lixiviados provenientes de los depósitos de residuos sólidos.

5.2.10 Agua requerida

Históricamente en la instalación PF1 se han requerido volúmenes diarios menores o iguales a 364 m³, equivalentes a 4.2 L/s, mientras en la PF2 estas necesidades son del orden de 7.5 L/s, en la planta potabilizadora y en el sistema industrial. Por ello se justifica la solicitud de caudales de la concesión de aguas que se relaciona en la **tabla 5.5**.

Los pozos de agua contraincendios tienen una profundidad promedio de 550 pies y producen agua de paquetes de areniscas localizadas entre los 280 pies y el fondo. Cada uno de estos pozos cuenta con una bomba centrífuga con capacidad nominal de 2500 gpm y por esta razón se solicitó la concesión por 157.8 lps, equivalente a la capacidad máxima de la bomba durante una emergencia. En el momento sólo se ha utilizado esta capacidad por periodos de 20 a 30 minutos dos veces al mes para realizar pruebas contraincendio, según se registra en los informes de seguimiento de la Occidental.

Las potencias de los niveles acuíferos encontrados, unidos a la alta transmisividad, hacen sostenible su explotación en relación con las tasas solicitadas pues no ocasionan impactos significativos sobre el recurso.

5.2.11 Fuentes de contaminación y medidas de protección de aguas subterráneas

5.2.11.1 Fuentes de contaminación

En el campo se detectaron y se reportaron en el estudio de impacto ambiental como posibles fuentes de contaminación las siguientes:

- Relleno sanitario
- Tanques semienterrados para abastecimiento de combustible
- Lagunas de oxidación
- Piscinas de recepción de lodos

En estos sitios se dispusieron piezómetros para el monitoreo periódico de la calidad de las aguas subterráneas y de variaciones de nivel freático. De acuerdo con los requerimientos, se reportan estos resultados al Ministerio del Medio Ambiente.

Dentro del plan de manejo ambiental del Estudio de Impacto Ambiental, presentado por la Occidental de Colombia y aprobado por las autoridades ambientales competentes, se precisa que adicionalmente se han adoptado las siguientes medidas para la protección de las aguas subterráneas:

- Los pozos de producción de petróleo y aguas subterráneas cuentan con revestimientos que los aíslan de las zonas acuíferas
- Las piscinas tienen fondo impermeable por capas de arcilla o geomembranas (k menor de 1×10^{-6} cm/s)
- Los pisos de las zonas de descarga de combustible son en cemento
- Todos los drenajes se dirigen a tanques sumideros o a separadores agua/aceite
- Se cuenta con protección catódica de las líneas de flujo y tanques subterráneos para prevenir fallas por corrosión

- Las celdas del relleno sanitario son impermeables.

Estas medidas y el reconocimiento de las fuentes de contaminación se verificaron durante la vista de campo.

5.2.11.2 Seguimiento

En el campo se tienen 25 piezómetros para hacerle seguimiento a la calidad de las aguas subterráneas distribuidos así (**tabla 5.6**):

- Zona 1: relleno sanitario. En este sector se tienen tres piezómetros entre 10 y 15 m de profundidad en los cuales se monitorea periódicamente temperatura, pH, aceites y grasas, fenoles, conductividad eléctrica, sólidos totales y DQO (demanda química de oxígeno).
- Zona 2: tanques de almacenamiento de combustible. En esta zona se cuenta con tres piezómetros entre 5 y 10 metros de profundidad, a los cuales se les toman registros mensuales de grasas y aceites.
- Zona 3: laguna de oxidación PF1. En esta zona se tienen cinco piezómetros a unos 10 m de profundidad cada uno; en ellos se hace el seguimiento semestral a la concentración de fenoles, grasas y aceites, temperatura, pH, conductividad, sólidos totales y DQO.
- Zona 4: laguna de oxidación PF2. En esta zona se tienen cinco piezómetros con profundidades entre 5 y 35 m; en ellos se hace el seguimiento semestral a la concentración de fenoles, grasas y aceites, temperatura, pH, conductividad, sólidos totales y DQO.
- Zona 5: piscina de recepción de lodos. Cuenta con dos piezómetros en los cuales se monitorean mensualmente grasas y aceites.

En los informes de cumplimiento presentados al Ministerio del Medio Ambiente se observa que los valores de los parámetros fisicoquímicos medidos en cada uno de los piezómetros se encuentran en el rango de los valores permisibles y su aporte a la contaminación del subsuelo no es significativo. Sin embargo, los valores anómalos de DQO en los piezómetros 13–15 del relleno sanitario registrados durante la visita de campo deben ser objeto de seguimiento para determinar sus causas y aplicar las medidas pertinentes, ya que se trata de un valor que evidencia una posible contaminación del acuífero en este punto. 25 pozos de producción también cuentan con piezómetros para detectar contaminación por lodos de perforación o fuga de hidrocarburos, sin que se hayan detectado a la fecha valores significativos, de acuerdo con la información reportada al Ministerio del Medio Ambiente. En este sentido debe aclararse que en el campo Caño Limón los lodos de perforación utilizados son con base en agua lo que facilita su tratamiento y disposición final.

5.2.12 Conclusiones

En términos generales y a manera de conclusión, se puede afirmar, con base en la documentación analizada y los resultados de la visita de campo, que en la región de Caño Limón–estero de Lipa existen dos acuíferos continuos de extensión regional, buena capacidad de almacenamiento y rendimientos moderados a altos. La actividad petrolera asociada al campo Caño Limón utiliza los recursos de aguas subterráneas del acuífero somero, o superior, sin que hasta el momento se haya afectado el reservorio en cantidad según el análisis realizado a partir de registros multitemporales de los niveles estáticos. Los pozos de extracción de aguas subterráneas operan dentro de los rangos y las condiciones determinadas según las propiedades hidráulicas de los acuíferos para garantizar la

sostenibilidad de la explotación. Este comportamiento deberá ser objeto de seguimientos periódicos durante la vigencia del contrato de asociación, de acuerdo con los compromisos ambientales requeridos a la Occidental por el Ministerio del Medio Ambiente y por Corporinoquia.

De acuerdo con los análisis fisicoquímicos realizados, la calidad de las aguas subterráneas no ha sido afectada por la actividad petrolera. Sin embargo, debe destacarse la anomalía de los valores de DQO medidos por el IDEAM en las vecindades del relleno sanitario, que indican una contaminación potencial en este punto que deberá ser objeto de seguimiento y remediación.

CAPÍTULO 6

ECOSISTEMAS

6.1. CARACTERIZACION DE LAS COBERTURAS VEGETALES

6.1.1 Aspectos generales

El diagnóstico que se presenta a continuación está soportado por la clasificación de imágenes de satélite a escala 1:100.000, utilizando la metodología de clasificación no supervisada, con la que se identificaron unidades de cobertura vegetal, apoyada por una visita al campo de la Asociación Cravo Norte A. Por otra parte, se realizó una revisión bibliográfica con el fin de establecer los ecosistemas reportados por otros investigadores para el área de estudio.

El método de clasificación no supervisada consiste en *“definir las clases espectrales presentes en la imagen de satélite, sin que se requiera un conocimiento profundo del área de estudio pero sí una amplia experiencia del intérprete, ya que se basa más en la interpretación de los datos que en su consecución. Este método asume que los niveles digitales de la imagen forman una serie de agrupaciones o conglomerados (clusters), más o menos nítidos según los casos. Estos grupos equivalen a pixels con un comportamiento espectral homogéneo y por tanto, definen clases temáticas de interés”*¹.

El trabajo comprometió también un análisis multitemporal para el que se utilizaron imágenes de satélite tomadas en los años 1973 y 1985. Aunque no haya una comprobación de campo en la época de estas tomas, sí constituyen una valiosa herramienta para establecer el comportamiento histórico de las coberturas vegetales.

Para los análisis de este capítulo, se tomó un escenario regional definido como un área de contexto mayor al de la asociación Cravo Norte A, presentado a escala 1:400.000 en las **figuras 6.1** y **6.2**. De estos datos se hicieron análisis cuantitativos que se muestran más adelante en la parte referente a la dinámica de las coberturas vegetales regionales.

Para el área local, entendida como la de la asociación Cravo Norte A, la situación particular se presenta en las **figuras 6.3** y **6.4**, trabajadas en la escala 1:100.000 y presentadas a 1:160.000.

6.1.2 Definición y caracterización de unidades de cobertura vegetal

Con base en la metodología de trabajo desarrollada por el IDEAM² para la clasificación de unidades de cobertura vegetal a escala 1:100.000 se determinaron en el área de estudio, para 1973 y 1985, las siguientes unidades:

- **Bosque basal del Orinoco:** Reciben este nombre aquellos bosques ubicados en la provincia biogeográfica del Orinoco entre 0 y 1.000 msnm. Para esta región se pueden identificar bosques altos con altura de 25 m, medios entre 10 y 25 m de altura y bajos con alturas menores a 10 m; pueden ser inundables y no inundables. Las especies características del

¹ Chuvieco, E. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Ed. Raial, 1990

² IDEAM. *Metodología de clasificación de unidades de coberturas vegetales*. Subdirección de Ecosistemas, Bogotá, 1999

71°38' 0"W

71° 24' 0" W

71°10'0" W

70°56'0" W

70° 49' 0" W

7° 7' 0" N

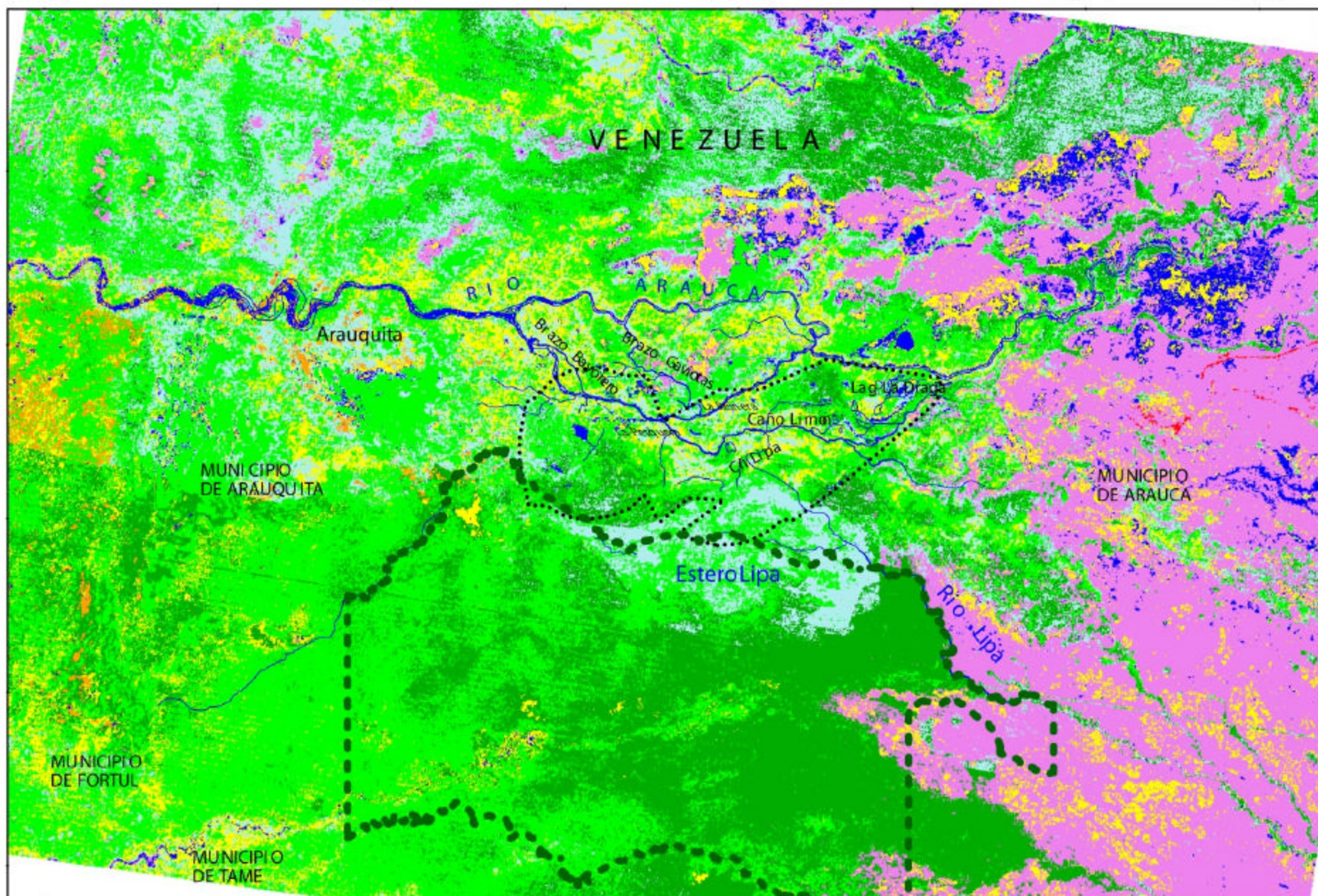
7° 7' 0" N

6° 53' 0" N

6° 53' 0" N

6° 39' 0" N

6° 39' 0" N



71°38' 0"W

71° 24' 0" W

71°10'0" W

70°56'0" W

70° 49' 0" W



Figura 6.1. Mapa del santuario de fauna y flora de Arauca, y su relación con las coberturas vegetales, 1973

- Límite Municipal
- ... Límite contrato Asociación Cravo Norte
- Cauce principal actual
- Dren temporal
- Area Antiguo Santuario de Flora y Fauna (Ubicación Aproximada)

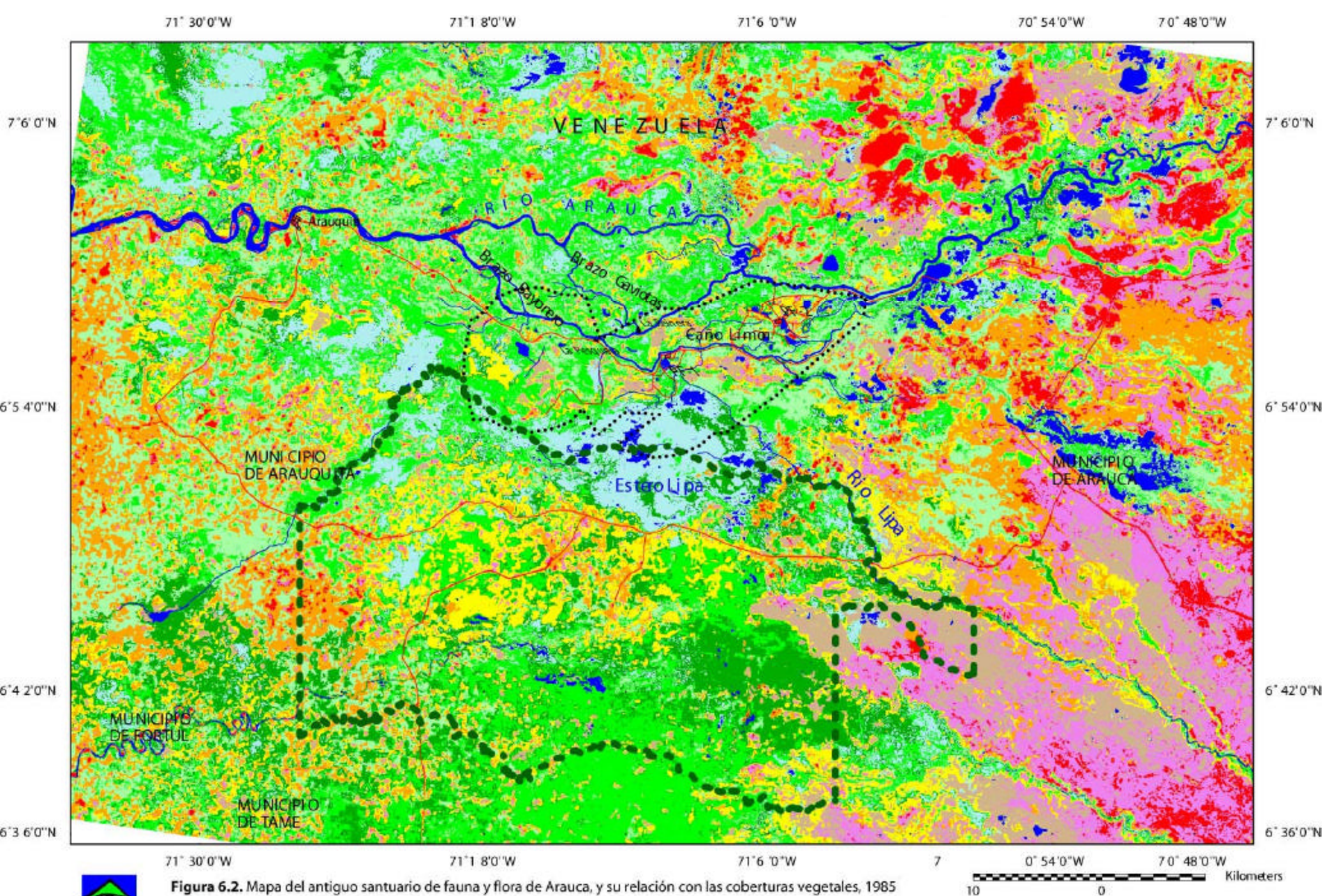
- SABANAS
- PASTOS Y CULTIVOS
- CUERPOS DE AGUA

- VEGETACION DE HUMEDALES
- BOSQUE BASAL DEL ORINOQUIA
- MATORRALES

- BOSQUE BASAL FRAGMENTADO
- AREAS DEGRADADAS

10 0 Kilómetros

Elaborado con base en la imagen Landsat MSS 6-55 de 1973, CLASIFICACION DIGITAL NO SUPERVISADA



- Red vial actual
- Limite contrato Asociacion Cravo Norte
- Cauce principal actual
- Dren temporal
- Area Antiguo Santuario de Flora y Fauna (Ubicacion Aproximada)

CUERPOS DE AGUA

VEGETACION DE HUMEDALES

BO SQUE BASAL FRAGMENTADO

BO SQUE BASAL DEL ORINOCO

PASTOS Y CULTIVOS

MATORRALES

SABANAS INTERVENIDAS

VEGETACION HERBACEA

SABANAS

AREAS DEGRADADAS

Elaborado con base en la imagen Landsat TM 6-55 de 1985, CLASIFICACION DIGITAL NO SUPERVISADA

71°18'0"W

71°12'0"W

71°6'0"W

7°0'0"N

7°0'0"N

6°54'0"N

6°54'0"N

71°18'0"W

71°12'0"W

71°6'0"W



Figura 6.3. Mapa de coberturas vegetales, contexto local departamento de Arauca, 1973

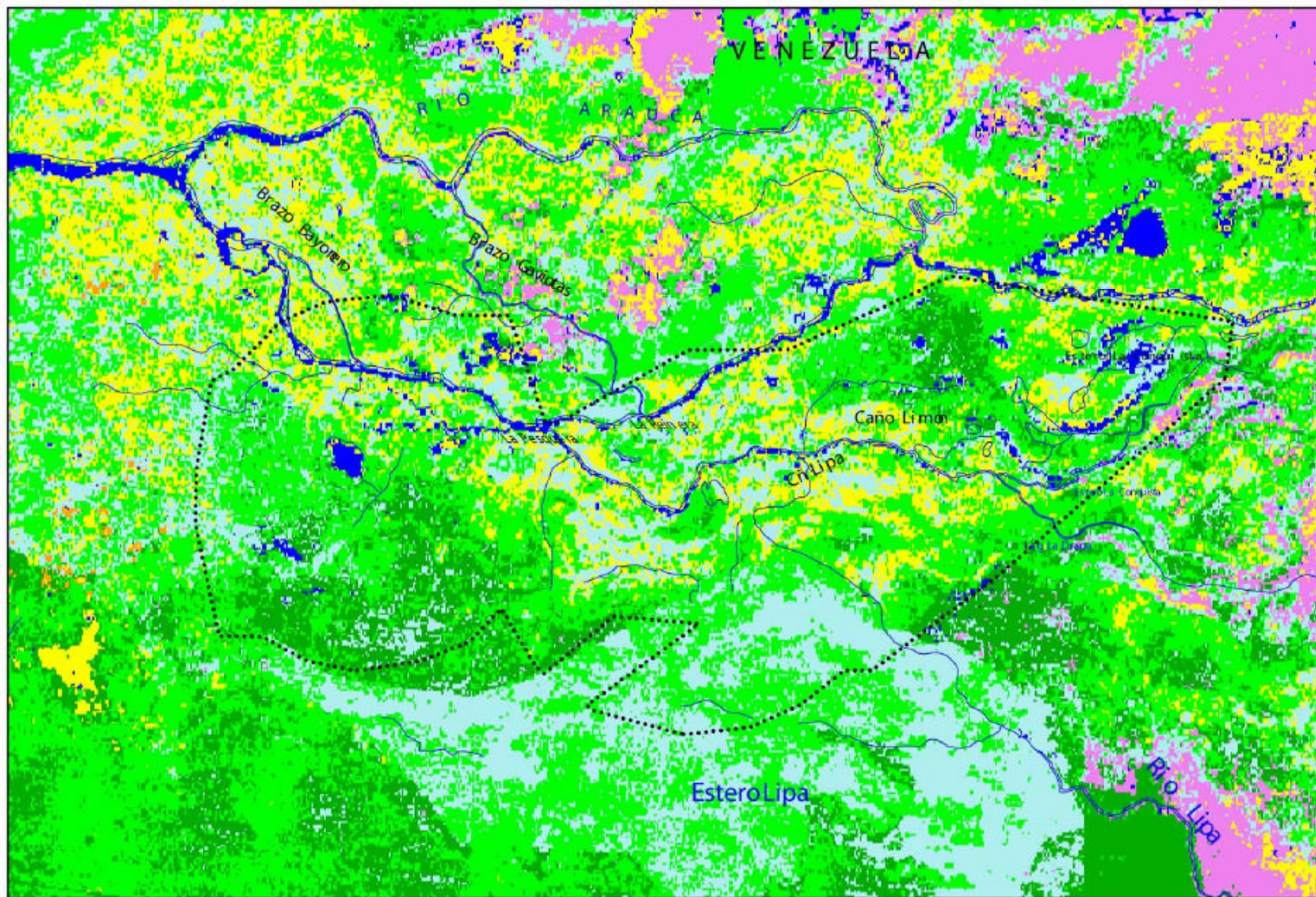
.... Limite contrato Asociacion Cravo Norte
 ~~~~~~ Cauce principal actual  
 --- Dren temporal

SABANAS  
 PASTOS Y CULTIVOS  
 CUERPOS DE AGUA

VEGETACION DE HUMEDALES  
 BOSQUE BASAL DEL ORINO CO  
 MATORRALES

BOSQUE BASAL FRAGMENTADO

Elaborado con base en la imagen Landsat MSS 6-55 de 1973,  
 CLASIFICACION DIGITAL NO SUPERVISADA



71°18'0"W

71°12'0"W

71°6'0"W

7

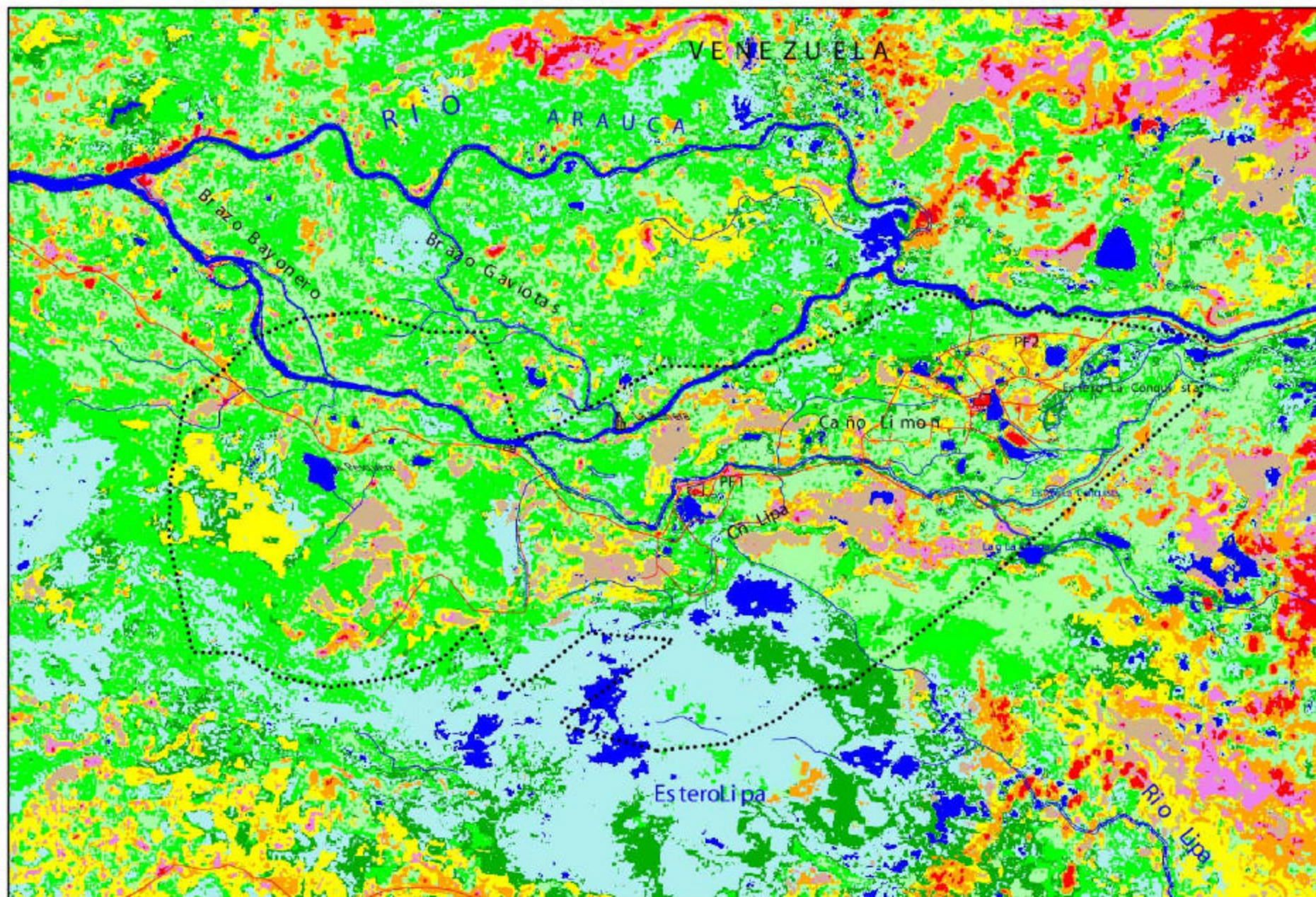
1°0'0"N

7°0'0"N

7°0'0"N

6°54'0"N

6°54'0"N



71°18'0"W

71°12'0"W

71°6'0"W

7

1°0'0"N



**Figura 6.4.** Mapa de coberturas vegetales, contexto local departamento de Arauca, 1985

- Red vial actual
- Limite contrato Asociacion Cravo Norte
- Cauce principal actual
- Dren temporal

- CUERPOS DE AGUA
- VEGETACION DE HUMEDALES
- BOSQUE BASAL FRAGMENTADO

- BOSQUE BASAL DEL ORINOCO
- PASTOS Y CULTIVOS
- MATORRALES

- SABANAS INTERVENIDAS
- VEGETACION HERBACEA
- SABANAS

- AREAS DEGRADADAS

5 0 5 Kilómetros

Elaborado con base en la imagen Landsat TM 6-55 de 1985, CLASIFICACION DIGITAL NO SUPERVISADA

bosque hidrotropofítico son principalmente: cámbulo (*Erythrina spp*), caracolí (*Anacardium excelsum*), higuerón (*Ficus americano*), *Luethea spp.*, entre otras.

- *Bosque basal fragmentado*: Esta unidad corresponde a una cobertura de transición en donde los bosques se encuentran intervenidos por sistemas agropecuarios en hasta un 50%. Esta unidad está relacionada en la zona de interés con el inicio de la actividad humana (deforestación por ampliación de la frontera agrícola y pecuaria) y desarrollo de diferentes fases sucesionales de vegetación (pastizales y rastrojos).
- *Vegetación de humedal*: Se encuentra en las extensiones de interfaz entre los sistemas acuáticos y terrestres (Corwardin *et al.*, 1979). Estas coberturas regionales, cuando se hallan sobre suelos mal drenados en los valles aluviales inundables de los ríos y en terrazas bajas, son llamadas 'morichales' y están compuestas principalmente por consociaciones de *Eichornia azurea* y *E. crassipes*, *Eichinodorus paniculatum* y *Pistia stratiotes* sobre el espejo de agua, en la zona marginal a la tierra firme, iniciando el enraizamiento con la asociación de la paja chigüerera (*Paspalum fasciculatum*); a continuación se ubican las consociaciones de *Thalia geniculata*, sauce playero (*Tessaria intergrifolia*) y rábano (*Montrichardia arborescens*). La convención de Ramsar incluye en la categoría de humedales "[? ] marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces o salobres y extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda en seis metros" (Scott y Carbonell, 1983).
- *Sabana*: Esta unidad hace referencia principalmente a aquellas planicies en las que la vegetación predominante es de tipo herbáceo con algunos arbustos y raramente con elementos arbóreos. Dentro de las especies predominantes en esta unidad se puede citar al pasto rabo-de-zorro (*Andropogon bicornis*), pasto nativo (*Paspalum virgatum*) y elementos del género *Fimbristilis spp.*
- *Vegetación herbácea y matorrales*: Estas dos unidades corresponden a diferentes etapas del proceso sucesional, es decir, a las fases de recuperación de la cobertura vegetal una vez ha sido intervenida.
- *Pastos y cultivos*: Se trata de una unidad producto de la transformación antrópica de las coberturas vegetales naturales por los procesos de colonización. Inicialmente estas unidades se localizaron en las márgenes fluviales y, posteriormente, a lado y lado de las vías carretables, para expandirse en todo el territorio. Entre los cultivos de la zona se destacan el arroz, el plátano, la yuca, el maíz, la caña, el cacao y los frutales.
- *Sabana intervenida*: Cobertura que corresponde a la primera fase de degradación de la cobertura vegetal de la sabana.
- *Cuerpo de agua*: Corresponde ríos, caños, quebradas y espejos de agua de sistemas lénticos.
- *Área degradada*: Unidad que representa la fase final de deterioro de las antiguas coberturas boscosas o de sabana, es decir, son áreas en las que los suelos pueden estar desprovistos de vegetación herbácea o con muy poco de ella.

## 6.2. DINÁMICA DE LAS COBERTURAS VEGETALES (1973–1985)

Un análisis multitemporal de las imágenes de satélite Landsat MSS y TM 5 (6-55) de 1973 y 1985, respectivamente, con un nivel de resolución 1:100.000 permite inferir el estado de las coberturas vegetales en 1973 y los cambios y la transformación que experimentaron en un

lapso de 12 años (1985). Para una mejor comprensión, el análisis se hará en dos niveles: el primero, de contexto regional, en donde se incluye, no sólo el área de la asociación, sino también un entorno espacial mayor en el que se observan las relaciones de las unidades de coberturas vegetales con los procesos de ocupación y uso del territorio. Y un análisis local, que corresponde exclusivamente al área de la asociación Cravo Norte A.

### 6.2.1 Análisis del contexto regional

El área seleccionada corresponde a una subescena de la imagen de satélite 6-55, tomándose como referente al departamento de Arauca y, en especial, al municipio de Arauquita, con pequeñas áreas anexas de municipios vecinos (Arauca, Fortul y Tame); corresponde a la zona ubicada en la margen derecha del río Arauca, con un total de 479.035 ha enmarcadas dentro de las siguientes coordenadas:

X mínimo: 1268986,500      X máximo: 1373272,500  
Y mínimo: 1215712,500      Y máximo: 1279319,500

Esta visión global brinda los elementos necesarios para identificar la dinámica de transformación del medio natural, dándole un contexto mayor al área de análisis (Asociación Cravo Norte A).

Se presenta a continuación en la **tabla 6.1** el resumen de las unidades de clasificación obtenidas para el contexto regional en 1973 y 1985:

| Unidad de cobertura vegetal | 1973    |      | 1985    |      | Cambio en el porcentaje | Cambio respecto a cada unidad |      |
|-----------------------------|---------|------|---------|------|-------------------------|-------------------------------|------|
|                             | ha      | %    | ha      | %    |                         | ha                            | %    |
| Sistema natural             |         |      |         |      |                         |                               |      |
| Bosque basal del Orinoco    | 70.323  | 15   | 49.562  | 10   | - 5                     | - 20.761                      | - 30 |
| Vegetación de humedal       | 34.944  | 7    | 32.638  | 6.5  | - 0.5                   | - 2.306                       | - 7  |
| Sabana                      | 151.639 | 32   | 52.892  | 11   | - 21                    | - 98.747                      | - 65 |
| Cuerpo de agua              | 5.138   | 1    | 17.182  | 4    | + 3                     | + 12.044                      | + 70 |
| Subtotal                    | 262.044 | 55   | 152.274 | 32   | - 23.5                  |                               |      |
| Sistema en transición       |         |      |         |      |                         |                               |      |
| Bosque fragmentado          | 188.879 | 39   | 78.430  | 16   | - 23                    | - 110.449                     | - 58 |
| Subtotal                    | 188.879 | 39   | 78.430  | 16   | - 23                    |                               |      |
| Sistema intervenido         |         |      |         |      |                         |                               |      |
| Pastos y cultivos           | 25.594  | 5    | 51.355  | 11   | + 6                     | + 25.761                      | + 50 |
| Vegetación herbácea         |         | 0    | 75.619  | 16   | + 16                    | + 75.619                      |      |
| Matorrales                  |         | 0    | 75.554  | 16   | + 16                    | + 75.554                      |      |
| Sabana intervenida          |         | 0    | 34.490  | 7    | + 7                     | + 34.490                      |      |
| Área degradada              | 2.229   | 0.5  | 11.024  | 2    | + 1.5                   | + 8.795                       | + 8  |
| Subtotal                    | 27.823  | 5.5  | 248.040 | 52   | + 46.5                  |                               |      |
| Área sin identificar        | 289     | 0.06 | 289     | 0.06 | 0.06                    |                               |      |
| Total                       | 479.035 | 100  | 479.035 | 100  | 0                       |                               |      |

Fuente: IDEAM, 2000

**Tabla 6.1** Resumen de la clasificación de coberturas vegetales para el contexto regional en los años 1973 y 1985. Departamento de Arauca

#### 6.2.1.1. Análisis para 1973

De acuerdo con la **figura 6.1** y la **tabla 6.1**, para 1973 se pudo diferenciar un sistema natural representado por un conjunto de coberturas vegetales con grado de alteración muy poco significativo, es decir, cuyas propiedades básicas originales se habían mantenido; y un sistema intervenido, correspondiente principalmente a aquellas coberturas vegetales modeladas totalmente por el hombre, como pastos y cultivos.

El sistema natural ocupaba para ese entonces un total de 262.044 ha, equivalentes aproximadamente a 55% del área, y estaba representado por bosques basales del Orinoco, sabanas y vegetación de humedal.

Los bosques basales del Orinoco, con una extensión de 70.323 ha, ocupaban el 15% del total del área y estaban confinados principalmente hacia la parte suroccidental y en algunos sectores aledaños al río Arauca, el brazo Bayonero y el caño Limón. De éstos, los bosques asociados a las márgenes de los ríos mostraban un alto grado de intervención humana, iniciada desde la década de los cincuenta, con migraciones determinadas por las redes fluviales antes de la existencia de las vías carretables.

Las sabanas propiamente dichas (151.639 ha) correspondían a 32% del área y estaban ubicadas principalmente en la parte suroriental de la región, en donde las condiciones ecológicas, hidroclimáticas y edafológicas favorecían su desarrollo.

Los humedales (pantanos y esteros), con 34.944 ha, cubrían 7% del área y estaban localizados preferencialmente en la llanura inundable del río Arauca, formando un paisaje o corredor de esteros que se iniciaba desde el estero del Lipa hacia el sector de Arauquita.

Entre los bosques y las sabanas fue posible determinar una franja de transición, caracterizada por presentar un tipo de vegetación herbácea y arbustiva con árboles dispersos. Esta unidad generalmente es objeto de rápida transformación debido a los procesos de tala, roza y quema para el establecimiento de unidades agropecuarias. El sistema en transición estaba representado por 188.879 ha de bosque basal fragmentado, equivalentes a 39% del área.

El sistema intervenido para esta época dentro del contexto regional estuvo representado por agroecosistemas relacionados en su mayoría con pastos para ganadería extensiva y cultivos de menor representatividad a orillas de los cauces de agua, como plátano, cacao, maíz, yuca, arroz, frijol, entre otros. El total de área ocupada por cultivos era 25.594 ha, equivalentes a 5% del área considerada.

Dentro del sistema intervenido se halló igualmente una categoría relacionada con áreas degradadas, caracterizadas por mostrar un suelo desprovisto de vegetación o con algún tipo de vegetación graminoide muy escasa. Para este escenario de análisis se identificó 0.5% de áreas degradadas.

En términos generales, se concluye que en 1973 el indicador de conservación para el área de referencia era 55%, respecto al 6% que representaba el sistema intervenido y al 39%, de sistemas en transición, evidenciando un escenario con alteración del medio natural.

Las coberturas vegetales naturales (bosques basales, sabanas y humedales) se encontraban en un grado bajo de alteración y las actividades de aprovechamiento estaban concentradas en su mayoría en áreas asociadas a los cuerpos de agua (río Arauca, brazo Bayonero y caño Limón), por ser ejes determinantes de los procesos de colonización.

#### 6.2.1.2. Análisis para 1985

En la **figura 6.2** y la **tabla 6.1** aparecen unidades diferentes a las del año 1973, como son las de vegetación herbácea (pastizales), matorrales y áreas degradadas, indicadoras de la alteración acelerada de los bosques fragmentados y la expansión de la colonización en el bosque basal del Orinoco. Se observa además que las unidades identificadas en 1973—bosque basal del Orinoco, sabanas y vegetación de humedales— sufrieron igualmente una profunda transformación a causa los procesos de migración poblacional hacia la zona y a los patrones inadecuados de aprovechamiento de los recursos.

La deforestación fue tan intensa que se perdieron 20.761 ha de la unidad de bosque basal del Orinoco y 110.449 ha de bosque basal fragmentado. La mayor pérdida correspondió a los bosques basales fragmentados del Orinoco, cuyo retroceso en un lapso de 12 años fue 23%, equivalentes para 1985 a tan sólo 16% del total del área de estudio regional.

Las 78.430 ha de bosque fragmentado que quedaban en 1985 correspondían a unas cuantas manchas de bosque hacia el suroccidente de la región. Esta unidad representa la parte del sistema boscoso que ha tenido modificaciones en cuanto a su estructura, composición y dinámica naturales. Cabe anotar que los bosques fragmentados pueden utilizarse como medida indirecta de los procesos de alteración del medio, ya que reflejan una cobertura en transición que, de seguir bajo los mismos esquemas de aprovechamiento, se convertirá definitivamente en el corto plazo en agroecosistemas. Sin embargo, si se congelan las actividades productivas, son los más aptos en términos de restauración ecosistémica— para revertir el proceso de deterioro.

Igualmente, las sabanas pasaron de ocupar 151.639 ha en 1973 a 52.892 ha en 1985, experimentando una disminución de 98.747 ha, equivalentes a 65%.

Y por último, los humedales mostraron una transformación muy leve disminuyendo tan sólo 2.306 ha –7% con relación a 1973—, hecho explicable por tratarse de ecosistemas de difícil aprovechamiento para actividades agropecuarias.

Para 1985, el sistema intervenido mostró un mayor número de unidades que para 1973, pues se lograron identificar otras coberturas vegetales, como matorrales, vegetación herbácea (rastros) y sabanas intervenidas, correspondientes a diferentes estados sucesionales propiciados por la destrucción de la cobertura vegetal original. La sumatoria de matorrales y vegetación herbácea mostró un total de 151.173 ha, equivalentes a 32% del área, hecho que permite inferir los procesos de transformación a los que han estado sometidos los recursos vegetales. Los datos resultantes de los análisis para esta fecha mostraron que la unidad de agroecosistemas tuvo un incremento de área de 5%, es decir, pasó a ocupar un total de 51.355 ha, duplicándose para 1985.

Para ese entonces, también se empezaron a detectar sectores degradados en el interior de las sabanas, lo que, por las condiciones propias de estas unidades, hace pensar que se trata de áreas vulnerables a los procesos de deterioro.

En resumen, para 1985 se evidenció en el nivel regional un retroceso del sistema natural de 23%, pasando de 262.044 ha (55%) en 1973 a 152.274 ha (32%) en 1985, mientras que el sistema intervenido creció 46%, pasando de 27.823 ha a 248.040 ha. Un análisis del cambio de cada una de estas categorías indica que el sistema natural decreció 94% y el intervenido creció 89%, lo que se traduce como una etapa de sobreexplotación de los recursos vegetales de la zona durante el período de análisis (1973–1985).

### 6.2.2. Análisis del contexto local

Esta área de 27.387 ha se define como la enmarcada dentro de la jurisdicción del contrato de asociación Cravo Norte-A, según resolución 5-0978 de 1991 del Ministerio de Minas y Energía. Para este análisis, y a partir del mapa de coberturas vegetales de la **figura 6.3** y la **tabla 6.2**, se consideró un área de 27.388 ha, estimadas a partir de la clasificación de las imágenes de satélite hecha por IDEAM.

En la **tabla 6.2** se resumen las unidades de clasificación obtenidas para el contexto local (contrato de asociación Cravo Norte A) en 1973 y 1985:

| Unidad de cobertura vegetal | 1973          |             | 1985          |             | Cambio en el porcentaje | Cambio respecto a cada unidad |        |
|-----------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------|-------------------------------|--------|
|                             | ha            | %           | ha            | %           |                         | ha                            | %      |
| Sistema natural             |               |             |               |             |                         |                               |        |
| Bosque basal del Orinoco    | 3.588         | 13          | 2.133         | 8           | - 5                     | - 1.455                       | - 41   |
| Vegetación de humedal       | 6.607         | 24          | 4.933         | 18          | - 6                     | - 1.674                       | - 6    |
| Sabana                      | 82            | 0.3         | 350           | 1           | + 0.7                   | + 268                         | + 0.98 |
| Cuerpo de agua              | 840           | 3           | 1.120         | 4           | + 1                     | + 280                         | +25    |
| <b>Subtotal</b>             | <b>11.117</b> | <b>40.3</b> | <b>8.536</b>  | <b>31</b>   | <b>- 9.3</b>            | <b>- 2.581</b>                |        |
| Sistema en transición       |               |             |               |             |                         |                               |        |
| Bosque fragmentado          | 11.954        | 44          | 6.855         | 25          | - 19                    | - 5.099                       | - 43   |
| <b>Subtotal</b>             | <b>11.954</b> | <b>44</b>   | <b>6.855</b>  | <b>25</b>   | <b>- 19</b>             | <b>- 5.099</b>                |        |
| Sistema intervenido         |               |             |               |             |                         |                               |        |
| Pastos y cultivos           | 4.316         | 16          | 2.836         | 10          | - 6                     | - 1.480                       | -34    |
| Vegetación herbácea         |               | 0           | 6.110         | 22          | + 22                    | + 6.110                       |        |
| Matorrales                  |               | 0           | 1.210         | 4           | + 4                     | + 1.216                       |        |
| Sabana intervenida          |               | 0           | 1.743         | 6           | + 6                     | + 1.743                       |        |
| Área degradada              |               | 0           | 92            | 0.3         | + 0.3                   | + 92                          |        |
| <b>Subtotal</b>             | <b>4.316</b>  | <b>16</b>   | <b>11.997</b> | <b>42.3</b> | <b>26.3</b>             | <b>7.681</b>                  |        |
| Área sin identificar        | 289           | 0.06        | 289           | 0.06        | 0                       |                               |        |
| <b>Total</b>                | <b>27.676</b> | <b>100</b>  | <b>27.676</b> | <b>100</b>  | <b>0</b>                |                               |        |

Fuente: IDEAM

**Tabla 6.2** Resumen de la clasificación de coberturas vegetales para el contexto local (asociación Cravo Norte A) en 1973 y 1985. Departamento de Arauca

#### 6.2.2.1. Análisis para 1973

En este contexto espacial se identificó para 1973 un sistema natural representado por bosques y humedales. Los primeros fueron cuantificados en 3.588 ha, equivalentes a 13% del total del área, y los segundos, en 6.607 ha, correspondientes a 24%. La representatividad de unidades de sabana como tales fue bastante baja, con 82 ha equivalentes a 0.3% (**figura 6.3**).

El sistema en transición, es decir, el bosque basal fragmentado, estaba representado por 11.954 ha, equivalentes a 44%. En esta área se habían dado procesos de intervención pero aún se mantenía una cobertura boscosa.

El área restante de 4.316 ha (16%) estaba ocupada en su mayoría por pastos y cultivos de subsistencia.

El sistema natural representaba 41% del área; el sistema en transición, 44% y el sistema intervenido correspondía a 16%. De la misma manera que para el contexto regional, en este momento ya se evidencia la intervención antrópica en el contexto local, aunque con un mayor grado de alteración del medio ambiente.

#### 6.2.2.2. Análisis para 1985

La transformación sufrida por las coberturas vegetales en el lapso 1973–1985 se manifestó en el nivel local como una reducción de bosque de 5% (de 3.588 ha a 2.133 ha) y de vegetación de humedal de 6% (de 6.607 ha a 4.933 ha). Además, se detectaron procesos locales de ‘sabanización’, manifestados en el 1% de aumento de la sabana. En cuanto a los bosques fragmentados, disminuyeron 19% con respecto a 1973 (de 11.954 ha a 6.855 ha) en el nivel local (**figura 6.4** y **tabla 6.2**).

El sistema intervenido, representado no sólo por pastos y cultivos sino por matorrales, vegetación herbácea y áreas degradadas, pasó a ocupar 44% del área considerada.

Este panorama ilustra la dinámica local de degradación acelerada que tenían los ecosistemas en 1985, ya que, de disponer en 1973 de una oferta natural de 41% pasó a 31% en 1985; se destaca la pérdida de 1.455 ha de bosque basal del Orinoco, correspondientes al 41%.

A partir de 1985, empieza dentro de este contexto local el desarrollo de la explotación petrolera. Para poder establecer la dinámica de las coberturas vegetales desde ese entonces hasta ahora, es necesario recurrir a la interpretación de imágenes de satélite recientes.

### 6.3. CARACTERIZACIÓN ECOSISTÉMICA

Desde una visión ecosistémica, y a partir de un análisis de información secundaria, se presenta a continuación una breve definición y caracterización de las unidades ecológicas o ecosistémicas reportadas por otros investigadores para esta área de estudio<sup>3</sup>:

#### Esteros

Son formas de drenaje similares a los caños pero de cauce plano y amplio, cuya vegetación más común está representada por plantas herbáceas (*Heliconia marginata*, *Caltha lutea*, *Thalia geniculata*, *Hymenachne amplexicaulis*, *Panicum versicolor*, *Paspalum pulchellum*, *Scleria hirtella* e *Hypis conferta*) que se alternan con una vegetación flotante (*Eichhornia crassipes*, *E. azurea*, *Pistia stratiotes*) presente en lugares siempre inundados y que puede cubrir el espejo de agua obstaculizando la navegación y taponando los caños (**foto 6.1**).

Sarmiento *et al.* (1971) establecieron que las depresiones inundables del río Lipa permiten la formación de un ‘paisaje de esteros’ caracterizado por vegetación palustre o de pantano. Esta categoría se asocia con la unidad de cobertura vegetal identificada como ‘vegetación de humedales’, según la clasificación metodológica del IDEAM a escala 1:100.000.

<sup>3</sup> Zuluaga, C. *et al.*, 1994. “Notas para la caracterización preliminar de las principales unidades ecológicas de la zona de caño Limón”, *Trianea* N°5, Bogotá

<sup>3</sup> Real Martínez y Asociados, 1985. *Estudio ecológico y ambiental del área de asociación Cravo Norte–Arauca*. Vol. III

<sup>3</sup> Occidental de Colombia. *Plan de manejo ambiental*

## Fotos

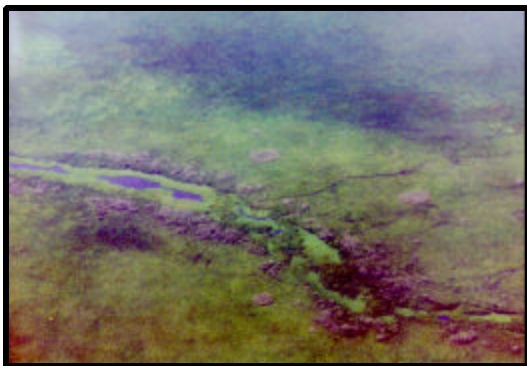


**Foto 6.1** Vista parcial del estero de Lipa, con vegetación caracterizada por macrófitas acuáticas



**Foto 6.2** Paisaje característico de un ecosistema acuáticos de estero, área de Caño Limón (Arauca)

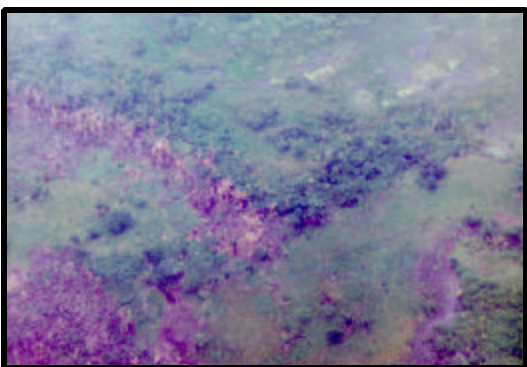


**Foto 6.3** Área Caño Limón–estero de Lipa, evidencias de intervención de la cobertura vegetal



**Foto 6.4** Arauco (*Anhima cornuta*) en el campo Caño Limón (Arauca)



**Foto 6.5** Anaconda (*Eunectes murinus*) en una carretera interna del campo Caño Limón (Arauca)



**Foto 6.6** Chigüiro (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en el campo Caño Limón (Arauca)

## Fotos



**Foto 6.7** Ejemplar de Iguana (*Iguana* sp.) en Caño Limón (Arauca)



**Foto 6.8** Ave del paraíso (*Heliconia* sp.) en el área de Caño Limón (Arauca)

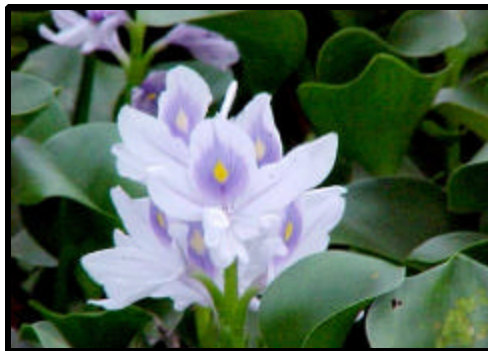


**Foto 6.9** Buchón de agua (*Eichornia* sp.) en el estero la Conquista, campo Caño Limón (Arauca)

### Bosques y matorrales de pantano

Esta cobertura vegetal se encuentra en áreas inundadas depresionales en las que el agua se estanca por falta de desagüe y tiene un comportamiento estacional (**foto 6.2**). La vegetación incluye comunidades de tipo herbáceo que exhiben una fisonomía de bosque bajo o de matorral entremezclada con árboles de porte bajo y mediano: los de porte bajo corresponden en su mayoría a individuos de *Paspalum fasciculatum* (gramalote), *Imperata contracta* y *Polygonum acuminatum*. Entre los árboles de pequeño y mediano porte se encuentran campanillos (*Ipomea* sp.), guácimos (*Luethea seemannii*), laureles (*Nectandra* sp.), bucares (*Erythrina fusca*), entre otros. En algunos caños se hallan especies pioneras como *Inga* sp., *Mimosa pigra*, *Spondias mombin*, *Trichantera gigantea* (cafeto) y *Tessaria integrifolia* (sauce playero).

Esta categoría se asocia, al igual que la anterior, a la unidad de cobertura vegetal identificada como 'vegetación de humedal', según la clasificación metodológica del IDEAM a escala 1:100.000.

### Bosque de vega

Se encuentra principalmente en las márgenes del río Arauca y, de acuerdo con su ubicación, es posible diferenciarlo en dos clases: bosque alto de vega y bosque bajo de vega. Los primeros, de acuerdo con la FAO (1965), se caracterizan por tener dos estratos arbóreos con alturas de 30 a 50 m y copas entre 9 y 12 m, principalmente; algunas especies representativas del bosque alto de vega son el chaco (*Pseudomelodia lae vugata*), picapica (*Brosimum* sp.), caimito (*Pouteria* sp.), guamo (*Inga* sp.), ceiba (*Pseudobombax* sp.), aceite (*Copaifera officinalis*) e higuerón (*Ficus* sp.), entre otras. En los bosques bajos de vega se incluye una mezcla de palmas (*Scheelia* sp.) y otras especies típicas de pantano, con árboles de menor volumen y en menor número.

Esta categoría, al igual que el bosque de galería, las selvas inundables y las no inundables, que se enuncian a continuación se relacionan con la unidad de cobertura vegetal identificada como vegetación de 'bosque basal del Orinoco', según la clasificación metodológica de IDEAM a escala 1:100.000.

### Bosque de galería

Estos bosques se encuentran asociados a los cursos de agua, y la cobertura vegetal presente en ellos varía de acuerdo con las condiciones de relieve. Sin embargo, son característicos los guamos (*Erythrina poeppigiana* y *Erythrina fusca*), jobos (*Spondias mombin*), sauces (*Tessaria integrifolia*) y cañas (*Gynerium sagittatum*).

### Selva inundable

Los bajos o depresiones que se anegan periódicamente se hallan cubiertos por selva inundable (Zuluaga *et al.*, 1994), que pueden entremezclarse con la selva no inundable, dependiendo de la condición suave o abrupta del terreno. Las especies predominantes son: *Erythrina fusca* –con alturas de hasta 15 m–, *Trichantera gigantea*, jobo (*Spondias mombin*), aceite (*Copaifera officinalis*), laurel (*Cordia* sp.), ceiba (*Ceiba pentandra*), cedro (*Cedrela* sp.), pasto rabo-de-zorro (*Leptocoryphium lanatum*), *Andropogon selloanus*, *Axonopus purpusii*, *Eriochrysis holcoides*, *Sorghastrum parviflorum*, pasto estrella (*Rhynchospora globosa*), entre otras.

### *Selva no inundable*

Esta selva se localiza generalmente en las planicies de las sabanas en superficies ligeramente onduladas que no llegan a inundarse en época lluviosa. El piso de esta selva se caracteriza por la presencia de una red de 'zueros' o cárcavas de más de un metro de profundidad que se entrecruzan en los espacios interarbóreos. La vegetación presenta una estructura de tres o más estratos. Dentro de las especies arbóreas se pueden citar las siguientes: laurel (*Nectandra sp.*), mula muerta (*Gustavia sp.*), tachuelo (*Fagara sp.*), guamo (*Inga sp.*), flor amarillo (*Tabebuia crysanthra*), madroño (*Rheedia madruno*), entre otras. Los estratos medios y arbustivos están conformados por palmas (*Bactris sp.*, *Socratea sp.*, *Oenocarpus*), *Axonopus cf. aureus*, *Elyonorus adustus*, *Scleria bracteata*, *Paepalanthus spp.* y *Xyris savannensis*, entre otras.

Este mosaico de unidades ecológicas es producto de la dinámica hidrológica de la región, originada por el desbordamiento de río Arauca, junto con otros ríos y caños, durante la época lluviosa, y por el desecamiento de algunos cuerpos de agua menores durante la época de verano.

Los cambios estacionales marcan a su vez el comportamiento de las especies que se encuentran en la región. Las plantas conservan una íntima relación con factores climáticos que inducen sus procesos fenológicos, al igual que los animales (en especial, los peces) que inician las migraciones para su maduración gonadal o en busca de lugares que tengan una mejor oferta alimenticia e hídrica.

### *Sabana inundable*

Las sabanas inundables ocupan los lugares permanentemente anegadizos que, durante los periodos lluviosos y como consecuencia de las crecientes de los ríos, pueden quedar cubiertas por una capa de agua "por lo menos de 10 cm" <sup>4</sup> durante varios meses al año. El agua desbordada proporciona gran cantidad de nutrientes en forma de sedimentos y detritos.

Cabe resaltar el papel ecológico de estos sistemas que durante las inundaciones presentan una gran productividad biológica y se constituyen en hábitats propicios para el desarrollo de algunas larvas de peces.

Esta categoría corresponde a la unidad de cobertura vegetal identificada como 'vegetación de sabana', según la clasificación metodológica de IDEAM a escala 1:100.000.

## **6.4. FLORA**

Algunos inventarios florísticos realizados en el área del proyecto<sup>5</sup> se basaron en la metodología del 'enfoque paisajístico' de Christian y Stewart (1953–1968), modificada por Sarmiento y Monasterio (1971), consistente en el reconocimiento de comunidades vegetales determinadas por su estructura y fisonomía a través del análisis de fotografías aéreas. Adicionalmente, estos análisis se apoyaron en fuentes bibliográficas, tales como el *Reconocimiento edafológico de los Llanos Orientales de Colombia* (FAO, 1964) y *Tropical savanna vegetation of the Llanos of Colombia* (Blydenstein, 1967), y en encuestas realizadas a los moradores de la región.

<sup>4</sup> Zuluaga *et al.* "Notas para la caracterización preliminar de las principales unidades ecológicas de la zona de caño Limón", *Trianea* N°5, Bogotá: , 1994

<sup>5</sup> Real Martínez y Asociados. *Estudio ecológico y ambiental del área de asociación Cravo Norte–Arauca*. Vol. III, 1985

Aproximadamente se han registrado 474 especies vegetales para la región<sup>6</sup>, representadas por plantas acuáticas (macrófitas y flotantes) y terrestres (hierbas, arbustos y árboles) distribuidas de acuerdo con su hábitat preferencial dentro de las unidades ecológicas existentes arriba descritas. Las gramíneas son bastante representativas, junto con las leguminosas.

La visita de campo permitió el reconocimiento de gran variedad de especies y establecer que, aunque la mayoría de los bosques de la zona del campo petrolero Caño Limón ha sido intervenida, como lo evidencia la presencia de especies pioneras como el yarumo, los bosques se encuentran en proceso de recuperación, siendo los de vega y de galería los más representativos, es decir, aquellos asociados a un cuerpo de agua. Adicionalmente, se reconocieron algunos terrenos que han sido objeto de reforestación por parte de la Occidental (**foto 6.3**).

## 6.5. FAUNA

De acuerdo con los datos obtenidos de la información evaluada, la riqueza biológica de esta zona es bastante alta. En la **tabla 6.3**, se presenta un resumen numérico de las especies reportadas:

| Peces | Anfibios | Reptiles | Aves | Mamíferos |
|-------|----------|----------|------|-----------|
| 147   | 23       | 30       | 275  | 41        |

Fuente: Occidental de Colombia

**Tabla 6.3.** Relación de especies reportadas para el área Caño Limón–estero de Lipa (Arauca)

### 6.5.1. Peces

Aunque se ha reportado para la región de la Orinoquia una gran variedad de especies ícticas, la falta de estudios biológico–pesqueros hace que todavía sea un recurso un tanto desconocido.

De acuerdo con los datos del Inpa (1997)<sup>7</sup>, los estudios realizados para el río Arauca muestran que la comercialización de los productos pesqueros involucra dos tipos de productos: especies de cuero y de escama.

Entre los primeros sobresalen el bagre *fasciatum* (*Pseudoplatystoma fasciatum*), el tigrino (*Pseudoplatystoma tigrinum*) y el cajaro (*Phractocephalus hemiliopterus*); mientras que de los segundos se destacan el coporo o bocachico (*Prochilodus* sp) y la palometa (*Mylossoma duriventris*). Otras especies son el amarillo, el mapurito, el bagre pobre, la cachama blanca y la cachama negra. Adicionalmente, se encuentra una gran variedad de especies de peces ornamentales, de las cuales diez son las más comercializadas<sup>8</sup>.

### 6.5.2. Anfibios

Los estudios sobre anfibios para esta zona han sido bastante escasos. Las especies de la familia Hilidae son las más representativas.

<sup>6</sup> Occidental de Colombia. *Plan de manejo ambiental*

<sup>7</sup> Inpa. *Aspectos preliminares de cinco especies comerciales del río Arauca*, 1997

<sup>8</sup> Inpa. *Monitoreo de la comercialización de peces ornamentales en los principales centros de acopio de Arauca*, 1998

### 6.5.3. Reptiles

En cuanto a las especies de reptiles, es de resaltar que la mayoría de sus representantes han sido sujetos a una intensa presión de caza tradicional, ya sea por su carne, huevos o piel, llegando a situaciones tan extremas como a la del *Crocodylus intermedius*, cuyos individuos son muy raros<sup>9</sup>.

Mediante la visita de inspección al campo fue posible observar la presencia de algunas babillas, no sólo en la piscina de almacenamiento de lixiviados del relleno sanitario de residuos convencionales, sino en el estero de la Conquista.

### 6.5.4. Aves

La gran diversidad de aves es explicable por el número de pantanos presentes en la zona, los cuales son considerados hábitats preferenciales de la avifauna por la oferta alimenticia que presentan. Las garzas y los patos son quizás los grupos más representativos, es decir, que tienen poblaciones bastante abundantes. En la visita de campo se lograron observar algunas especies de garzas, araucos, martines pescadores, periquitos, corocoras y rapaces.

### 6.5.5. Mamíferos y otros

Dentro de los mamíferos de la zona se destacan especies con hábitos exclusivamente terrestres, especies asociadas temporalmente a los sistemas acuáticos, como el chigüiro, y, finalmente, especies netamente acuáticas, como las toninas o delfines de agua dulce.

Sobresalen también los venados, las dantas, los armadillos, los perros de agua, los tigrillos, entre otras.

Existen adicionalmente otros organismos asociados con la vegetación acuática, entre los que sobresalen insectos, moluscos, anélidos, crustáceos y celenterados. Se ha logrado identificar 48 especies de fauna bentónica.

## 6.6. ANÁLISIS HISTÓRICO

### 6.6.1. Comportamiento de los recursos faunísticos

Con relación a procesos de desaparición de especies, es de aclarar que éstos pueden ocurrir bajo diferentes escenarios, abarcando desde el local y culminando en el global (circunstancia que se conoce como 'extinción de la especie'), y en diferentes grados de magnitud.

Para el caso de una extinción de una especie, se requiere que sea demostrado el hecho de no existir ningún ejemplar de misma que se está evaluando. Para ello es indispensable conocer detalladamente, no sólo las características taxonómicas, fisiológicas, etológicas, entre otras, sino sus patrones de distribución geográfica. Cuando la especie sobrepasa las fronteras político-administrativas, esta declaración de 'especie extinta' implica el acuerdo de todos los países que la hayan reportado con anterioridad.

Sin embargo, es posible que la desaparición sea local, lo que implica que ha habido un desplazamiento de la especie; es decir, las poblaciones se han movido a otros lugares, generalmente por algún tipo de presión de tipo natural (competencia interespecífica, comportamiento migratorio, etc.) o como consecuencia de los efectos de actividades antrópicas que alteran la oferta alimenticia del entorno, la disponibilidad de hábitats, entre otras. Para establecer estos desplazamientos se hace necesario, por lo tanto, contar con

---

<sup>9</sup> Real Martínez y Asociados. *Estudio ecológico y ambiental del área de Asociación Cravo Norte A – Arauca*. Vol. III, 1985

información relacionada con el comportamiento propio de la especie, su nicho ecológico, el biotopo, etc., con el fin de identificar las posibles zonas a las cuales pueda migrar y los corredores utilizados con este fin. La implementación de un programa de seguimiento a través de la teledetección de ejemplares podría facilitar el conocimiento sobre su nuevo hábitat y los datos recolectados deberán analizar para encontrar la causa de esta migración inusual.

De las consideraciones expuestas, se puede concluir que el pronunciamiento sobre procesos tanto de desaparición como de desplazamiento de especies sólo debe formularse con el soporte técnico y científico de estudios específicos desarrollados para tal fin. Por consiguiente, esta problemática se aborda como procesos de 'descenso poblacional', es decir, cuando las especies están experimentando una disminución en el número de individuos.

Con relación a las especies animales que menciona específicamente la Defensoría (“[? ] el chigüiro, el caimán, la babilla, las tortugas y muchas especies de peces, como el valentón [? ]”), se evaluaron los estudios compilados y se concluye que ninguno de ellos presenta datos suficientes que puedan utilizarse para determinar si la especie ha experimentado o no una disminución poblacional severa. En su mayoría, solamente determinan su ‘presencia o ausencia’ mediante la presentación de inventarios o listados, con los cuales es imposible conocer su dinámica. Sin embargo, las fuentes de información informal (moradores de la región) indican que ‘anteriormente’ estas especies abundaban y que hoy en día a pesar que difícilmente pueden observarse, son reportadas aun como fuente alimenticia.

| Nombre vulgar                          | Nombre científico                  |
|----------------------------------------|------------------------------------|
| Morrocay (tortuga)                     | <i>Geochelone denticulata</i>      |
| Tercay (tortuga)                       | <i>Podocnemis unifilis</i>         |
| Baba (caimán)                          | <i>Caiman crocodylus</i>           |
| Caimán (babilla)–cocodrilo del Orinoco | <i>Crocodylus intermedius</i>      |
| Chigüiro (mamífero)                    | <i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>   |
| Valentón (pez)                         | <i>Pseudoplatystoma vaillantii</i> |

Fuente: Informe de la Defensoría del Pueblo, 1998

**Tabla 6.4.** Relación de especies reportadas con problemáticas en el área de Caño Limón (Arauca)

De acuerdo con el Convenio Internacional sobre Comercio de Especies en Peligro de Fauna y Flora (CITES) y las Listas Rojas publicadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 1996), se logró establecer que las especies citadas anteriormente se encuentran en la actualidad dentro de las siguientes categorías:

#### *Geochelone denticulata* (morrocay)

Distribución geográfica: Bolivia, Brasil, Colombia, Dominica [int], Ecuador, Guyana Francesa, Guyana, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago y Venezuela.

CITES: Incluida en el Apéndice II<sup>10</sup> desde el 01/07/1975.

Listas Rojas: Incluida como especie ‘vulnerable’<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Apéndice II: Se incluyen las especies que, si bien en la actualidad no se encuentran necesariamente amenazadas de extinción, podrían llegar a estarlo si el comercio no se regula estrictamente.

<sup>11</sup> Vulnerable (VU): Aunque el taxón no está en peligro crítico o en peligro, enfrenta un riesgo de extinción en estado silvestre a mediano plazo, según queda definido por cualquiera de los criterios que se explican en las listas. Para mayor detalle, consultar las Listas Rojas de la IUCN, 1996

*Podocnemis unifilis* (tortuga o terçay)

Distribución geográfica: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela.

CITES: Incluida en el Apéndice II de 01/07/1975.

Listas Rojas: Incluida como especie 'vulnerable'.

*Crocodylus intermedius* (caimán o baba)

Distribución geográfica: Colombia y Venezuela.

CITES: Incluida en el Apéndice I<sup>12</sup> de 01/07/1975

Listas Rojas: Incluida como especie 'crítica'<sup>13</sup>.

*Caiman crocodylus* (cocodrilo o caimán)

Distribución geográfica: Bolivia(?), Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba [int], Ecuador, Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, Puerto Rico [int], Surinam, Trinidad y Tobago, Estados Unidos [int] y Venezuela.

CITES: Incluido en el Apéndice II de 04/02/1977.

Aunque el chigüiro y el valentón no se encuentran en estos listados, es conocida ampliamente la presión que han sufrido y siguen sufriendo en la actualidad, por su carne. Además, es de anotar que existen otras especies reportadas para la zona que se encuentran igualmente en peligro de extinción y que sobrepasan la treintena.

Las causas de esta erosión biológica se remontan a años atrás (décadas del cincuenta y del sesenta) cuando existía una demanda creciente sobre los derivados de estas especies (piel, huevos, carne) o por su utilización como mascotas y/o para consumo por creencias populares (afrodisíacos). Sumado a ello, está la destrucción de los hábitats ocasionada por la drástica transformación que han sufrido las coberturas vegetales, la contaminación, la presencia de enfermedades y los procesos naturales de competencia.

El papel de la empresa petrolera como otro actor más en la transformación del medio natural en la región se indica en el *Estudio ecológico del área de Asociación Cravo Norte A-Arauca* (1985)<sup>14</sup>: “[... ] los impactos directos e indirectos identificados y evaluados previamente a su ejecución señalaron que los asentamientos humanos marginales acompañantes del proyecto podrían constituirse en uno de los efectos adversos más significativos generadores de procesos de destrucción y/o alteración de hábitats por actividades de tala y aprovechamiento”.

Otras categorías de impacto relacionadas directamente con la actividad propia de los proyectos petroleros implican la alteración de drenajes y el descapote de la cobertura vegetal en los sitios de instalación de la infraestructura (en la fase de construcción, preferencialmente), así como procesos de contaminación, entre otros. Por tal motivo, la Occidental ha adoptado medidas de manejo, mitigación, corrección y compensación que, para este análisis, se resume en acciones de reforestación, prohibición de caza, programas de contingencia en caso de derrames, construcción de sistemas de tratamiento de aguas y

<sup>12</sup> Apéndice I: Se incluyen las especies que se encuentran en peligro de extinción cuyo comercio ha de estar sometido a una reglamentación particularmente estricta y se autoriza en circunstancias excepcionales

<sup>13</sup> Crítica (Cr): Cuando el taxón enfrenta un riesgo sumamente alto de extinción en estado silvestre en un futuro inmediato, como queda definido por cualquiera de los criterios que se explican detalladamente en las Listas.

<sup>14</sup> Real Martínez y Asociados. *Informe general*. Vol. I, 1985

monitoreo de la calidad ambiental (aire, agua y suelo) mediante los análisis respectivos de vertimientos, emisiones y la disposición adecuada de los residuos.

Es importante mencionar que durante la visita de campo se pudo observar al interior del área de explotación la presencia significativa de especies faunísticas, tal vez por tratarse de un área restringida en la que existe prohibición del aprovechamiento de los recursos biológicos y también por el manejo de conservación ambiental logrado. Por limitaciones para el equipo técnico que realizó la visita, no se logró una inspección similar en las áreas por fuera del campo petrolero.

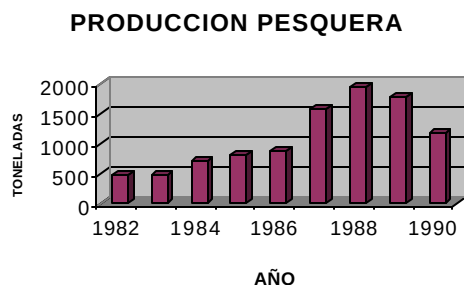
En el anexo fotográfico (**fotos 6.4–6.7**) se ilustran algunas de las especies observadas.

### 6.6.2 Recurso pesquero

Los recursos hidrobiológicos de esta zona, al igual que los anteriores, han sido muy poco estudiados y las referencias bibliográficas con las que se cuenta, se limitan a presentar inventarios y algunas cifras de producción pesquera, principalmente para el río Arauca.

El conocimiento del río Arauca, en términos generales, da algunos elementos del nivel regional que ayudan a tener una visión de la situación en los cuerpos de agua interconectados al mismo. Sin embargo, es de resaltar que aunque esteros, caños y ríos están asociados formando una red, esta condición no es determinante para análisis de casos específicos debido a la multiplicidad de interrelaciones en un sistema hidrológico tan complejo como es el área de estudio.

En la **figura 6.5** se presenta un cuadro indicativo de la producción pesquera para la región de Arauca en los principales escenarios de las cuencas de los ríos Arauca, Casanare y Cravo Norte, entre 1982 y 1990. Esta gráfica muestra en el nivel regional la presión sobre el recurso, que coincide con las actividades relacionadas a la migración poblacional. La demanda crece y, por ende, el volumen de captura aumenta año tras año, llegando a un punto de inflexión en 1989, cuando decrece la captura (producción).



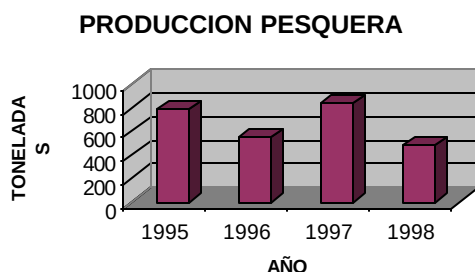
Fuente: Inderena, regional Arauca, 1991 (dato estimado para 1990<sup>15</sup>)

**Figura 6.5.** Producción pesquera de la región de Arauca (ríos Arauca, Casanare y Cravo Norte)

Para los años posteriores a 1990, no se cuenta con datos disponibles y por lo tanto, esta gráfica solo puede ser entendida para el lapso de tiempo evaluado y con ella se pretende ilustrar de manera indirecta la actividad pesquera y la disminución de la producción a partir de 1989 debido a la sobrexplotación del recurso en los años anteriores.

<sup>15</sup> Citado en: Gobernación de Arauca. *Plan quinquenal de desarrollo 1993-1997*

Para complementar el análisis se tomaron los datos del Inpa específicos para el río Arauca, entre 1995 y 1998, cuyos resultados se ilustran en la **figura 6.6**.



Fuente: Inpa, División de Recursos Pesqueros, 1998

**Figura 6.6.** Producción pesquera del río Arauca

La falta de continuidad en las series de datos históricos, ya sea para el contexto regional o en particular para el río Arauca, no permiten hasta el momento concluir sobre la tendencia de este recurso en el río Arauca ni en los cuerpos asociados.

Es de subrayar que la mayoría de los peces presentes en la zona exhibe un comportamiento migratorio marcado por las épocas climáticas (especies riofílicas). En la época en que se experimenta una disminución de caudal, justo antes de iniciar el periodo lluvioso, se produce una migración masiva conocida comúnmente en la región como ‘ribazón’, que coincide con el momento en que se completa el ciclo biológico del individuo.

La literatura científica destaca como impactos aquéllos que se relacionan con la interrupción de las migraciones, los cuales pueden generar una alteración en el ciclo reproductivo. Si dentro de un contexto regional, a ello se le suma la presión pesquera creciente por incremento de la población, es muy posible que las especies empiecen a enfrentar procesos de disminución de sus poblaciones.

Es de mencionar que las condiciones de oxígeno de los esteros se encuentran usualmente muy por debajo de lo normal (condiciones anóxicas) por los procesos constantes de degradación de materia orgánica a causa de la alta presencia de macrófitas acuáticas errantes y enraizadas<sup>16</sup>. Esta degradación biogénica pudo constatarse en la visita con la presencia de olores propios de estos procesos naturales.

Se puede inferir que para determinar los impactos posibles de la sola actividad petrolera, es necesario adelantar, tomas de datos de capturas anuales acompañadas de estudios biológicos, etológicos y de dinámica poblacional de las especies ícticas *in situ* y *ex situ* a fin de precisar sus relaciones causales.

Por otra parte a pesar que la mayoría de terraplenes construidos para las redes viales cuenta con alcantarillas, muchos caños se encuentran actualmente con problemas de sedimentación, natural en un área de estas características geomorfológicas; por ello se hace necesario acompañar los estudios biológicos con un análisis hidrogeomorfológico de la zona.

<sup>16</sup> Santos, S. *Inventario de la ictiofauna, flora acuática de Gaviotas y áreas adyacentes*. 1988

En cuanto a algunos elementos resultantes de la visita de campo en la Asociación Cravo Norte A, en particular en la laguna de la Draga, es de resaltar la importancia ecológica evidente de los ecosistemas acuáticos asociados (esteros, pantanos y lagunas), pues se logró observar especímenes faunísticos terrestres asociadas a ellos (perro de agua o nutria, babillas, tortugas y numerosas especies de aves).

## 6.7 EL SANTUARIO DE FAUNA Y FLORA

Basado en la recopilación de información sobre legislación ambiental, se logró establecer que de acuerdo con la Ley 2ª de 1959, se consideró la totalidad de la Intendencia Nacional de Arauca como “*zona de reserva forestal del Cocuy y zona de pastos naturales*”, mediante Resolución 042 de 1962.

Con el objeto de orientar la colonización, el Incora –resoluciones 209 de 1965, 024 de 1967 y 219 de 1972– sustrajo del régimen forestal (Ley 2 de 1959) más de 462.625 ha de tierras cubiertas en su mayoría por bosques localizados en la parte occidental del actual departamento de Arauca, desde el piedemonte de la cordillera Oriental hasta la confluencia del río Lipa en el río Ele, aproximadamente.

En razón de los numerosos permisos de aprovechamiento forestal y de la gran demanda de maderas colombianas en áreas fronterizas, el Inderena declaró como reserva forestal un área aproximada de 162.575 ha, a través el Acuerdo 028 de 1976.

En 1977, y por el Acuerdo 03, delimitó el Santuario de Fauna y Flora Arauca, que se encontraba en su totalidad en los linderos de la reserva forestal, con un área aproximada de 90.000 ha (**figura 6.1 y 6.2**).

En diciembre de 1977 se efectuó el reconocimiento de 23.000 ha comprendidas entre el río Lipa y caño Agualimón con el fin de anexarlas al Santuario gracias a su importancia hidrobiológica. Aunque los conceptos técnicos pertinentes aprobaron la propuesta, se determinó que el Inderena se abstuviera de continuar con las gestiones de esta ampliación pues existía allí una problemática social amplia y creciente.

En 1983, mediante el Acuerdo 052, se sustrajo la totalidad del Santuario de Fauna y Flora Arauca y se derogaron en todas sus partes los acuerdos 28 de 1976 y 31 de 1977. Por lo tanto, cualquier categoría de área protegida después de esta fecha (1983) quedó anulada.

De acuerdo a las imágenes de satélite analizadas, se puede deducir que para 1973–tres años antes a la constitución del Santuario de Fauna y Flora– existía un alto grado de conservación representado en bosques basales del Orinoco y cobertura de humedales, ésta última representada principalmente por el estero del Lipa. Sin embargo, se logró observar una cuña de penetración de colonización con dirección suroccidente–nororiente y una gran mancha de bosque basal fragmentado, indicador de un proceso de intervención antrópica (**figura 6.1**).

Ya para 1985, la imagen muestra un proceso de colonización consolidado en aproximadamente la mitad del área del Santuario de Fauna y Flora, así como procesos de degradación y formación de matorrales en el costado occidental. Las redes carretables fueron los instrumentos de un proceso de afectación del sistema boscoso y del cambio acelerado en tan sólo doce años. En el oriente se conservaban pequeñas áreas boscosas rodeadas de bosque fragmentado, indicadores de un proceso dinámico de deterioro (**figura 6.2**).

Finalmente, es de destacar que el área del Santuario de Fauna y Flora estuvo ubicada al sur de la zona del contrato de asociación Cravo Norte A, no existiendo entre ellas intersecciones espaciales de consideración ni temporales, ya que por acto administrativo de 1983 se canceló la categoría de área protegida.

## 6.8 CONCLUSIONES

En el contexto regional, la intervención sobre la cobertura vegetal boscosa ha sido un proceso histórico creciente, siendo el periodo entre 1973 y 1985 el de mayor degradación, hasta ahora documentado. A partir de los análisis multitemporales de las imágenes de satélite se logró establecer que en 1985 sólo quedaban 49.562 ha de bosques basales del Orinoco de las 70.323 ha identificadas en 1973. Esta dinámica responde a procesos complejos multicausales asociados a un modelo de desarrollo no sostenible, determinado inicialmente por una colonización espontánea caracterizada por un esquema netamente extractivo y, posteriormente, por una migración poblacional acelerada y desordenada que sobrepasó el nivel de organización institucional y de control sobre el manejo de los recursos naturales.

Los bosques que aún subsisten en el nivel regional se limitan a pequeñas manchas dispersas y fragmentadas. Es posible reconocer en las fotografías aéreas recientes (1994–1996) algunos reductos de bosque ripario en el río Arauca y en algunos lugares de llanura inundable, en donde su aprovechamiento se dificulta por las condiciones de anegamiento y por el cambio de la vía fluvial por nuevos ejes de colonización surgidos con las vías carretables. Dentro de un contexto local (área de explotación petrolera), los bosques se encuentran en proceso de recuperación debido a la regeneración natural que se ha venido dando al interior del campo petrolero.

Las actividades de reforestación fueron definidas en el plan de manejo ambiental que se estableció en el proceso de licenciamiento del proyecto petrolero y fijó como medida de compensación la reforestación de 500 ha (información de la Occidental de Colombia). Para permisos de aprovechamiento posteriores, y de acuerdo con la legislación ambiental vigente, Corporinoquia ha definido nuevas acciones de compensación.

El área identificada cartográficamente como la del antiguo Santuario de Fauna y Flora de Arauca presentaba en 1985 una degradación de los sistemas naturales, en particular del bosque basal del Orinoco, que sólo persistía en pequeñas áreas en la parte oriental. La colonización se consolidó a lado y lado de las vías carretables con una significación de aproximadamente la mitad de su territorio. Sólo se mantenía el estero de Lipa como área poco intervenida.

Por lo anterior, se concluye que solicitar de nuevo la declaración del antiguo Santuario de Fauna y Flora de Arauca no cuenta en la actualidad con un soporte científico suficiente. Sería recomendable hacer una clasificación de coberturas vegetales y usos del espacio más detallada y actual a fin de buscar otros arreglos y formas alternativas para lograr esquemas de recuperación y conservación de las áreas de interés biótico que aún persisten en la región, dentro de un nuevo modelo de desarrollo sostenible.

Adicionalmente, las medidas contempladas en un contexto regional deben involucrar un programa de restauración ecosistémica mediante un proceso de regeneración natural con enriquecimiento de especies vegetales nativas de valor ecológico. Este programa debe iniciarse preferencialmente en la parte sur del estero de Lipa, en el interfluvio del río Arauca y el brazo Bayonero y, en general, en las márgenes de caños y ríos de la región, áreas donde

se han identificado remanentes de coberturas boscosas importantes. Los bosques basales asociados a los cuerpos de agua (riparios o de galería) merecen especial atención por su importancia en la conservación y regulación de los caudales, en el control de erosión de las riberas, en la oferta ambiental, etc.

Con relación a la problemática sobre descensos poblacionales de las especies mencionadas por la Defensoría (*"el chigüiro, el caimán, la babilla, las tortugas y muchas especies de peces –como el valentón–"*), se reconoce que estos procesos son multicausales asociados además a los cambios de las coberturas vegetales naturales y a su aprovechamiento indiscriminado por parte de una población creciente en la región.

El comportamiento pesquero de la región del Arauca, dentro del análisis regional realizado para los últimos años, refleja la tendencia del recurso íctico a disminuir debido, entre otras causas, a la sumatoria de numerosos procesos antrópicos, como sobrepesca, deforestación, sedimentación, colmatación de caños, entre otros.

Algunas especies ícticas de esta zona exhiben un comportamiento migratorio reproductivo, consistente en abandonar el río en busca de aguas quietas, como esteros y pantanos, para su alimentación y madurez gonadal. Por consiguiente, el mantenimiento del flujo hídrico es primordial y, en este sentido, las medidas adoptadas mitigan el impacto ocasionado por la construcción de terraplenes; sin embargo, se requiere realizar estudios hidrobiológicos específicos, así como un seguimiento sistemático de los procesos biológicos y ecosistémicos de la región y su relación con los cambios hidrogeomorfológicos, con el objeto de mejorar el manejo actual dentro de esquemas sostenibles en el largo plazo.

La cobertura vegetal del estero de Lipa –compuesta en su mayoría por macrófitas acuáticas flotantes y enraizadas, con algunos elementos arbóreos dispersos– se encuentra bastante conservada, excepto en la parte suroccidental en la que se desarrollan actividades agrícolas (cultivos de arroz).

El seguimiento del estado de los recursos naturales, de los ecosistemas que los contienen, incluida la valoración de efectos acumulativos, junto con estudios de biología de la conservación de las especies amenazadas, son de gran importancia para garantizar no sólo su protección sino el desarrollo sostenible de la región.

Es necesario pensar en un esquema de desarrollo regional–departamental bajo la óptica del uso y el manejo sostenibles, con el fin de conservar ecosistemas acuáticos, reductos boscosos, áreas de sabana no intervenidas y recursos biológicos asociados que soporten el mantenimiento de los ciclos naturales y las interacciones del hombre con la naturaleza.

## **PARTE 3**

### **ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES**

En esta parte se presentan los resultados del estudio socioeconómico y cultural del área del departamento de Arauca y la zona de influencia del campo Caño Limón. Los aspectos socioeconómicos que se tratan en este estudio son: población en cuanto a distribución, densidad, migración, características económicas, características de las viviendas, servicios públicos, hogares y uso de recursos. Los aspectos culturales comprenden los antecedentes históricos de las culturas indígenas en la región, las comunidades indígenas y los colonos.

## POBLACIÓN Y ASENTAMIENTOS HUMANOS

### 7.1 POBLACIÓN

El propósito de este capítulo es obtener una imagen del estado de las variables e indicadores sociodemográficos más relevantes dentro del proceso histórico nacional en el que se inscribe el proyecto Caño Limón, con el objeto de lograr una aproximación a los factores determinantes de la sostenibilidad social.

Con este fin se realizó una caracterización sociodemográfica que diera cuenta de los procesos de ocupación y de los factores que intervienen y explican los patrones de asentamiento y las condiciones de vida de sus habitantes. El proceso migratorio se constituyó en el eje central del análisis, no sólo por ser uno de los componentes que explican la dinámica de la población en entornos en los que hace presencia la industria petrolera, sino porque su magnitud, intensidad y forma de apropiación del espacio físico y de los recursos adquieren relevancia en la evaluación de la sostenibilidad ambiental de la región en el contexto nacional.

Para realizar una caracterización socioambiental de la zona, se consideraron tres escenarios espacio-temporales: el primero correspondiente al departamento de Arauca; el segundo a los municipios de Arauca y Arauquita, en donde se encuentra el campo petrolero, y un tercer escenario integrado por las veredas aledañas.

#### 7.1.1 Aspectos generales de ocupación del territorio

El investigador Fernando Medellín (1992) ha identificado en el Oriente colombiano cuatro patrones de asentamiento, entendidos éstos como el factor ordenador de los procesos de desarrollo regional. Estos cuatro patrones que se constituyen en el nivel general en los ejes de la ocupación del territorio son: la colonización, la presencia estatal, el comercio de baja intensidad y alta movilidad y la explotación de recursos naturales. En este sentido, Medellín señala:

*“Las posibilidades de articulación de la región Oriental a los procesos de desarrollo encontrados desde la misma Colonia en la zona Atlántica y Andina, siempre han estado mediados por las facilidades que brindan las actividades económicas para el desarrollo.*

*“La ausencia de hallazgos de oro desde la incursión española hasta comienzos de la presente década; los patrones de poblamiento español que siguieron a la distribución territorial de metales preciosos y las facilidades de acceso fluvial a la costa Atlántica; la concentración de la población inmigrante sobre la ruta del Magdalena; la centralización político-administrativa en esta misma zona; la exclusión del área de consolidación de la economía monoexportadora de café y el posterior aislamiento del desarrollo industrial; se convierten en la serie de elementos o factores de acción acumulativa, que explican la segregación fisicoterritorial y el bajo nivel de desarrollo alcanzado por la gran región oriental del país que cubre el 59% de la superficie total del país.*

*“Únicamente bajo la necesidad de ampliar la frontera agrícola y disminuir las tensiones rurales del interior, así como de ejercer la soberanía nacional en el área fronteriza, es que se ha entrado en los últimos años a ocupar marginalmente esta gran franja del territorio colombiano;*

*sin embargo, las acciones se han concentrado en el piedemonte y en el extremo oriente de las ciudades fronterizas “.*<sup>17</sup>

En este contexto, y como se puede apreciar en las fotografías aéreas analizadas, el proceso de ocupación en el departamento de Arauca –en especial, en los municipios de Arauca y Arauquita– muestra cómo se intensifica entre los años cincuenta y setenta, presentándose de una manera marcada a lo largo de los ríos, caños y brazos y de algunas carreteras, como expresión de los procesos de colonización espontánea dirigida y orientada por el Estado a través de la Caja Agraria y del Incora.

De la evaluación realizada por el Incora en 1973 al proceso de colonización en el departamento de Arauca, y en particular del proyecto Arauca, se señala lo siguiente:

*“La colonización de algunas zonas del Sarare y Tunebia se inicia en 1959, es continuada por el Incora en 1964, denominada proyecto Arauca y aprobado por Resolución 123 de 1964 de Junta Directiva del Incora.*

*“Este proyecto contaba con un área de influencia de 1’700.000 ha, aproximadamente; de esta área de influencia hacía parte todo el municipio de Arauquita, la parte norte de Tame y una parte del oeste del municipio de Arauca, el corregimiento de Saravena con sus inspecciones de policía de Puerto Nariño y Fortul.*

*“El programa desarrollado por el Incora no tiene como objetivo la regulación del proceso de colonización, el cual avanza a gran velocidad a medida que se establecen programas institucionales; su objetivo era dar apoyo a la colonización con títulos y créditos”*<sup>18</sup>

Posteriormente, en los años ochenta el proceso de exploración y explotación petrolera de Caño Limón, se convirtió en polo de atracción de población, la cual se asentó en las veredas aledañas al proyecto, como es el caso de la vereda la Pesquera. Es de anotar que una de las características de los proyectos de exploración y explotación petrolera es la de convertirse en focos de atracción poblacional.

### **7.1.2 Distribución de la población**

El departamento de Arauca en 1993 contaba con una población de 137.193 personas, según el *Censo nacional de población y vivienda 1993* (Dane, 1993). El 64% de la población se concentraba en las cabeceras municipales y el 36%, en el resto del departamento.

La distribución de la población para los municipios de Arauca y Arauquita mostraba en 1993 bastantes diferencias entre ellos: por un lado, el municipio de Arauca presentaba un índice de urbanización superior al parámetro nacional (70,8%), mientras que el de Arauquita mantenía un alto porcentaje de población en las zonas rurales del municipio (**figura 7.1 y tabla 7.1**).

---

<sup>17</sup> Medellín, Fernando. *Análisis de los patrones de asentamiento del eje Leticia– la Pedrera*. Universidad de los Andes-CIDER, Santafé de Bogotá, 1992

<sup>18</sup> Incora. *La colonización en Colombia. Una evaluación del proceso*. Primera parte. Bogotá, 1973

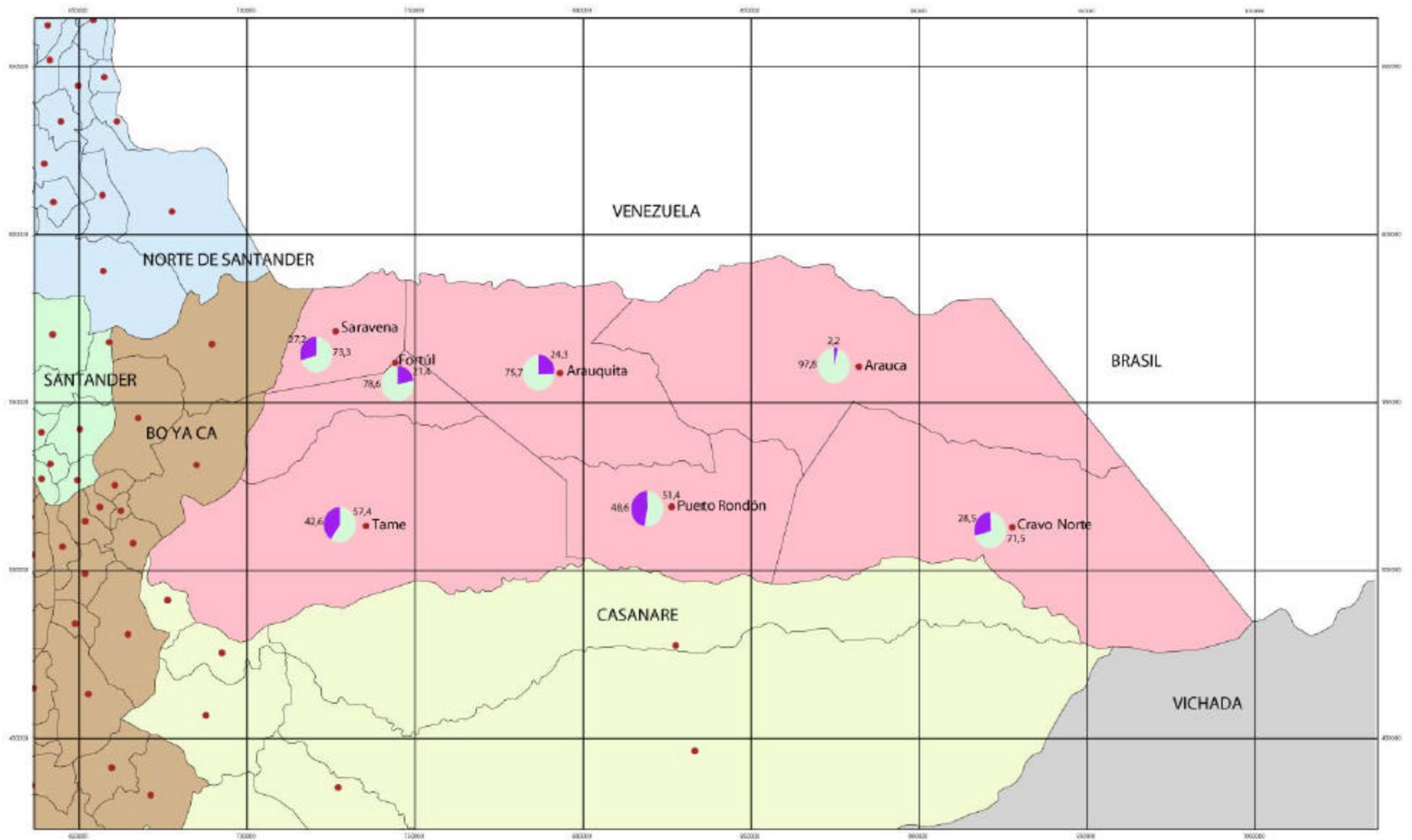
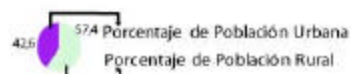


**Figura 7.1.** Mapa de distribución poblacional urbano-rural, departamento de Arauca

Fuente: DANE, Censo 1993



Actualmente, de acuerdo con la información aportada por la Occidental y con los datos provenientes de las entrevistas informales concedidas por algunos líderes campesinos de la región, las 11 veredas aledañas al proyecto petrolero Caño Limón (la Osa, la Arenosa, la Reínera, los Angelitos, Mata Oscura, la Pesquera, el Final, Nubes A, Nubes B y Nueva Jerusalén) cuentan con aproximadamente 172 familias.

| Municipio                     | Total          | Cabecera      | %         | Resto         | %         |
|-------------------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|-----------|
| Arauca                        | 39.796         | 38.916        | 97,8      | 880           | 2,2       |
| Arauquita                     | 22.900         | 5.589         | 24,4      | 17.342        | 75,7      |
| Saravena                      | 25.900         | 18.995        | 73,3      | 7.054         | 27,2      |
| Cravo Norte                   | 3.759          | 2.789         | 71,5      | 107           | 28,5      |
| Fortul                        | 12.095         | 2.587         | 21,4      | 9.508         | 78,6      |
| Puerto Rondón                 | 4.072          | 2.091         | 51,4      | 1981          | 48,6      |
| Tame                          | 28.491         | 16.544        | 57,4      | 12.147        | 42,6      |
| <b>Departamento de Arauca</b> | <b>137.083</b> | <b>87.211</b> | <b>64</b> | <b>49.019</b> | <b>36</b> |

Fuente: Dane. Resumen censal 1993

**Tabla 7.1** Departamento de Arauca. Población total censada en cabecera y resto según municipio (1993)

### 7.1.3 Densidad de población

En general, los municipios del departamento de Arauca presentaban en 1993 una densidad poblacional por debajo del promedio nacional de 29 hab/km<sup>2</sup>: los municipios de Arauca y Arauquita contaban con una densidad no superior a los 7 hab/km<sup>2</sup>, pese a los procesos de colonización a lo largo de la historia incentivados por factores económicos, políticos y sociales (**figura 7.2**).

### 7.1.4 Migración

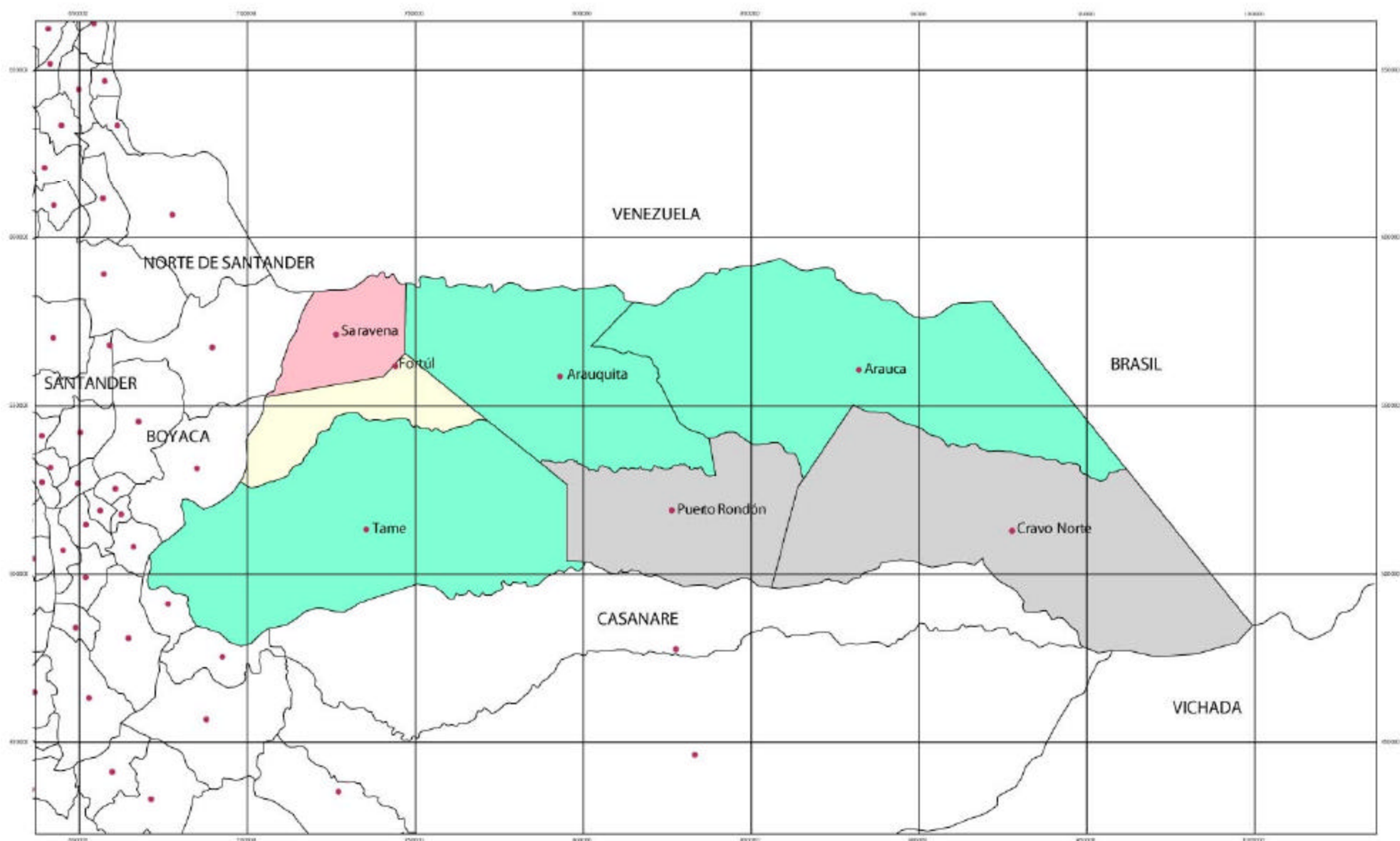
La migración se constituye en el componente dinámico y determinante en el crecimiento de la población y ocupación del territorio en el departamento de Arauca. Este fenómeno migratorio, tal como se mencionó arriba, viene de tiempo atrás como respuesta a la ampliación de la frontera agrícola, la apertura de carreteras, la agudización de los factores de violencia y la exploración y extracción de petróleo.

Estos flujos migratorios han significado cambios en la ocupación del territorio, en el uso y la apropiación de los recursos naturales, en especial del suelo.

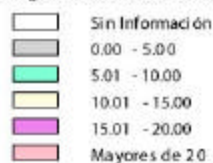
#### 7.1.4.1 Migración de ‘toda la vida’

Se entiende como migrantes de ‘toda la vida’ a aquellas personas que en el momento en que fueron censadas habían abandonado su municipio o departamento de nacimiento para radicarse en otro lugar (otro municipio o departamento).

De acuerdo con la anterior definición, y según el censo realizado en 1993, se tiene que del total de la población del departamento de Arauca, aproximadamente 45,7% nació en el mismo municipio donde fue censada, mientras que el 54,3% nació en otro municipio diferente. En general, los municipios que integran el departamento presentan una alta participación de población nacida en otro. Esto indica que el departamento a lo largo de su



Rangos de densidad Hab/km<sup>2</sup>



Convenciones



**Figura 7.1. Mapa de densidad poblacional, departamento de Arauca**

Fuente: DANE, Censo 1993



historia ha sido receptor de fuertes flujos de inmigrantes generados por los fenómenos socioeconómicos.

Los municipios de Arauca y Arauquita mantienen porcentajes de migrantes de 'toda la vida' ligeramente por encima del parámetro departamental: 55% y 58%, respectivamente, frente a 54,3% para el departamento (**tabla 7.2**).

| Municipio            | Total          | Mismo municipio | %           | Otro municipio | %          | Otro depto.   | %           | Otro país  | %          | Sin información | %          |
|----------------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------------|------------|
| Arauca               | 39.343         | 17.755          | 45,1        | 4.173          | 10,6       | 16.470        | 41,9        | 375        | 1,0        | 570             | 1,4        |
| Arauquita            | 22.759         | 9.644           | 42,4        | 1.621          | 7,1        | 11.033        | 48,5        | 147        | 0,6        | 314             | 1,4        |
| Cravo Norte          | 3.759          | 2.135           | 56,8        | 576            | 15,3       | 984           | 26,2        | 11         | 0,3        | 53              | 1,4        |
| Fortul               | 12.056         | 4.785           | 39,7        | 1.435          | 11,9       | 5.652         | 46,9        | 46         | 0,4        | 138             | 1,1        |
| Puerto Rondón        | 4.072          | 2.241           | 55,0        | 696            | 17,1       | 1.099         | 27,0        | 9          | 0,2        | 27              | 0,7        |
| Saravena             | 26.049         | 10.770          | 43,3        | 1.260          | 4,8        | 13.434        | 51,6        | 141        | 0,5        | 444             | 1,7        |
| Tame                 | 28.316         | 14.923          | 52,7        | 2.157          | 7,6        | 10.869        | 38,4        | 75         | 0,3        | 292             | 1,0        |
| <b>Depto. Arauca</b> | <b>136.354</b> | <b>62.253</b>   | <b>45,7</b> | <b>11.918</b>  | <b>8,7</b> | <b>59.541</b> | <b>43,7</b> | <b>804</b> | <b>0,6</b> | <b>1.838</b>    | <b>1,3</b> |

Fuente: Dane. Resumen censal 1993

**Tabla 7.2** Departamento de Arauca. Población total censada por lugar de nacimiento, según municipio de residencia en 1993

#### 7.1.4.2 Migración reciente municipal

Se considera como migrantes recientes a las personas cuyo lugar de residencia cinco años antes del censo difiere del lugar de residencia en la cual fue censado. En este sentido, en el departamento de Arauca en 1988 alrededor de 26% de la población mayor de 5 años residía en un municipio diferente al municipio en que fue censado (**tabla 7.3**).

Los municipios de Arauca y Arauquita mantienen porcentajes mayores (33,5% y 26%, respectivamente) de inmigrantes recientes llegados entre 1988 y 1993—época que coincide con el auge de la explotación petrolera en la zona y con otros factores de carácter sociopolítico, como la violencia— que los del departamento.

| Municipio               | Total          | Mismo municipio | %           | Otro municipio | %          | Otro Depto.   | %           | Otro país  | %          | Sin información | %          |
|-------------------------|----------------|-----------------|-------------|----------------|------------|---------------|-------------|------------|------------|-----------------|------------|
| Arauca                  | 33.897         | 22.526          | 66,5        | 2.450          | 7,2        | 7.315         | 21,6        | 469        | 1,4        | 1.137           | 3,4        |
| Arauquita               | 19.443         | 14.567          | 74,9        | 1.090          | 5,6        | 2.891         | 14,9        | 123        | 0,6        | 772             | 4,0        |
| Cravo Norte             | 3.210          | 2.413           | 75,2        | 230            | 7,2        | 450           | 14,0        | 8          | 0,2        | 109             | 3,4        |
| Fortul                  | 10.413         | 8.654           | 83,1        | 336            | 3,2        | 1.106         | 10,6        | 10         | 0,1        | 307             | 2,9        |
| Puerto Rondón           | 3.519          | 2.730           | 77,6        | 297            | 8,4        | 445           | 12,6        | 5          | 0,1        | 42              | 1,2        |
| Saravena                | 22.338         | 17.148          | 76,8        | 1.227          | 5,5        | 3.287         | 14,7        | 137        | 0,6        | 539             | 2,4        |
| Tame                    | 24.042         | 18.342          | 76,3        | 1.356          | 5,6        | 3.584         | 14,9        | 78         | 0,3        | 682             | 2,8        |
| <b>Depto. de Arauca</b> | <b>116.862</b> | <b>86.380</b>   | <b>73,9</b> | <b>5.630</b>   | <b>4,8</b> | <b>19.078</b> | <b>16,3</b> | <b>830</b> | <b>0,7</b> | <b>3.588</b>    | <b>3,1</b> |

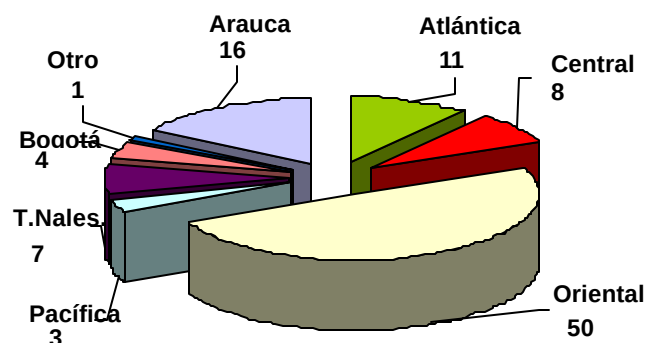
Fuente: Dane. Resumen censal 1993

**Tabla 7.3** Departamento de Arauca. Población total por municipio según lugar de residencia en 1988

#### 7.1.4.3 Origen y lugar de procedencia de los migrantes

Para efectos de este estudio, el origen o lugar de nacimiento de los migrantes se agrupó de acuerdo con las regiones definidas previamente por el Dane<sup>19</sup> a las que se les adicionaron dos categorías: una denominada 'otro país' y la otra, 'departamento de Arauca', de la cual se excluye, según el caso, el municipio de Arauca o Arauquita. En términos ambientales, el origen de los inmigrantes implica unas pautas culturales que se reflejan en las prácticas de uso y manejo de recursos, producción y consumo, etc.

Para el municipio de Arauca se observa, en primer lugar, una alta presencia de inmigrantes cuyo lugar de nacimiento se encuentra en la región Oriental, destacándose en el interior de esta región los departamentos de Santander, Norte de Santander y Boyacá. En segundo lugar, se encuentran la región denominada 'otros municipios de Arauca', y en tercer lugar la región Atlántica, donde sobresalen los departamentos de Cesar y Bolívar. Luego vienen en su orden, la región Central, los antiguos Territorios Nacionales –en donde se destaca el departamento de Casanare– y, con porcentajes menores, la región Pacífica y Bogotá. Esta última, a pesar de tener un porcentaje inferior con respecto a las demás regiones, adquiere relevancia si se tiene en cuenta que representa una ciudad (**figura 7.3**).

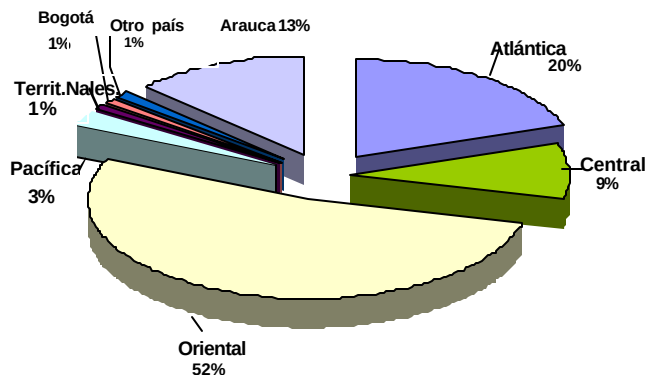


Fuente: DANE, Censo nacional de población 1993 (Microdatos)

**Figura 7.3** Municipio de Arauca. Distribución de los inmigrantes (censados en 1993) por región de nacimiento

El municipio de Arauquita, comparativamente con el de Arauca, varía el orden de la participación y la proporción de migrantes según región de nacimiento; es importante resaltar la alta participación de la región Oriental y la Atlántica y la baja participación de los antiguos Territorios Nacionales, Bogotá y 'otro país' (**figura 7.4**).

<sup>19</sup> Regiones según el Dane: Atlántica (Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Cesar, Magdalena, Guajira); Central (Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Huila, Caquetá); Oriental (Norte de Santander, Santander, Boyacá, Cundinamarca, Meta); Pacífica (Chocó, Valle del Cauca, Cauca, Nariño); antiguos Territorios Nacionales (Casanare, Vichada, Guainía, Guaviare, Vaupés, Amazonas, Putumayo, San Andrés y Providencia) y Bogotá.



Fuente: DANE, Censo nacional de población 1993 (Microdatos)

**Figura 7.4** Municipio de Arauquita. Distribución de los inmigrantes (censados en 1993) por región de nacimiento

Para tener una aproximación a la procedencia de la población que habita en las veredas aledañas a Caño Limón, se tuvo en cuenta la información aportada por algunos miembros de las juntas de Acción Comunal y la base de datos de Occidental. A partir de estas informaciones se observa un fuerte flujo poblacional proveniente principalmente de la región Oriental, en donde se destacan los departamentos de Norte de Santander, Santander, seguidos por la región Atlántica y la región Central (**tabla 7.4**).

En síntesis, el proceso migratorio y la forma de ocupación del territorio en el departamento de Arauca han obedecido a muchos factores, entre ellos, la presencia del proyecto petrolero; pero, como se anotó anteriormente, el departamento, los municipios de Arauca y Arauquita y las veredas aledañas al campo petrolero se caracterizan por un flujo migratorio que viene de tiempo atrás.

#### 7.1.5 Características económicas de la población

La población del departamento de Arauca según su actividad económica muestra una alta participación de ésta en servicios (28%), agricultura (24%), comercio (12%) y una población sin clasificar de 30%.

Lo anterior muestra la fuerte absorción de población en el sector de los servicios, en contraste con la actividad industrial, pesquera y minera, que tan sólo representan 4%, 0,7% y 0,5%, respectivamente.

Según la información aportada por los líderes comunitarios y por Occidental, la actividad económica predominante en las veredas aledañas al campo Caño Limón es la agropecuaria, destacándose el uso de suelo en ganadería y en los cultivos de caña, cacao, plátano y arroz, entre otros (**tabla 7.4**).

#### 7.1.6 Características sociales de viviendas y hogares

Las características físicas de la vivienda, la dotación de servicios públicos domiciliarios y el lugar y la forma de disposición de residuos sólidos domésticos por parte de los hogares son elementos sociales que permiten aproximarse a la caracterización de la calidad de vida de los habitantes de una región específica.

**Tabla 7.4** Departamento de Arauca. Características socioambientales de las veredas aledañas al campo Caño Limón (Arauca)

| Vereda        | Población   |                                              | Infraestructura física  |           |                |                          |                            | Infraestructura social              |                                                 |                             | Características económicas                                                                      |                                          |                             |                                                                                 | Problemas Ambientales Planteados Comunidad                                                                                                                                |
|---------------|-------------|----------------------------------------------|-------------------------|-----------|----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | N° familias | Lugar procedencia                            | Material vivienda       | Acueducto | Tipo sanitario | Energía eléctrica        | Combustible con que cocina | Educación                           | Asistencia salud                                | Enfermedades más frecuentes | Uso del suelo                                                                                   | %                                        | Tamaño Promedio Predio (Ha) | Consumo Especies                                                                |                                                                                                                                                                           |
| La Arenosa    | 47          | Costa Santander<br>Arauca<br>Huila<br>Boyacá | Madera<br>Techo<br>Zinc | Pozo      | Letrina        | Algunas casas tienen luz | Gas Cilindro leña          | 1 primaria                          | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón | Dengue Paludismo EDA        | Cacao<br>Plátano<br>Caña<br>Transitorios<br>Frutales<br>Bosque<br>Ganadería<br>Especies menores | 25<br>25<br>2<br>15<br>5<br>2<br>12<br>4 | 45                          | Chigüiro<br>Poporo<br>Bocachico<br>Bagre<br>Cachama                             | Taponamiento de los caños: Otilia, Lipa, Draga y Laguna de Lipa                                                                                                           |
| La Osa        | 43          | Santander                                    | Madera<br>Techo<br>Zinc | Pozo      | Letrina        | 80%                      | Leña Guamo Seco            | 1 Escuela                           | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Caña<br>Plátano<br>Yuca<br>Maíz<br>Cerdos                                                       |                                          |                             | Valentón<br>Cajaro<br>Danta<br>Picurè<br>Lapa<br>Babilla<br>Gavàn<br>Pato guiri | La alcantarilla localizada entre Caño Limón y Caño Mataosa y el Estero de Lipa, se llena muy fácilmente. El agua se represa y se inunda (la alcantarilla es muy pequeña). |
| La Reínera    | 90          | Santander<br>Costa<br>Arauca<br>Boyacá       | Madera<br>Techo<br>Zinc | Acueducto | Letrina        | 50%                      | Leña Guamo Seco            | 1 Colegio bachillerato<br>1 escuela | 1 puesto de salud                               |                             | Cacao<br>Transtitorios<br>Plátano<br>Caña<br>Ganadería                                          | 30<br>30<br>10<br>5<br>25                | 20                          |                                                                                 |                                                                                                                                                                           |
| Los Angelitos | 33          | Santander<br>Arauca<br>Costa<br>Tolima       | Madera<br>Techo<br>Zinc | Pozo Río  | No tiene       | No tiene                 | Leña                       | 2 escuelas                          | 1 puesto de salud                               |                             | Plátano<br>Cacao<br>Transitorios<br>Frutales<br>Rastrojo                                        | 30<br>30<br>20<br>5<br>15                | 10                          |                                                                                 | No había restricción para el desplazamiento acuático Coralito /Laguna de Lipa                                                                                             |

| Vereda          | Población   |                        | Infraestructura física |                      |                 |                   |                            | Infraestructura social |                                                 |                             | Características económicas                                                |                                 |                             |                  | Problemas                                                                                                 |
|-----------------|-------------|------------------------|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | Nº familias | Lugar procedencia      | Material Vivienda      | Acueducto            | Tipo sanitario  | Energía eléctrica | Combustible con que cocina | Educación              | Asistencia Salud                                | Enfermedades más frecuentes | Uso del suelo                                                             | %                               | Tamaño Promedio Predio (Ha) | Consumo Especies |                                                                                                           |
| Sinaí           | 20          | Costa Arauca           | Madera Techo Zinc      | Pozo                 | No tiene        | No tiene          | Leña                       |                        | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Cacao<br>Plátano<br>Ratrojo<br>Transitorios<br>Ganadería                  | 10<br>40<br>20<br>20<br>10      | 15                          |                  | Los residuos que quedan de las voladuras de los oleoductos son tapados con tierra y esto afecta el suelo. |
| Mata Oscura     | 17          |                        | Madera Techo Zinc      | Pozo                 | Letrina         | No tiene          | Leña                       | 1 escuela              | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Transitorios                                                              |                                 |                             |                  |                                                                                                           |
| La Pesquera     | 91          | Costa                  | Madera Techo Zinc      | Pozo Acueducto Rural | Letrina         | 50%               | Leña Gas cilindro          | 1 escuela              | 1 puesto de salud                               |                             | Cacao<br>Yuca<br>Plátano                                                  |                                 |                             |                  | Calentamiento de la zona                                                                                  |
| Nubes A         | 29          | Arauca Costa           | Madera Techo Zinc      | Pozo                 | Algunas letrina | No tiene          |                            | 1 escuela              | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Frutales<br>Caña<br>Transitorios<br>Plátano<br>Cacao<br>Ganadería         | 2<br>3<br>30<br>20<br>20<br>15  | 45                          |                  |                                                                                                           |
| Nubes B         | 25          | Costa Santander Arauca | Madera Techo Zinc      | Pozo                 | Algunas letrina | No tiene          |                            | 1 escuela              | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Plátano<br>Cacao<br>Transitorios<br>Frutales<br>Ganadería<br>Esp. menores | 25<br>20<br>15<br>5<br>25<br>10 | 20                          |                  |                                                                                                           |
| Nueva Jerusalén | 33          |                        | Madera Techo Zinc      | Pozo                 | Letrina         | No tiene          |                            | 1 escuela              | Asisten al servicio médico del campo Caño Limón |                             | Cacao<br>Caña<br>Plátano<br>Transitorios<br>Ganadería                     | 40<br>5<br>5<br>30<br>20        |                             |                  |                                                                                                           |

Fuentes: IDEAM. Entrevista informal a líderes de la Junta de Acción Comunal (veredas: la Osa, la Pesquera, la Arenosa, los Angelitos, Mataoscura, Acacias) y al presidente de la Asociación de Productores Agropecuarios. Mayo 2000  
Occidental de Colombia, Información socioeconómica zona 1 y zona 2

### 7.1.6.1 Viviendas

De acuerdo con la **tabla 7.5**, las características físicas de las viviendas del departamento de Arauca según los datos del censo de 1993 muestran que los materiales predominantes en las paredes son el ladrillo y la madera; y en los pisos, el cemento y la tierra.

| Tipo de vivienda         | Tipo de piso             | Tipo de material de las paredes |                 |              |            |              |              |                    |             |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|-----------------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|
|                          |                          | Total viviendas                 | Bloque ladrillo | Tapia pisada | Bahareque  | Madera burda | Guadua, caña | Zinc, tela, cartón | Sin paredes |
| <b>1. Casa</b>           | <b>1. Tierra, arena;</b> |                                 |                 |              |            |              |              |                    |             |
| <b>2. Apartamento;</b>   | <b>2. cemento;</b>       |                                 |                 |              |            |              |              |                    |             |
| <b>3. Cuarto;</b>        | <b>3. tabla;</b>         |                                 |                 |              |            |              |              |                    |             |
| <b>4. otra</b>           | <b>4. otro</b>           |                                 |                 |              |            |              |              |                    |             |
| Casa                     | 1. Tierra, arena         | 7.298                           | 1.191           | 793          | 427        | 3.490        | 698          | 641                | 58          |
| Casa                     | 2. Cemento               | 14.797                          | 11.012          | 951          | 110        | 2.152        | 167          | 393                | 12          |
| Casa                     | 3 Madera burda           | 183                             | 43              | 15           | 1          | 108          | 10           | 6                  | 0           |
| Casa                     | 4. Otro material         | 1.552                           | 1.433           | 84           | 3          | 19           | 6            | 7                  | 0           |
| <b>Total tipo casa</b>   |                          | <b>23.830</b>                   | <b>13.679</b>   | <b>1.843</b> | <b>541</b> | <b>5.769</b> | <b>881</b>   | <b>1.047</b>       | <b>70</b>   |
| Apartamento              | 1. Tierra, arena         | 6                               | 5               | 0            | 0          | 1            | 0            | 0                  | 0           |
| Apartamento              | 2. Cemento               | 454                             | 446             | 6            | 0          | 1            | 1            | 0                  | 0           |
| Apartamento              | 3. Madera burda          | 3                               | 2               | 1            | 0          | 0            | 0            | 0                  | 0           |
| Apartamento              | 4 Otro material          | 154                             | 0               | 0            | 0          | 0            | 0            | 0                  | 0           |
| <b>Total apto.</b>       |                          | <b>707</b>                      | <b>453</b>      | <b>7</b>     | <b>0</b>   | <b>2</b>     | <b>1</b>     | <b>0</b>           | <b>0</b>    |
| Cuarto                   | 1. Tierra, arena         | 243                             | 76              | 20           | 24         | 66           | 53           | 0                  | 4           |
| Cuarto                   | 2. Cemento               | 954                             | 849             | 26           | 8          | 55           | 16           | 0                  | 0           |
| Cuarto                   | 3. Madera burda          | 5                               | 0               | 0            | 0          | 4            | 0            | 0                  | 1           |
| Cuarto                   | 4. Otro material         | 75                              | 70              | 4            | 0          | 0            | 1            | 0                  | 0           |
| <b>Total tipo cuarto</b> |                          | <b>1.277</b>                    | <b>955</b>      | <b>50</b>    | <b>32</b>  | <b>125</b>   | <b>70</b>    | <b>0</b>           | <b>5</b>    |
| Otro tipo                | 1. Tierra, arena         | 150                             | 0               | 0            | 0          | 19           | 52           | 70                 | 9           |
| Otro tipo                | 2. Cemento               | 50                              | 0               | 0            | 0          | 09           | 10           | 29                 | 2           |
| Otro tipo                | 3. Madera burda          | 8                               | 0               | 0            | 0          | 04           | 3            | 0                  | 1           |
| Otro tipo                | 4. Otro material         | 0                               | 0               | 0            | 0          | 00           | 0            | 0                  | 0           |
| <b>Total otro tipo</b>   |                          | <b>208</b>                      | <b>0</b>        | <b>0</b>     | <b>0</b>   | <b>32</b>    | <b>65</b>    | <b>99</b>          | <b>12</b>   |
| <b>Total vivienda</b>    |                          | <b>25.932</b>                   | <b>15.127</b>   | <b>1.900</b> | <b>573</b> | <b>5.928</b> | <b>1.917</b> | <b>1.146</b>       | <b>87</b>   |

Fuente Dane, Resumen censal 1993

**Tabla 7.5** Departamento de Arauca. Viviendas particulares, por material predominante de las paredes exteriores y de los pisos, según tipo de vivienda

En cuanto a las características de las viviendas de las veredas aledañas al campo Caño Limón, se observa que el material predominante en las paredes es la madera, el piso de tierra y el techo de zinc. Algunas de ellas se localizan en las orillas y cauces activos de los ríos y caños, situación que las hace vulnerables a las inundaciones, sobre todo porque no se trata de construcciones diseñadas con estructuras que prevengan su afectación por las crecidas de las aguas.

#### *7.1.6.2 Servicios públicos domiciliarios*

En el departamento de Arauca sólo el 32% de las viviendas posee los tres servicios básicos (acueducto, alcantarillado y energía). En las cabeceras municipales únicamente el 48% de las viviendas cuenta con los tres servicios básicos, mientras que en el sector rural, tan sólo el 1,7% los posee.

En el municipio de Arauca, el 52% de las viviendas cuenta con el servicio de acueducto, alcantarillado y energía, en contraste el municipio de Arauquita en el cual tan sólo el 2% de las viviendas tiene cobertura de los tres servicios públicos domiciliarios (**tabla 7.6**). El servicio de energía, comparativamente con los otros servicios, ha sido el de mayor cobertura en ambos municipios.

Según la información aportada por los líderes comunitarios, en general, las veredas circunvecinas al proyecto Caño Limón se caracterizan por las deficiencias en saneamiento básico (**tabla 7.4**). A estas carencias atribuyen además el estado de morbilidad de los habitantes, quienes, según ellos, presentan enfermedades de mayor frecuencia como el paludismo, el dengue y la enfermedad diarreica aguda (EDA). Afirman, también, que esta situación se ve fortalecida por la irregularidad del servicio de salud y la ausencia de medidas preventivas. Al respecto es importante anotar que la comunidad de las veredas aledañas al proyecto afirma que recurren con mayor frecuencia al servicio médico de la Occidental de Colombia en el campo Caño Limón.

#### *7.1.6.2 Disposición de residuos sólidos domésticos*

Los residuos domésticos de aproximadamente el 50% de las viviendas del departamento de Arauca son recolectados por el sistema de aseo domiciliario; en el 27% de las viviendas los residuos son quemados mientras que en un 20% de las viviendas éstos son arrojados al patio y en 3% al río.

| Municipio               | Total Vivienda | Energía Acueducto Alcantarillado | %         | Energía Acueducto | %         | Sólo Energía Alcantarillado | %          | Solo Acueducto Alcantarillado | %          | Solo Energía | %         | Solo Acueducto | %        | Solo Alcantarillado | %        | Sin Energía Acueducto Alcantarillado |
|-------------------------|----------------|----------------------------------|-----------|-------------------|-----------|-----------------------------|------------|-------------------------------|------------|--------------|-----------|----------------|----------|---------------------|----------|--------------------------------------|
| Arauca                  | 7.745          | 4.029                            | 52        | 1.978             | 26        | 23                          | 0,3        | 54                            | 0,7        | 911          | 12        | 295            | 4        | 1                   | 0        | 454                                  |
| Arauquita               | 4.460          | 82                               | 2         | 995               | 22        | 0                           | 0,0        | 0                             | 0          | 1.080        | 24        | 116            | 3        | 0                   | 0        | 2.187                                |
| Cravo Norte             | 749            | 185                              | 25        | 149               | 20        | 2                           | 0,3        | 20                            | 2,7        | 34           | 5         | 55             | 7        | 1                   | 0        | 303                                  |
| Fortul                  | 1.781          | 105                              | 6         | 353               | 20        | 0                           | 0,0        | 2                             | 0,1        | 96           | 5         | 324            | 18       | 0                   | 0        | 901                                  |
| Puerto Rondon           | 711            | 167                              | 23        | 125               | 18        | 1                           | 0,1        | 4                             | 0,6        | 45           | 6         | 53             | 7        | 0                   | 0        | 316                                  |
| Saravena                | 5.390          | 2.172                            | 41        | 1.680             | 32        | 5                           | 0,1        | 22                            | 0,4        | 265          | 5         | 476            | 9        | 0                   | 0        | 689                                  |
| Tame                    | 5.177          | 1.589                            | 31        | 649               | 13        | 1                           | 0,0        | 62                            | 1,2        | 266          | 5         | 376            | 7        | 0                   | 0        | 2.234                                |
| <b>Depto. de Arauca</b> | <b>25.932</b>  | <b>8.329</b>                     | <b>32</b> | <b>5.929</b>      | <b>23</b> | <b>32</b>                   | <b>0,1</b> | <b>164</b>                    | <b>0,6</b> | <b>2.697</b> | <b>10</b> | <b>1.695</b>   | <b>7</b> | <b>2</b>            | <b>0</b> | <b>7.084</b>                         |

Fuente: Dane, Resumen censal 1993

**Tabla 7.6** Departamento de Arauca. Viviendas según disponibilidad de servicios públicos por municipio

| Municipio               | Total vivienda | Río o quebrada | %        | Patio o zanja | %         | Quema        | %         | Recolección pública | %           |
|-------------------------|----------------|----------------|----------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------------|-------------|
| Arauca                  | 7.745          | 381            | 5        | 721           | 9         | 821          | 11        | 5.822               | 75,1        |
| Arauquita               | 4.460          | 166            | 4        | 1.581         | 35        | 1.911        | 43        | 802                 | 19,2        |
| Cravo Norte             | 749            | 31             | 4        | 250           | 33        | 279          | 37        | 189                 | 25,2        |
| Fortul                  | 1.781          | 20             | 1        | 285           | 16        | 1.104        | 62        | 372                 | 20,8        |
| Puerto Rondon           | 711            | 38             | 5        | 334           | 47        | 225          | 32        | 114                 | 16,0        |
| Saravena                | 5.309          | 103            | 2        | 768           | 14        | 986          | 19        | 3.452               | 65,0        |
| Tame                    | 5.177          | 83             | 2        | 1.162         | 22        | 1.796        | 35        | 2.136               | 41,2        |
| <b>Depto. de Arauca</b> | <b>25.932</b>  | <b>822</b>     | <b>3</b> | <b>5.101</b>  | <b>20</b> | <b>7.122</b> | <b>27</b> | <b>12.887</b>       | <b>49,6</b> |

Fuente: Dane, Resumen censal 1993

**Tabla 7.7** Departamento de Arauca. Viviendas según lugar de disposición de los residuos sólidos, por municipio

La disposición de residuos sólidos en las viviendas de los municipios de Arauca y Arauquita presenta características muy disímiles: mientras que en Arauca, aproximadamente el 75% de las viviendas tiene servicio de aseo para la recolección de sus residuos, en Arauquita tan sólo el 18% de las viviendas cuentan con este servicio.

En las veredas aledañas al campo Caño Limón las formas de disposición de residuos más generalizadas son la quema o su disposición en patios o zanjas (**tabla 7.7**).

### **7.1.7 Hogares y uso de recursos**

El consumo de combustibles y el uso del agua permiten saber cuál ha sido la utilización y el manejo de los recursos por parte de los hogares y su posible impacto en la calidad ambiental del entorno.

#### ***7.1.7.1 Acceso al agua para cocinar***

En el departamento de Arauca, el 63% de los hogares preparan sus alimentos principalmente con agua proveniente del acueducto, el 28% lo hace con agua de aljibe y el 7,2%, aprovisionándose directamente del río.

En cuanto al acceso al recurso agua para uso doméstico, en los municipios de Arauca y Arauquita se aprecia un alto porcentaje de hogares en los que el agua para cocinar proviene de carrotanques (**tabla 7.8**). En las veredas circunvecinas al campo Caño Limón, se toma de pozos profundos.

#### ***7.1.7.2 Fuente de combustible para cocinar***

El 64% de los hogares del departamento de Arauca utilizan como fuente de energía el gas; el 29%, la leña y el 7%, otro tipo de combustible (**tabla 7.9**).

| Municipio                     | Hogares       | Agua<br>acueducto | %           | Agua<br>de<br>pozo<br>Aljibe | %           | Pila<br>pública<br>Carro-<br>tanque | %          | Río<br>o<br>quebrada | %          | Agua<br>lluvia | %          | Agua<br>de<br>botella | %          |
|-------------------------------|---------------|-------------------|-------------|------------------------------|-------------|-------------------------------------|------------|----------------------|------------|----------------|------------|-----------------------|------------|
| Cabecera                      | 18.286        | 15.950            | 87,2        | 1.678                        | 9,1         | 247                                 | 1,3        | 240                  | 1,3        | 51             | 0,2        | 120                   | 0,7        |
| Resto                         | 8.780         | 1.061             | 12,8        | 5.844                        | 66,5        | 68                                  | 0,7        | 1.726                | 19,6       | 56             | 0,6        | 25                    | 0,31       |
| <b>Total Depto. de Arauca</b> | <b>27.066</b> | <b>17.011</b>     | <b>62,9</b> | <b>7.522</b>                 | <b>27,8</b> | <b>315</b>                          | <b>1,2</b> | <b>1.966</b>         | <b>7,2</b> | <b>107</b>     | <b>0,4</b> | <b>145</b>            | <b>0,5</b> |

Fuente: Dane, Resumen censal 1993

**Tabla 7.8** Departamento de Arauca. Hogares por acceso a agua para cocinar por municipio

| Municipio               | Hogares       | Electricidad | %          | Gasolina<br>kerosene<br>cocinol<br>petróleo | %          | Gas           | %         | Carbón    | %          | Leña         | %         | Material<br>de<br>desecho | %          | Sin<br>información | %          |
|-------------------------|---------------|--------------|------------|---------------------------------------------|------------|---------------|-----------|-----------|------------|--------------|-----------|---------------------------|------------|--------------------|------------|
| Arauca                  | 8.461         | 167          | 2,0        | 435                                         | 5,1        | 7.532         | 89        | 15        | 0,2        | 272          | 3         | 5                         | 0,1        | 35                 | 0,4        |
| Araucuita               | 4.457         | 35           | 0,8        | 33                                          | 0,7        | 2.172         | 49        | 11        | 0,2        | 2.182        | 49        | 3                         | 0,1        | 21                 | 0,5        |
| Cravo Norte             | 753           | 3            | 0,4        | 164                                         | 21,8       | 242           | 32        | 2         | 0,3        | 340          | 45        | 0                         | 0,0        | 2                  | 0,3        |
| Fortul                  | 1.724         | 30           | 1,7        | 15                                          | 0,9        | 556           | 32        | 3         | 0,2        | 1.117        | 65        | 0                         | 0,0        | 3                  | 0,2        |
| Puerto Rondón           | 744           | 2            | 0,3        | 58                                          | 7,8        | 310           | 42        | 1         | 0,1        | 367          | 49        | 2                         | 0,3        | 4                  | 0,5        |
| Saravena                | 5.359         | 191          | 3,6        | 54                                          | 1,0        | 3.806         | 71        | 27        | 0,5        | 1.272        | 24        | 4                         | 0,1        | 5                  | 0,1        |
| Tame                    | 5.568         | 99           | 1,8        | 320                                         | 5,7        | 2.715         | 49        | 19        | 0,3        | 2.392        | 43        | 2                         | 0,0        | 21                 | 0,4        |
| <b>Depto. de Arauca</b> | <b>27.066</b> | <b>527</b>   | <b>1,9</b> | <b>1.079</b>                                | <b>4,0</b> | <b>17.333</b> | <b>64</b> | <b>78</b> | <b>0,3</b> | <b>7.942</b> | <b>29</b> | <b>16</b>                 | <b>0,1</b> | <b>91</b>          | <b>0,3</b> |

Fuente: DANE, Resumen censal 1993

**Tabla 7.9** Departamento de Arauca. Hogares por tipo de combustible con el que cocinan, por municipio

El municipio de Arauca se destaca por el uso de gas como combustible utilizado en la cocción de alimentos, mientras que en Arauquita los consumos de combustible más generalizados para la cocción de alimentos son el gas y la leña.

En las veredas circunvecinas al campo Caño Limón el combustible predominante utilizado para la cocción de alimentos es la leña, según los líderes comunitarios de Guamo seco.

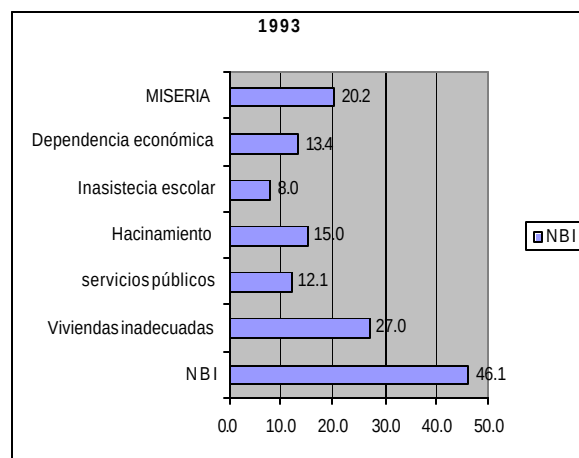
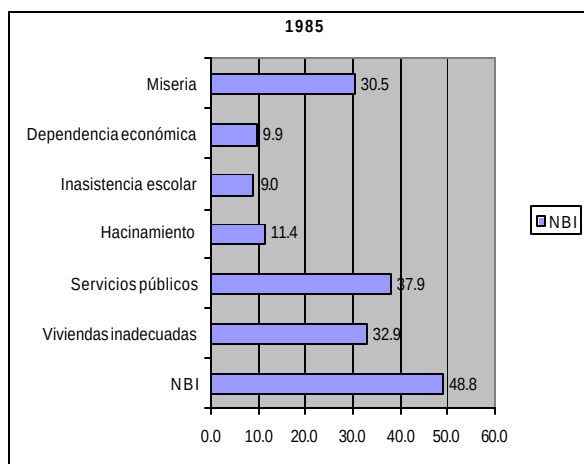
Las características socioambientales antes mencionadas (características de la vivienda y cobertura de servicios públicos domiciliarios, entre otros) hacen parte del Índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI), calculado por el DANE, utilizado para la medición de calidad de vida y compuesto por las siguientes variables: vivienda inadecuada, cobertura de servicios públicos domiciliarios, hacinamiento crítico, inasistencia escolar y dependencia económica. Por esta razón, y a manera de síntesis, a continuación se hace una comparación de los resultados del índice de 1985 y 1993.

La **figura 7.5** muestra en el departamento de Arauca una disminución del porcentaje de hogares con una necesidad básica insatisfecha, que puede ser cualquiera de las arriba mencionadas, es decir, hubo un descenso en el número de hogares con NBI compuesto (hogares con una necesidad básica insatisfecha). También se ve la disminución del porcentaje de hogares con dos o más necesidades básicas insatisfechas, es decir, en miseria en los dos años analizados.

Al observar la variación en los componentes del índice en 1985 y 1993 se aprecia un porcentaje menor de hogares sin uno, dos o tres de los servicios públicos, con viviendas inadecuadas y con altos grados de inasistencia escolar, aunque hay un aumento de la proporción de hogares con hacinamiento crítico (más de tres personas por cuarto) y con dependencia económica.

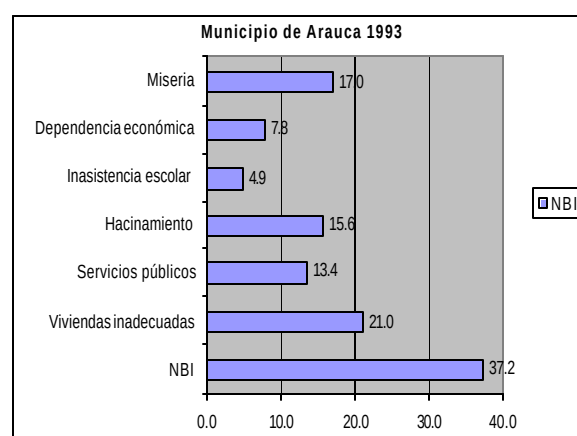
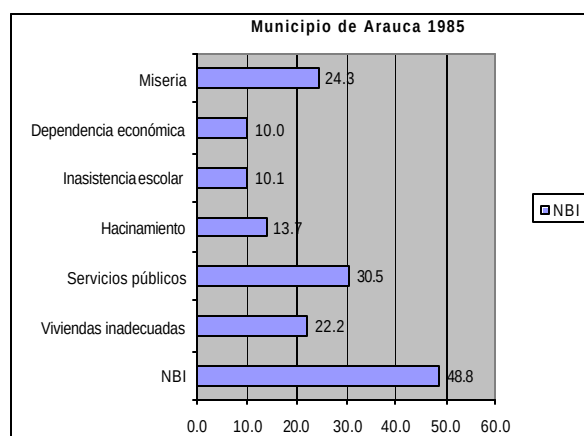
En los municipios de Arauca y Arauquita (**figura 7.6** y **figura 7.7**) se observa, al igual que en el departamento, una disminución de los porcentajes de hogares con una necesidad básica insatisfecha, es decir, con NBI compuesto, y de hogares en miseria; mientras que en los componentes se evidencia un aumento del porcentaje de hogares con hacinamiento crítico. El municipio de Arauquita se destaca por el aumento de hogares con dependencia económica.

De lo anterior se concluye, en primer lugar, que el aumento del porcentaje de hogares con hacinamiento crítico y dependencia económica en el departamento de Arauca responde al incremento de la población inmigrante en la zona, motivado, entre otras razones, por la atracción que ejerce el proyecto petrolero; en segundo lugar, la disminución de los porcentajes de los otros componentes refleja el aumento de la cobertura de los servicios públicos domiciliarios y de los servicios sociales, especialmente en las cabeceras municipales, a consecuencia de la distribución de las regalías petroleras.



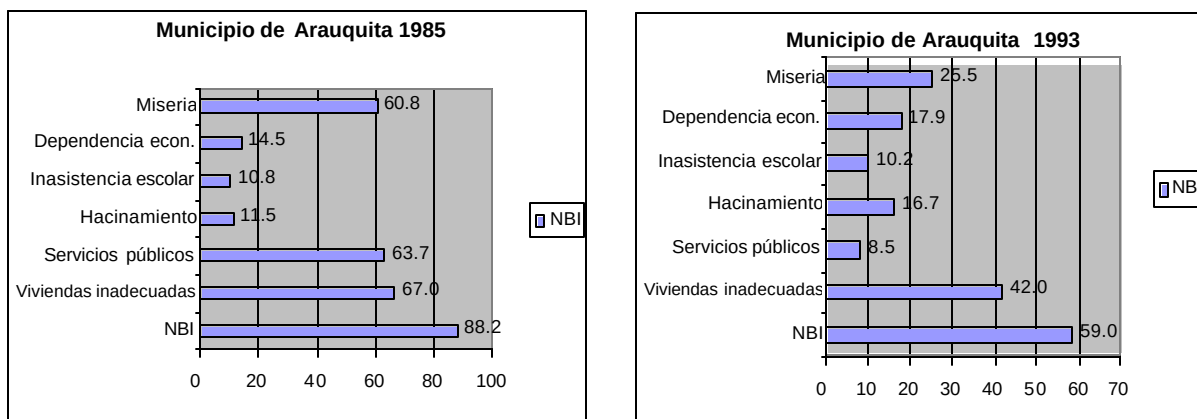
Fuente: DANE. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas NBI, 1985 y 1993

**Figura 7.5** Departamento de Arauca. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) 1985 y 1993



Fuente: DANE. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) 1985 y 1993

**Figura 7.6** Municipio de Arauca. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) 1985 y 1993



Fuente: DANE. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) 1985 y 1993

**Figura 7.7** Municipio de Arauquita. Porcentaje de hogares con necesidades básicas insatisfechas (NBI) 1985 y 1993

### 7.1.8 Situación ambiental según los líderes comunales

En lo referente a la problemática ambiental de la zona, los presidentes de las juntas de Acción Comunal atribuyen al proyecto petrolero de Caño Limón la generación de los siguientes impactos: taponamiento de los caños Lipa, Otilia y Limón y de la laguna de Lipa; problemas relacionados con las alcantarillas en los límites de la vereda la Osa, en donde, según los líderes comunales, la alcantarilla localizada entre caño Limón, caño Mataosa y estero de Lipa se llena muy fácilmente, empozándose el agua y afectando los cultivos que se encuentran en la zona (**tabla 7.4**).

Así mismo, otro aspecto de la problemática ambiental señalado por los líderes comunitarios es el del calentamiento de la zona, que ellos asocian con la producción petrolera y atribuyen a la extracción del hidrocarburo.

Por otra parte, y aunque los mencionados líderes no responsabilizan a la Occidental de la voladura de los oleoductos, sí resaltan que en el proceso de recogida de los restos ocasionados, éstos son cubiertos con tierra creando problemas en el suelo. Señalan además que la construcción de carreteras y terraplenes ha restringido el desplazamiento acuático de los habitantes por la zona, y como ejemplo mencionan que antes de la llegada de la Occidental se podían desplazar por vía acuática desde Coralito hasta la laguna de Lipa sin problemas.

Los líderes comunales mencionaron además que especies de fauna, como chigüiro, lapa, valentón, bocachico, coporo, bagre, cachama, danta, picure, cajaro, han desaparecido o disminuido su población en la zona. También informan que, por el contrario, al interior del área confinada y aislada por el campo Caño Limón abundan mamíferos, aves, reptiles y peces, ya que allí existe restricción y prohibición del consumo y comercialización por parte de trabajadores, empleados y contratistas del proyecto.

## 7.2 Conclusiones

- La confluencia de factores socioeconómicos y políticos explican la segregación fisicoterritorial y el bajo nivel de desarrollo alcanzado por la zona Oriental del país (antiguos Territorios Nacionales), que cubren el 59% del territorio de Colombia, en la cual se encuentra el departamento de Arauca.
- El proceso de ocupación y el flujo migratorio del departamento de Arauca como zona de influencia directa objeto de estudio viene de los años cincuenta y se ha incrementado con la ampliación de la frontera agrícola, la construcción de carreteras, la agudización en el país de los factores de violencia y con la exploración y explotación de hidrocarburos.
- La población del departamento de Arauca según su actividad económica muestra una alta participación de ésta en servicios (28%), agricultura (24 %), comercio (12%) y una población sin clasificar de 30%. Lo anterior muestra la fuerte absorción de población en el sector de los servicios, en contraste con la actividad industrial, pesquera y minera, que tan sólo representan 4%, 0,7% y 0,5%, respectivamente.
- La actividad económica predominante en las veredas circunvecinas al campo Caño Limón es la agropecuaria, en la que se destaca el uso del suelo en ganadería y en los cultivos de caña, cacao, plátano, arroz, entre otros. Los patrones culturales según el origen de procedencia de sus habitantes inciden en el tipo de cultivos, preparación del terreno y forma de producción.
- Los análisis del índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) en el departamento de Arauca para 1985 y 1993 muestran comparativamente una disminución en el tiempo de los porcentajes de hogares con una necesidad básica insatisfecha (NBI compuesto) y de hogares en miseria, también disminuyeron los porcentajes de hogares con servicios público inadecuados e inasistencia escolar, en especial en aquellas cabeceras municipales beneficiadas por la distribución de las regalías petroleras. Se concluye además que aumentó el porcentaje de hogares con hacinamiento crítico y dependencia económica, como reflejo del fuerte flujo migratorio que se ha presentado en la región, entre otras razones, por la atracción que ejerce el proyecto petrolero.
- Al analizar la variación del índice de necesidades de básicas en 1985 y 1993 para los municipios de Arauca y Arauquita –aquéllos con influencia más directa del proyecto petrolero de Caño Limón–, se evidencia un comportamiento similar al descrito para el departamento. Tan sólo en el municipio de Arauca, a diferencia del de Arauquita, ha disminuido además el porcentaje de hogares con dependencia económica.
- La cobertura de los servicios se ha expandido y mejorado en el tiempo; no obstante, quedan aspectos que cubrir: se debe dar un manejo más cuidadoso a los residuos sólidos, dispuestos de manera inadecuada en muchos sitios.
- Existen muchos puntos de conflicto entre algunas comunidades y los operadores petroleros, que deberían resolverse a través del diálogo permanente con participación de las autoridades regionales y ambientales.

## CAPÍTULO 8

# ETNIAS Y CULTURAS

### 8.1 SOSTENIBILIDAD CULTURAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE CAÑO LIMÓN

El propósito de este informe es obtener una visión de campo del estado de las variables e indicadores con los cuales es posible formular una proyección de la sostenibilidad cultural en las condiciones del proyecto Caño Limón.

#### 8.1.1 Metodología

De acuerdo con el objeto de las ciencias sociales, ante la imposibilidad de contar con información empírica sobre las condiciones del proceso de interculturación, aculturación y deculturación de los grupos indígenas en el departamento de Arauca, se utilizó el método deductivo, con base en información secundaria y en el conocimiento previo existente sobre la zona y sobre las características etnológicas de los habitantes de la región, para formular la mayoría de las afirmaciones que contiene el análisis correspondiente a la sostenibilidad cultural en la región.

La visita a campo, en la que se utilizó la técnica metodológica de la entrevista informal, si bien no logró ser complementada con la percepción directa de las condiciones en que realizan su cotidianidad las personas o los grupos humanos, no aportó ningún elemento que contribuyera a modificar las afirmaciones formuladas inicialmente.

#### 8.1.2 Antecedentes

Con anterioridad a la llegada de las compañías petroleras, los aspectos sociales y culturales se desenvolvían con dinanismos diferentes en espacios que abarcaban toda la Orinoquia, se hacían más específicos en las cuencas de los ríos Meta, Casanare y Arauca y eran efectivamente más precisos en la relación entre el piedemonte y las sabanas dentro del departamento de Arauca, contexto en el que se encuentra la Concesión Cravo Norte y el campo Caño Limón.

Dichos dinanismos se han expresado en la forma como el poblamiento y las culturas indígenas han sido sustituidas progresivamente por la cultura occidental mediante los instrumentos militares y misionales de la Conquista y de la Colonia y, posteriormente, a través de oleadas de colonos que representaban los intereses de otras regiones sobre los espacios considerados vacíos o de desplazados por las condiciones con que se fue conformando la república predominantemente andina.

Los sikuanis (familia lingüística Guahibo) y los piapocos y achaguas (Arawak), principales habitantes de la Orinoquia colombiana, comparten una misma tradición en cuanto a calendario, astronomía, así como a otros aspectos culturales, hecho coherente con su forma de vida de cazadores-recolectores y para la cual el calendario ecológico es ampliamente suficiente. Y en virtud de múltiples relaciones sociales y de complementariedad ecológica entre ellos, evolucionaron hacia procesos de fusión y a la adopción de la horticultura y de los conocimientos y técnicas asociados a ella (Ortiz y Pradilla, 1985).

La mitología sikuaní describió la creación del universo como la constitución de un espacio habitable para la humanidad. Este proceso comprende una serie de ciclos correspondientes a cada una de las direcciones del universo, que incluyen la creación de los distintos cielos o pisos cósmicos que albergan los cuerpos celestes. Cada uno de estos ciclos relata los pormenores de una expedición cósmica para la cual se presentan generalmente dos caminos diferenciados y cuyo tránsito es corto o largo, fácil o difícil, alto o bajo, aéreo o acuático, etc., según el carácter de cada uno de los personajes que los recorren.

La información sobre calendario, clima, constelaciones y concepciones del mundo en los grupos sikuaní estaba inscrita en la mitología y no constituía sistemas autónomos. Si bien desarrollaban sus actividades de manera migratoria, su acción y el conocimiento logrado como resultado de dicha acción está referenciado con un ámbito espacial y territorial determinado, hasta el punto que los personajes representaban en los mitos la función de las constelaciones como expresión de la relación, en el tiempo y en el espacio, de los eventos climáticos y ecológicos con la vida de los miembros del grupo.

El ordenamiento zodiacal que plantea el mito se refiere a la oposición entre las constelaciones de verano (Delphinus, Pléyades y Orión) y la constelación del invierno (Coma berenices o Vega). La disposición de las constelaciones de verano refleja también las subdivisiones de la estación seca y el tiempo de pesca abundante.

El mito también propone el ordenamiento de los clanes, representados por las tortugas, cuyas épocas de reproducción constituyen fechas esenciales del calendario ecológico. Además, la postura de las tortugas cumple un orden espacial ya que éstas ponen sus huevos a lo largo del río en forma escalonada; la matamata, sobre los primeros barrancos secos; la galápaga en las sabanas recién drenadas; las tercayes, en las playas de los ríos intermedios y finalmente la tortuga charapa, en las playas del Orinoco.

Una de las características más notables de los Llanos es el fuerte contraste estacional, que se traduce en la especificidad del paisaje y de las actividades humanas en cada una de las estaciones. Este hecho es notorio y afecta a todos los grupos, sean cazadores, recolectores nómadas, horticultores sedentarios, ganaderos o habitantes de los poblados y ciudades que durante los meses de lluvia se encuentran más o menos aislados del centro del país. Es natural entonces encontrar calendarios bastante precisos, capaces de prever oportunamente las actividades a lo largo del año.

En la medida en que para el grupo –según la época– eran importantes la cacería y la pesca, el nivel de las aguas era más determinante, ya que muchos animales que eran objeto de cacería desarrollaban su comportamiento y ciclo biológico de acuerdo con las pulsaciones de los caños, ríos, esteros y playones; por otra parte, resultaba importante determinar con exactitud el ciclo de las lluvias que regían las actividades hortícolas.

Durante la estación seca prestaban igual atención a la postura de varias especies, especialmente de tortugas, que desovaban primero en los terrenos altos y progresivamente en las áreas que se iban secando al avanzar el verano. Luego de la postura de la matamata (*Chelus fimbriatus*) en los barrancos altos del río, los cuibas y los sikuaní observaban el desove de las gaviotas en las primeras playas; luego, el de

la tortuga terçay o de río (*Podocnemis unifilis*) en el curso medio de los ríos llaneros y el de *Podocnemis expansa* en el bajo Meta y bajo Orinoco.

En general, la época de verano, por la abundancia de recursos que ofrecía, era aprovechada para viajar, no sólo por los nómadas sino también por los agricultores, en los intervalos de tiempo que dejaban libres las faenas de 'tumba' (diciembre– enero), quema (febrero–marzo) y siembra (marzo–abril). La pesca también era muy abundante durante la estación de verano, en especial en las lagunas estacionales que se secaban y donde se pescaba con barbasco. Para los cuibas la temporada de verano se cerraba con la maduración del mango, muy abundante en los poblados llaneros.

El invierno se iniciaba con la inundación de las sabanas y con la subienda del pescado. Los meses de 'aguas altas', o invierno propiamente dicho, estaban señalados por la abundancia de pepas de palmas que constituían durante estos meses un recurso alimenticio de primer orden.

Para los horticultores, el comienzo de las lluvias estaba señalado por la postura de los loros. Seguidamente el vuelo de los bachacos y comejenes anunciaba la proximidad de lluvias abundantes y frecuentes, antes de las cuales tenían que haber sembrado los yucales, en tierras todavía secas.

Cada uno de estos fenómenos periódicos constituía las fechas del calendario ecológico cuyo uso era general, aunque cada grupo conformara de manera característica, según criterios de utilidad, su distribución geográfica, modo de vida, etc. El año estaba así subdividido en una serie de periodos o lunas correspondientes a cada una de las especies. La duración de estos periodos no era por supuesto muy regular, pero se podía aproximar al mes o asociar al ciclo lunar observable. También era frecuente hablar del día de tal especie para indicar el inicio de un cierto periodo, como también constituía una manera de expresar que en un cierto día se estaba en tal o cual periodo.

La evidencia histórica muestra que en el Llano existieron—hasta donde el proceso histórico lo permitió— grupos étnicos especializados y asociados a determinadas formas productivas y comerciales de intercambio. Los guahibos (o sikuanis) y los achaguas, por ejemplo, crearon mecanismos de cooperación y reciprocidad que les permitieron aprovechar conjuntamente microambientes con otros grupos culturalmente diferentes.

La expansión territorial de hatos y haciendas sobre los territorios indígenas durante los siglos XVII o XVIII vino a completar el desastre demográfico que se había iniciado con la invasión y conquista del Llano.

Existieron pues, diversos vínculos de solidaridad, y por supuesto, competencia y distintos niveles de integración regional. Esas cadenas de intercambio económico, social, religioso y ceremonial estructuraban las relaciones de grupos étnicos de distinta procedencia.

Esas estructuras fueron cambiando con el tiempo —y de algunas de ellas se sabe que desaparecieron—, pero se desconoce si las etnias actuales han sustituido por otros los objetos de intercambio intertribal e interétnico; si se dan intercambios ceremoniales (ajustados a nuevas realidades religiosas); o si, por ejemplo, las cadenas productoras de curare, barbasco, caraño, objetos de fibra, canastos, ralladores de yuca, achiote, pescado seco, piedras de acera —utilizadas para hacer fuego—, aún perviven.

Los intercambios entre grupos se hacían utilizando reconocidas vías fluviales y terrestres o medios de transporte alternativo, terrestre o acuático.

Cada grupo étnico ha tenido distintas respuestas adaptativas ante la ocupación de sus territorios: desplazarse a nuevos territorios con distintos niveles de relación, integración o sujeción a la economía y a la sociedad nacional, y hacerlo incluso a través de la frontera colombo-venezolana, tal como lo hicieron sus ancestros y como acostumbran hacerlo todas las etnias cuyos territorios ancestrales no reconocían los límites nacionales actuales.

En las cercanías de la Concesión Cravo Norte, la etnia sikuni del Incora en 1987 487 hectáreas de resguardo –ubicadas en El Vigía, municipio de Arauquita– como asignación para una población, en ese momento, de 190 personas.

Los macaguanes (también conocidos como *hitnü*), pertenecientes al grupo étnico guahibo, vivían en los Llanos Orientales, en el departamento de Arauca, en el entorno y en el espacio que hoy ocupa la Concesión Cravo Norte y el campo Caño Limón. La mayoría estaba esparcida en grupos pequeños por toda el área de sabanas inundables entre Tame y Arauca, especialmente en los caños afluentes y en las riberas húmedas de los ríos Arauca, Lipa y Ele.

Los macaguanes no viajaban mucho en canoa porque en el invierno el caño es muy correntoso y en el verano se seca demasiado; sin embargo, hacían unas canoas angostas en forma de cajón. Salían de su comunidad a pie ya sea para cazar, pescar, recolectar frutos o visitar a sus amigos.

Su alimentación incluía plátano (principalmente el llamado topocho), maíz, yuca, batata, ñame y caña de azúcar. Cazaban chacures, chácharos, borugos y tortugas. Para la pesca utilizaban flechas, arpones y anzuelos. Criaban gallinas y en ocasiones, loritos.

La vivienda que usaban anteriormente era muy provisional: consistía en cuatro o más estantes sobre los cuales colocaban varas horizontales y sobre éstas, la palma del techo. Hoy en día todavía las construyen, pero únicamente en el monte cuando van por pocos días. En la actualidad las casas tienen más estantes, sobre los que va una armazón para el techo y encima, hojas de palma real amarradas con bejucos. Las casas no tenían paredes. Para dormir utilizaban hamacas que tejían con fibras de palma o que compraban a los blancos.

El idioma de esta comunidad es el macaguán, que pertenece a la familia lingüística Guahibo.

No tenían muchas artesanías y las que elaboraban, eran para uso personal. Tejían canastas, hilaban algodón y hacían objetos de madera como morteros, platos para triturar yopo, arcos, flechas y arpones.

El vestido de los hombres era el guayuco, pero cuando había visitantes o iban a viajar a otros lugares utilizaban pantalón y camisa. Las mujeres también llevaban vestido a la usanza occidental y se adornaban con collares de cuentas de colores.

La situación de los *hitnü* ilustra en gran medida las consecuencias del proceso de colonización adelantado en el largo plazo sobre los grupos nativos cazadores recolectores de los Llanos.

Cerca de 250 personas que conformaban el grupo *hitnü* en 1983 y que habitaban en la reserva de 14.801 hectáreas que les había asignado el Incora desde 1974 en la confluencia de los ríos Lipa y Ele, enfrentaban el asedio de colonos y ganados y vivían las dificultades que implicaba la instauración en sus territorios de una nueva concepción en torno al uso, la posesión y la propiedad de la tierra.

*“Los hitnü hablan muy poco español no conocen el uso del dinero, ni entienden el concepto de propiedad privada sobre la tierra, han sido tradicionalmente un grupo seminómada que deriva la subsistencia principalmente de la caza y la horticultura y, en segundo término, de la pesca y la recolección de frutos silvestres. Conservan una forma de distribución de los alimentos por línea de parentesco que facilita la adquisición equitativa de éstos por parte de toda la comunidad.*

*“Los hitnü habitan en pequeños caseríos de cerca de 50 personas, dispersos por las riberas de los ríos de Arauca. Profundos conocedores del medio. Han logrado adaptarse a él mediante un complejo conjunto de ideas y costumbres que les han permitido explotarlo sin alterar su frágil equilibrio ecológico”* (Lobo-Guerrero y Herrera, 1983).

La vida itinerante de los *hitnü* prácticamente había desaparecido. La invasión de los colonos a su territorio impidió que el indígena dejara su parcela durante varios días. Los linderos de la reserva que les fue adjudicada en 1974 eran restringidos frente a la extensión de las sabanas que, hasta hacía poco, recorrían anualmente.

Los mismos *hitnü* no tenían clara conciencia de qué era una reserva, de sus límites ni de su razón de ser. Consideraban con razón que toda esa tierra en la que tradicionalmente habían cazado y habitado de manera itinerante les pertenecía. Los niños estaban en un 90% desnutridos y el grupo enfrentado a las consecuencias de la tuberculosis, en gran medida como resultado del escaso consumo de carne por la disminución de los animales de caza.

La supervivencia del grupo se enmarcaba en su conjunto dentro de una situación más compleja cuando la expansión de la frontera agrícola de los años cincuenta, el desarrollo de la infraestructura, la violencia política en los departamentos vecinos, etc. impulsó el desarrollo de las grandes haciendas ganaderas, *“que involucró la supervivencia de familias de colonos dedicados a la ganadería en pequeña escala, que han vivido en la región desde principios de siglo y veían ahora también amenazada su economía en las sabanas y su única salida era la expansión hacia las tierras de los indígenas”* (Echeverri, 1983).

## **8.2 COMUNIDADES INDÍGENAS**

Es necesario establecer:

- ?? Cuántas y cuales formas culturales están interactuando en el área
- ?? En qué cantidades y calidades demográficas
- ?? Con qué niveles de organización social, y
- ?? En qué condiciones económicas.

Por consiguiente, se consideró conveniente escuchar su visión y la conciencia que tienen de su propia situación.

Como resultado de diversos procesos históricos, económicos, políticos y socioculturales han ocurrido cambios económicos y socioculturales significativos en estos grupos (**figura 8.1**). Estos procesos incluyen especialmente: adaptaciones culturales y ecológicas, entre otras, que han debido realizar los grupos o algunos de ellos; el impacto de la sedentarización forzosa; los conflictos interétnicos entre indígenas y blancos; relaciones entre los mismos grupos indígenas como resultado de las migraciones forzosas que algunos de ellos se han visto obligados a hacer.

Estos procesos se han visto además acompañados, desde las 'misiones estados' de los jesuitas en el siglo XVII hasta la educación contratada y la salud privatizada en la actualidad, por una gran diversidad de formas y tendencias de las relaciones existentes entre los grupos indígenas y las instituciones estatales, misionales de diversa denominación y las no gubernamentales presentes en el área, motivadas por el futuro de los indígenas, sin que sea posible dilucidar, según los resultados, si la capacidad operativa termina por convertir las intenciones altruistas en un instrumento o en un pretexto para lograr otros intereses con los cuales el futuro de los indígenas se ve seriamente comprometido.

Los grupos indígenas que hasta el presente han sido objeto de la mayor cantidad de investigaciones corresponden a la familia lingüística Guahibo, la misma a la que pertenecen los indígenas que habitan en el área de influencia de la zona de interés para este estudio (Queixalos, 1988).

Los indígenas de la región de la Orinoquia colombiana han basado su modo de subsistencia en el uso alternativo de los medios que brindan los diversos tipos de sabanas, la selva y el río de acuerdo con las estaciones lluviosas y secas.

Se puede resumir esta utilización en un uso de la selva, sabana y río concebida como la apropiación directa de los recursos del entorno. La selva o bosques de las zonas con posibilidad agrícola o pecuaria han sido prácticamente destruidos, particularmente en el piedemonte, en vegas o aluviones recientes y las terrazas aluviales.

La organización social de la producción tradicional de los grupos llaneros ha tenido en cuenta el tipo de nichos ecológicos de sabana, matas de monte y sabana-río. El río, el monte, los animales, todo es una integridad interrelacionada, de allí las prácticas de subsistencia de horticultura, cacería, pesca y recolección.

La cacería, lo mismo que la recolección, debe hacerse siguiendo normas de organización de los grupos. La 'mariscada' es prácticamente el único medio para obtener carne. Los grupos del 'llano adentro' aún la practican especialmente en verano y en áreas donde aún se consiguen algunas especies. En esta actividad participan los hombres adultos y los niños desde pequeños. El perro es un importante compañero para la cacería. Salen de madrugada y regresan pasado el mediodía. Raras veces se demoran en la cacería más de 24 horas.

Esta cotidianidad sigue siendo la ideal para las etnias indígenas de los Llanos Orientales, especialmente para las que vivían en las condiciones de 'estero', o sea, de acuerdo con los procesos estacionales de sucesión entre monte, sabana y río y sus pulsaciones; pero como resultado de los procesos históricos anteriores a la Concesión Cravo Norte, quienes no quedaron confinados en la reserva indígena o en los resguardos, quedaron vagando en pequeños grupos familiares por los alrededores de

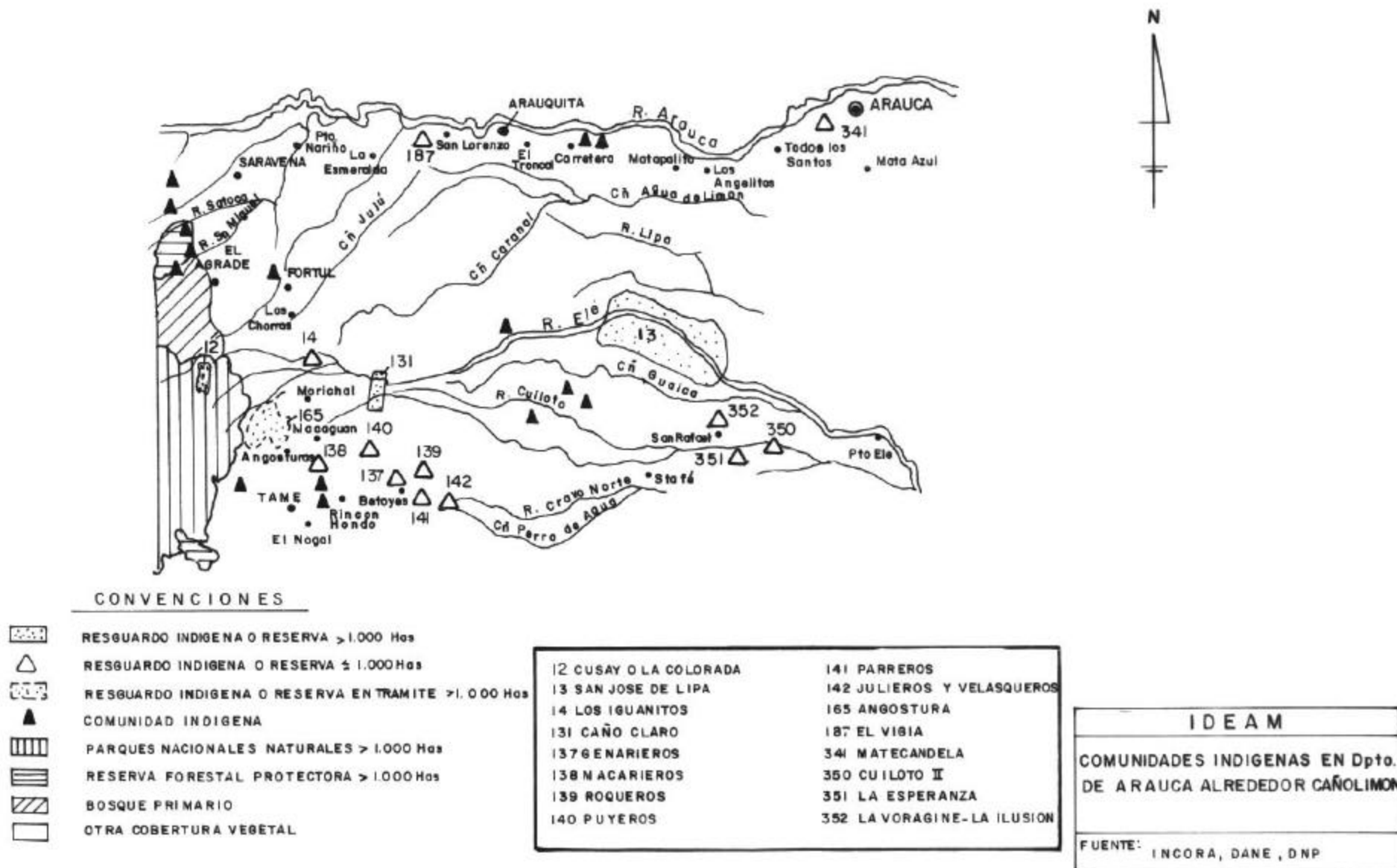


Fig. N° 8.1

los centros poblados o se fueron a buscar en otras zonas de la Orinoquia o en Venezuela aquellas condiciones.

Las cifras disponibles relativas a la población indígena no comprenden la población que habita en comunidades por fuera de reservas y resguardos, por lo que es posible que exista una subnumeración (**tabla 8.1**). Por otra parte, la ausencia de otros datos demográficos impide adelantar un análisis comparativo acerca de las proyecciones demográficas de cada grupo.

Todas las etnias del Llano se encuentran en un proceso acelerado de desaparición y extinción física y cultural.

**Tabla 8.1** Listado base-guía etnográfica de Colombia. Los pueblos indígenas de Colombia, región de la Orinoquia. Localización, habitantes, fecha de constitución de los resguardos, población y área. Acumulado hasta 15 de septiembre de 1998

| Depto. | Mapa | Municipio     | Resguardo – comunidad         | Etnia           | Re | N°   | Fecha<br>Dma | Flías. | Pobl<br>Ind. | Pobl.mpio.<br>1997 | Area<br>(ha) |
|--------|------|---------------|-------------------------------|-----------------|----|------|--------------|--------|--------------|--------------------|--------------|
| Arauca | 13   | Arauca        | Arauca San José de Lipa       | Hitnü           | 3  | 47   | 27/03/74     | 26     | 132          | 69292              | 14801        |
| Arauca | 481  | Arauca        | El Zamuro                     | Sikuani         | 2  | 42   | 10/12/97     |        | 76           |                    | 192          |
| Arauca | 406  | Arauca        | La Vorágine-la Ilusión        | Cuiba           | 2  | 5    | 7/02/95      | 14     | 86           |                    | 844          |
| Arauca | 343  | Arauca        | Matecandela                   | Sikuani         | 2  | 47   | 1/11/94      | 9      | 58           |                    | 15           |
| Arauca | 349  | Arauca        | San José de Lipa (conversión) | Hitnü           | 2  | 48   | 29/11/94     | 34     | 137          |                    | 3768         |
| Arauca | 0    | Arauquita     | Cravo                         | Sikuani         | 4  |      |              | 5      | 43           | 33807              | 0            |
| Arauca | 187  | Arauquita     | El Vigía                      | Sikuani         | 2  | 09   | 4/02/87      | 36     | 190          |                    | 487          |
| Arauca | 0    | Arauquita     | Playeros-Bayoneros            | Sikuani         | 4  |      |              | 5      | 41           |                    | 0            |
| Arauca | 0    | Arauquita     | Playeros-Cajaros              | Cuiba           | 4  |      |              | 8      | 42           |                    | 0            |
| Arauca | 0    | Arauquita     | Río Viejo                     | Chiricoa        | 4  |      |              | 15     | 173          |                    | 0            |
| Arauca | 0    | Cravo Norte   | Capanaparo                    | Cuiba           | 4  |      |              | 12     | 64           | 5090               | 0            |
| Arauca | 514  | Fortul        | Cibariza                      | Uwa             | 2  | 0022 | 27/07/98     | 17     | 84           |                    | 36998        |
| Arauca | 12   | Fortul        | Cusay-la Colorada             | Hitnü           | 2  | 93   | 27/07/82     | 44     | 251          | 16886              | 1261         |
| Arauca | 0    | Puerto Rondón | Macaguán de la Vorágine       | Hitnü           | 4  |      |              | 26     | 22           | 6333               | 0            |
| Arauca | 0    | Saravena      | Chivaraquía                   | Uwa<br>(tunebo) | 4  |      |              | 15     | 64           | 31186              | 0            |
| Arauca | 0    | Saravena      | Mejías                        | Uwa<br>(tunebo) | 4  |      |              | 5      | 24           |                    | 0            |
| Arauca | 516  | Saravena      | Playa Bojabá                  | Uwa<br>(tunebo) | 2  | 0023 | 27/07/98     | 18     | 85           |                    | 932          |
| Arauca | 0    | Saravena      | Playas Bajas                  | Uwa<br>(tunebo) | 4  |      |              | 6      | 49           |                    | 0            |
| Arauca | 0    | Saravena      | San Joaquín                   | Uwa<br>(tunebo) | 4  |      |              | 6      | 31           |                    | 0            |
| Arauca | 0    | Saravena      | Santa María Pérez             | Uwa<br>(tunebo) | 4  |      |              | 8      | 28           |                    | 0            |

|        |     |          |                        |                 |   |    |          |    |     |       |       |
|--------|-----|----------|------------------------|-----------------|---|----|----------|----|-----|-------|-------|
| Arauca | 0   | Saravena | Satoca-San Miguel      | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 30 | 160 |       | 0     |
| Arauca | 0   | Saravena | Uncasias               | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 18 | 84  |       | 0     |
| Arauca | 0   | Tame     | Alto Cabalalia         | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 5  | 26  | 43557 | 0     |
| Arauca | 165 | Tame     | Angostura              | Uwa<br>(tunebo) | 2 | 40 | 3/07/86  | 18 | 80  |       | 3282  |
| Arauca | 0   | Tame     | Calafitas              | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 30 | 170 |       | 0     |
| Arauca | 131 | Tame     | Caño Claro             | Sikuani         | 2 | 83 | 14/12/84 | 12 | 70  |       | 1633  |
| Arauca | 409 | Tame     | Cuiloto 2              | Sikuani         | 2 | 06 | 7/02/95  | 4  | 19  |       | 77    |
| Arauca | 0   | Tame     | Fortul                 | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 25 | 115 |       | 0     |
| Arauca | 137 | Tame     | Genareros              | Betoye          | 2 | 11 | 20/02/85 | 20 | 110 |       | 123   |
| Arauca | 142 | Tame     | Julieros y velazqueros | Betoye          | 2 | 16 | 20/02/85 | 18 | 115 |       | 228   |
| Arauca | 0   | Tame     | La Cabaña              | Betoye          | 4 |    |          | 11 | 94  |       | 0     |
| Arauca | 410 | Tame     | La Esperanza           | Sikuani         | 2 | 7  | 7/02/95  | 8  | 38  |       | 151   |
| Arauca | 14  | Tame     | Los Iguanitos          | Cuiba           | 2 | 82 | 1/07/82  | 7  | 41  |       | 754   |
| Arauca | 138 | Tame     | Macarieros             | Betoye          | 2 | 14 | 20/02/85 | 13 | 127 |       | 16    |
| Arauca | 141 | Tame     | Parreros               | Betoye          | 2 | 15 | 20/02/85 | 26 | 120 |       | 207   |
| Arauca | 140 | Tame     | Puyeros                | Betoye          | 2 | 13 | 20/02/85 | 12 | 74  |       | 27    |
| Arauca | 139 | Tame     | Roqueros               | Betoye          | 2 | 12 | 20/02/85 | 17 | 105 |       | 101   |
| Arauca | 416 | Tame     | Sabanas de Curripao    | Uwa<br>(tunebo) | 2 | 15 | 5/04/95  | 9  | 49  |       | 32932 |
| Arauca | 0   | Tame     | San José del Cangrejo  | Betoye          | 4 |    |          | 12 | 0   |       | 0     |
| Arauca | 0   | Tame     | San Salvador           | Uwa<br>(tunebo) | 4 |    |          | 4  | 28  |       | 0     |

Fuentes: Departamento Nacional de Planeación-Unidad de Desarrollo Territorial. Base de datos sobre régimen territorial indígena 30-06-1997.

Incora, Sistema de Información Indígena, 1991, oficios Incora N° 021-23-I y 5301-V8

Dane. Certificación PICN, agosto de 1998

Nomenclatura: Locamapa: Código interno UDADT

Resg-Com: Resguardo, reserva, comunidad o parcialidad

ND: No determinado

RT: Régimen territorial o formas de tenencia de la tierra indígena, así:

1. Resguardos antiguos o de origen colonial
2. Resguardos nuevos, constituidos durante el proceso de reforma agraria
3. Reserva indígena
4. Ocupantes de baldíos, sin territorio delimitado
5. Parcialidades o comunidades, propietarios o poseedores individuales

La evidencia histórica de los grupos étnicos llaneros señala que prácticamente ningún grupo habita en la actualidad sus lugares ancestrales y que difícilmente sería posible reconstruir su historia de origen; aunque con algunos de ellos aún sería posible generar y emprender procesos de reconocimiento y autodeterminación.

Dado que algunos grupos han cambiado su forma de subsistencia, requerirían de mayores extensiones de terreno ya que dentro de muchas reservas los terrenos aptos para los 'conucos' –de vega o de morichal– son escasos.

La sobrevivencia de algunos de ellos, por ejemplo los guahibo–sikuanis, y la inclusión de otros en la escala más baja del campesinado y en asentamientos marginales y tuguriales de localidades como Arauca –como está sucediendo en la actualidad– dependerá de los diversos procesos de adaptación, revitalización y ajuste desarrollados por cada uno o por varios de ellos.

El proceso de cambio y adaptación de los grupos llaneros incluye una dinámica de reconocimiento y aceptación de su identidad étnica; algunos aún poseen valores de su identidad cultural, otros han sido afectados por el proselitismo religioso de diversas denominaciones o bien, se encuentran trabajando como jornaleros en haciendas de algodón o de ganadería.

En el concepto tradicional la tierra es un elemento indispensable que no puede ser propiedad individual sino colectiva y debe ser utilizada por los distintos grupos de acuerdo con sus necesidades vitales; en el momento en que queda cesante, puede ser utilizada por otro grupo o familia indistintamente. De allí los conflictos que se han presentado en el proceso de colonización.

La visión que se puede obtener en la actualidad es la de que los grupos étnicos del Llano acusan todos de un proceso acelerado de aculturación y desintegración. En unos de ellos el proceso es más rápido que en otros, pero sus causas y efectos son los mismos: aculturación, afán de riqueza y facilidad de un trabajo ilícito, y procesos de violencia.

La introducción de una economía de mercado ha tenido sus efectos sobre estos grupos con unos sistemas económicos y sociales completamente diferentes. La colonización y la búsqueda de materias primas, caucho, fibras, pieles de animales y animales vivos han sido algunos de los diversos patrones económicos causa del desplazamiento y endeude de los grupos indígenas llaneros.

Tanto la educación formal como la colonización producto de una serie de factores políticos, económicos y sociales que aquejan al país han sido causantes directos de los procesos de extinción de la población indígena. Esta situación puede ser ilustrada con claridad con las condiciones actuales de los grupos guahibos –conocidos como guahibos playeros– en las cercanías de la ciudad de Arauca: sus condiciones de vida son infrahumanas ante la indiferencia general.

Durante la realización del trabajo de campo, cuando se preguntó por la presencia de indígenas, los líderes comunitarios de las comunidades campesinas y los funcionarios de la Occidental siempre contaron que ya no los había pero que se les veía pasar y errar por las zonas urbanas solicitando bebidas alcohólicas a cambio de los servicios de sus mujeres.

El proyecto Caño Limón prestó asistencia a los indígenas del resguardo del Vigía pero se desvinculó de la prestación directa debido a la inseguridad para los empleados de la compañía.

No se conoce de la presencia de las entidades responsables de la conservación de la diversidad cultural en el área ni en los alrededores.

El proceso de sedentarización y conglomeración en caseríos, ocurrido como consecuencia del proceso secular anteriormente descrito, ha traído consigo cambios definitivos en cuanto a economía y organización sociocultural: la adopción definitiva de la agricultura, en primera instancia, y de la ganadería como base económica; la introducción de nuevos elementos tecnológicos con su incorporación como valor de uso; la desarticulación sociocultural de las comunidades y las diferencias en la relación hombre-medio.

En los últimos diez años se ha desarrollado un movimiento indígena, especialmente para manejar la reserva de Caño Colorado, en la confluencia de los ríos Lipa y Ele. La pretensión de las comunidades étnicas es al menos la de conservar la extensión original asignada en 1974, ya que en 1994 y en 1995 fue necesario pedir la conversión de dos áreas al interior de la reserva en resguardos, con extensiones de 3.768 y 844 hectáreas, respectivamente.

Los objetivos generales de la organización son:

- Lograr mantener –sobre todas las presiones– su identidad como indígenas.
- Conservar el medio en que viven con todos sus recursos como principal fuente de vida.
- Salvaguardar sus territorios para impedir la invasión por parte del blanco.
- Mantener los recursos animales y vegetales para no agotarlos.

Las comunidades consideran que la organización a través de la autodeterminación les permitiría orientar su destino con autonomía, como lo afirma la Constitución de 1991. Lo preocupante es que, aunque existen reglamentaciones oficiales relacionadas con la atención en salud, por ejemplo, las condiciones actuales en estas comunidades no dejan de ser lamentables. Además de la lepra, se presentan diarreas en la población Infantil.

Los estudios y diagnósticos sobre salud y nutrición de los grupos étnicos del Llano dicen que sus condiciones de salud y nutrición son preocupantes, con enfermedades como carate y tuberculosis, poliparasitismo intestinal, virosis, enfermedades diarreicas, del aparato respiratorio, de los tejidos dentales, anemias, artritis, hipertensión arterial, amibiasis y paludismo.

A la vez que las condiciones más preocupantes son la salud y el saneamiento, los territorios de caza y pesca están agotados. A lo anterior se agregan los continuos conflictos con los blancos y colonos por la tierra. La disponibilidad de la alimentación tradicional se ha reducido. El consumo de carne –proteínas–, anteriormente adecuado, ha disminuido, así como el consumo de frutos silvestres y el aporte de vitaminas y minerales. Como resultado se ha homogeneizado la alimentación con los productos derivados de la yuca (alimento energético), lo que ha constituido una pérdida nutricional.

El personal médico y paramédico no recibe ningún tipo de inducción para dar un trato especial y acorde con la cultura de esas comunidades. Por el contrario, desvirtúan sus creencias y prácticas tradicionales, hecho que provoca el alejamiento de estos grupos de la medicina institucional, rechazándola.

La medicina indígena con su mundo cósmico ya no se manifiesta de forma tan evidente, aunque esté presente en todos los casos; se mueve por el mundo de lo sagrado y oculto ante la mirada del blanco. Los médicos tradicionales han sido perseguidos y se han atacado sus creencias.

La colisión de sistemas económicos, culturales, ideológicos y médicos ha tenido como resultado el que ya no posean ni conozcan las plantas tradicionales para manejar diversas

dolencias como tradicionalmente lo hacían. El agotamiento del medio ambiente también ha influido en esta situación.

### 8.3 RELACIONES INTERCULTURALES

El grupo más numeroso en la región es el de los colonos agricultores:

*“[...]desplazado de otras regiones se ve ahora obligado a disputar al indígena una tierra selvática y malsana, que no conoce ni maneja adecuadamente. Vive desarraigado de su tierra y se ve obligado a utilizar en forma irracional el medio ambiente ocasionando el desequilibrio ecológico.*

*“Así el indígena arrinconado o amenazado por fuerzas y procesos que están más allá de su conciencia y la de sus vecinos ganaderos y agricultores, se está viendo obligado a emplearse como peón en algunos fundos. La violencia está latente en este pequeño rincón de Arauca [región de Cravo Norte, al oriente del departamento de Arauca], que como muchos otros con características similares, se pierde en la inmensidad de sabanas desocupadas e inexploradas pero con dueño (Echeverri, 1983).*

El resultado de un largo proceso de colonización que dio lugar a los conflictos interétnicos en los Llanos, fue la ocupación progresiva de los territorios indígenas, donde colonos y hacendados consolidaron poco a poco unidades económicas con base fundamentalmente en la ganadería extensiva, en tanto que los grupos nativos cazadores recolectores, cada vez más reducidos demográficamente y espacialmente, cedían terreno, refugiándose en aquellos ‘límites’ de la llanura donde el avance colonizador aún no los alcanzaba:

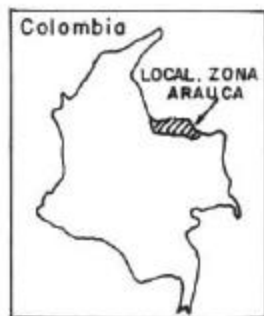
*“De acuerdo con el conocimiento que yo tengo del Llano, veo que la mayoría de los llaneros han tenido que defenderse de los indios porque yo traté de explicarle el por qué 10 años después de haber ido al Llano, en las regiones donde yo había visto indios ya no existían y es así como hoy solamente existe cantidad de indios contra las costas del Orinoco, del Inírida, y del Meta pero ya muy abajo, ya casi en la desembocadura del Puerto Páez, pero ya en el centro del Llano digámoslo así no encuentra uno; muy raro ver un indio, lo ve uno ya contra Venezuela” (Testimonio, 1973: c. 2, fl. 939).*

Debido a distintos procesos de índole política y económica, ninguna de las etnias de los Llanos Orientales de Colombia permanece en la actualidad completamente alejada del contacto con la sociedad nacional. Más bien, por el contrario, la mayor parte de ellas acusa graves y preocupantes situaciones de deterioro físico y cultural, de arrebato y de invasión de los territorios ancestrales, de crisis en la identidad y organización política; aun los grupos aborígenes son vistos con una actitud generalizada de superioridad por parte de la sociedad nacional que, infortunadamente, ya en el siglo XXI no cambia (**figura 8.2 y 8.3**).

Las formas ‘antiguas’ de dominación han sido sustituidas por otras y se observa el surgimiento y fortalecimiento de otras modalidades.

En el proceso de descomposición de las etnias regionales, la mayor parte de la población indígena ha querido, y quiere aún, convertirse en ‘blanco’ y adquirir todo lo que ello representa: la evidencia indica que para el blanco en el Llano el indígena sigue siendo el ‘irracional’, tal como aparece en la novela y la crónica de los siglos XVI y XIX.

Existen, según Mario Mejía (1986), diversos tipos de conucos. El conuco llanero, como eje del sistema productivo de los horticultores estacionales llaneros: una de las variedades de este modelo —el conuco de vega— fue apropiado históricamente por los grupos humanos de colonos, hoy conocidos como vegueros y conuqueros, y representa un modelo de



#### CONVENCIONES

- SIKUANI (Aprox. 150 indígenas)
- ☒ CUIBAS (Aprox. 350)
- △ GUANIBOS PLAYEROS (Aprox. 100)
- HITN& (Aprox. 230)
- CHIRICOAS (Aprox. 100)
- CAPITAL
- CAB. MUNICIPAL
- ▨ ZONA SELVATICA Y PIE DE MONTE

| IDEAM                                  |
|----------------------------------------|
| GRUPOS DE LA FAMILIA GUAHIBO<br>I. 982 |
| Intendencia del Arauca, Mapal          |
| FUENTE: LOBOGUERRERO-HERRERA           |

Fig. N° 8.2

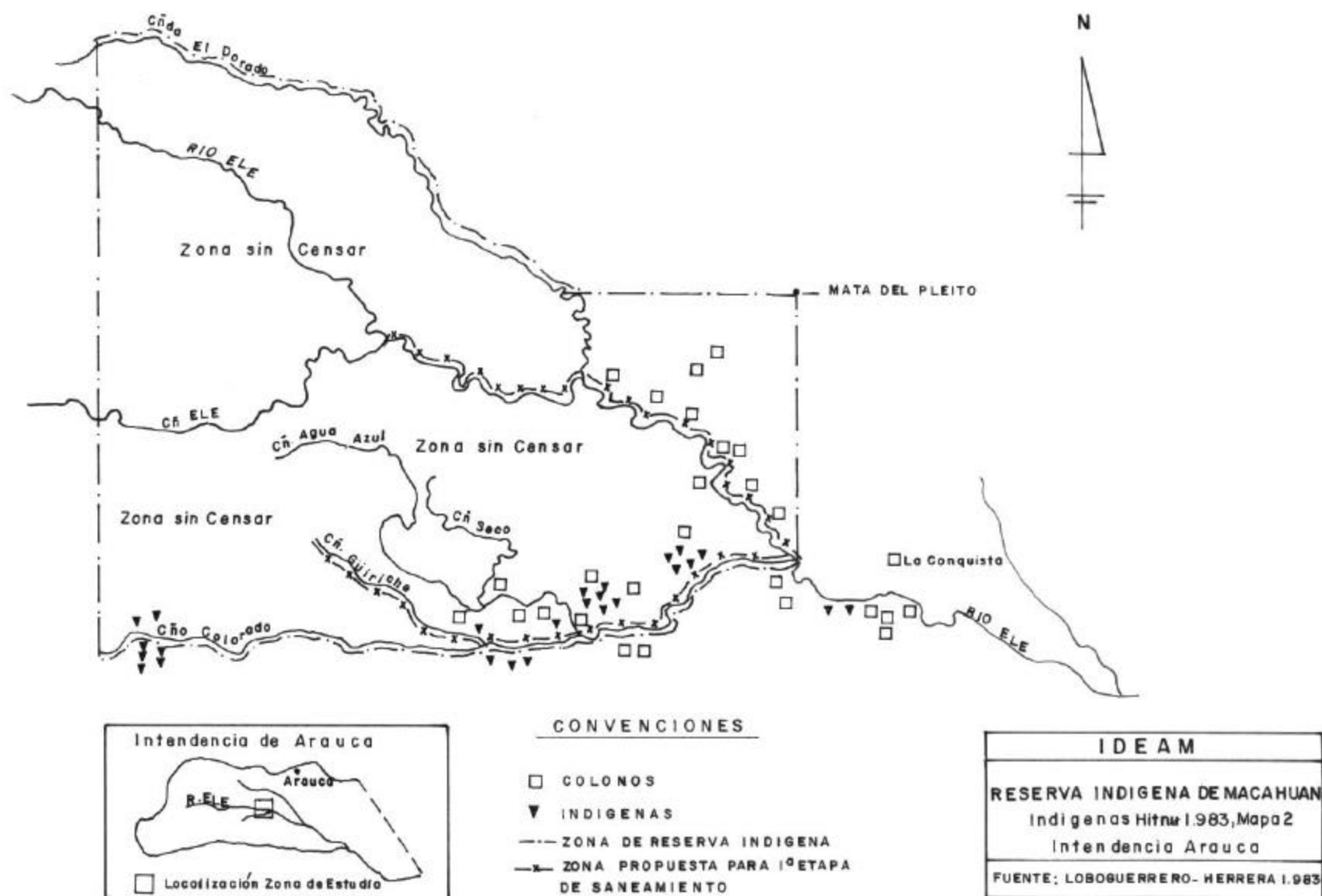


Fig. N° 8.3

adaptación y de manejo del medio, esencial para todos los grupos humanos de la región, no solamente para los indígenas.

Este sistema de producción es el que se encuentra en proceso de cambio debido al impacto ecológico de la colonización, a la introducción de técnicas de manejo del medio (como la ganadería vacuna) y a la sedentarización forzosa de los grupos indígenas, entre otros factores

La recolección de frutas, semillas, raíces, hojas, representa un recurso alimentario importante para los grupos de los Llanos. En la actualidad, es una actividad complementaria para la mayor parte de los grupos, puesto que han sido obligados a adoptar una pauta sedentaria de localización y la tala de las matas de monte ha afectado el equilibrio ecológico de los sitios donde antes crecían semillas y frutas. Las mujeres y los niños son los que van a la recolección: consumen parte de esos alimentos en el mismo sitio y el resto lo transportan en las canastas de hojas de moriche o 'cote'.

Esta labor se hace con especial dedicación y se convierte en un paso de unión entre los miembros de un grupo que disfrutan en su desempeño, más como un acto de recreación, que de trabajo.

#### **8.4 PROYECCIONES**

La acción institucional hacia los grupos indígenas llaneros la adelantan dos tipos de agencias: las instituciones del Estado y las organizaciones no gubernamentales. La presencia estatal en la región ha sido particularmente débil, si bien el sector educativo es el que más tareas ha llevado a cabo, especialmente a través de la Educación Contratada.

Los resultados de la acción institucional en el campo de la investigación son desconocidos por las comunidades. Otro conjunto de entidades estatales realiza una acción caracterizada por la disparidad de programas y de criterios y por una visión en compartimentos del desarrollo en salud, nutrición, educación, vivienda, producción y economía, entre otros.

La acción estatal no posee planeación y programación de las actividades. A ello se agregan los celos institucionales y el proselitismo político. Las entidades territoriales departamentales y regionales sufren los vaivenes de la injerencia política de los distintos partidos. Las agencias estatales carecen de presupuestos para infraestructura, dotación y medios de transporte.

La presencia efectiva de la universidad en la región debería lograrse con un refuerzo en lo que se refiere a programas y acciones, así como a la investigación, relacionados con los grupos indígenas de la región. Infortunadamente, no parece vislumbrarse un cambio de actitud en las esferas mencionadas, producto de la departamentalización de las antiguas intendencias y comisarías. No existe una acción 'integral' unificada de las distintas entidades hacia las entidades indígenas. Como allá se dice, *"pues cada uno llega con su cuento"*.

Si bien es cierto que en algunos sectores de los grupos indígenas llaneros prevalece una actitud de vergüenza hacia lo propio y un deseo de ser 'blanco', ésta no es una actitud generalizada. Apoyados por programas de educación bilingüe y de organización, algunos de ellos, como los guahibo-sikuanis han podido comenzar a generar un cambio de actitud dentro de sus grupos y hacia la sociedad en general.

Por otra parte, la acción de entidades no gubernamentales y fundaciones es cuestionada y criticada por algunos grupos indígenas. Las investigaciones *"no se conocen porque no se entienden o no saben leer o se leen y no se entienden"*.

El incremento de los presupuestos de intendencias y comisarías como Arauca, desde 1987, y de Casanare y Meta, más recientemente, como resultado de los ingresos por concepto de las regalías petroleras a los nuevos departamentos, no se ha traducido en progreso notorio para las comunidades indígenas.

Algunas comunidades manifiestan que existe una 'colisión' de intereses y conceptos en la organización de 'autoridades de cabildos' distintas a las autoridades tradicionales. El género y origen de la autoridad tradicional obedece generalmente a normas específicas dadas por la edad, la experiencia o la herencia y no por la elección, como ocurre en el modelo de los cabildos. Las agencias estatales promotoras de estas nuevas autoridades y organizaciones deben examinar en detalle la dinámica social y política interna de los grupos antes de implantar nuevos modelos de organización.

Sería conveniente tratar de comprender de una manera amplia y objetiva las percepciones que la sociedad indígena tiene de la sociedad blanca y respetar las decisiones de éstas con respecto a su futuro.

Es importante examinar en detalle los procesos de adaptación de las comunidades indígenas que les permiten su ajuste a diferentes situaciones y, en últimas, a su supervivencia.

El estatuto legal que le da la Constitución de 1991 a los Territorios Indígenas crea un clima favorable para una nueva realidad, con el concurso de las comunidades y de los profesionales que trabajan con ellas, sin que esa ley sea en sí misma la panacea para que se resuelvan todos los problemas actuales de dichas etnias.

## ACTIVIDAD PETROLERA

La exploración y producción de petróleo en Colombia está a cargo del Estado a través de la Empresa Colombiana de Petróleos –Ecopetrol–. Esta labor la realiza de forma directa bajo contratos de asociación y, en algunos casos, por concesión.

En las dos últimas décadas, compañías extranjeras, bajo la modalidad de contratos de asociación, encontraron nuevos campos petroleros con los que se incrementó la producción nacional de crudo. A comienzos de los años ochenta la compañía estadounidense Occidental descubrió el campo Caño Limón y una década más tarde, a comienzos de la década de los noventa, la compañía *British Petroleum* descubrió los campos de Cusiana y Cupiagua. Desde el descubrimiento y la explotación del campo Caño Limón, el país volvió a ser autosuficiente en este recurso energético; además, los excedentes del consumo interno están siendo exportados desde esa época.

La actividad petrolera que Occidental de Colombia viene desarrollando desde 1983 en el departamento de Arauca está constituida por un área concedida de 26000 hectáreas aproximadamente; de ellas, la Occidental denomina ‘comerciales’ a 11000 hectáreas, 5000 de las cuales son de la reserva petrolera y las restantes 6000 fueron adquiridas con fines de conservación, recuperación natural y reforestación. Las 11000 hectáreas comerciales están bajo la jurisdicción de los municipios de Arauca y Arauquita y limitan al norte con los ríos Arauca (frontera con Venezuela) y al sur con el caño Aguaverde y el estero de Lipa.

El montaje de toda la infraestructura de explotación y tratamiento se desarrolló en las 5000 hectáreas de reserva petrolera. Durante las primeras etapas del proyecto, la actividad fue regulada ambientalmente por el Inderena y, posteriormente, por el Ministerio de Medio Ambiente.

### 9.1 CAMPO CAÑO LIMÓN

#### 9.1.1 Proceso de exploración

La sísmica exploratoria con uso de explosivos se inició hace unos 80 años. Desde entonces ha habido una permanente acumulación de experiencia y conocimiento científico y técnico en busca principalmente de seguridad, alta calidad de la señal sísmica y mínimo impacto ambiental. Los avances recientes en el manejo de esta tecnología se han consultado en las bases de datos de organismos como la Agencia Federal de Protección Ambiental –EPA– y el *National Technical Information Service –NTIS–* de Estados Unidos, en las guías ambientales de la IAGC (*International Association of Geophysical Contractors*) y la *Guía de manejo ambiental para exploración sísmica 2D y 3D* de la gerencia de Exploración de Ecopetrol.

##### 9.1.1.1 Prospección sísmica

En la búsqueda de hidrocarburos, la necesidad de identificar la disposición de las rocas que se encuentran a centenares de metros bajo la superficie terrestre implica el empleo de métodos de exploración indirectos, como la gravimetría, la magnetometría, la sísmica, etc. Entre estos métodos el más utilizado debido a su gran capacidad de penetración, resolución y precisión es la sísmica.

La técnica de la sísmica, basada en la ley de reflexión, consiste en la generación artificial de ondas acústicas con el fin de que viajen a través de las diferentes capas del subsuelo y que, al ser reflejadas por las diferentes interfaces, sean registradas de nuevo en la superficie por medio de detectores especiales, o geófonos.

La onda sísmica se genera realizando perturbación en el nivel superficial mediante la utilización de explosivos o de dispositivos mecánicos especiales que produzcan un impacto sobre el suelo. La onda se propaga a través de las diferentes capas de la Tierra y, a medida que encuentra contrastes, es reflejada con un ángulo similar al que incidió, siendo detectada por los geófonos. La señal es conducida eléctricamente a una unidad de control central y allí se graba en cintas magnéticas para luego ser procesada e interpretada. Los geófonos se disponen en superficie en una línea recta conocida como 'línea sísmica'. Uniendo las diferentes trazas que se forman en todos los grupos de geófonos, se obtiene un perfil sísmico que es interpretado para obtener información geológica útil para la decisión de la realización o no un pozo exploratorio.

A diferencia de las amenazas naturales (sismos, volcanes, deslizamientos, etc.), las potenciales amenazas de origen tecnológico tienen la ventaja de ser controlables en todos los factores de la secuencia de riesgo, más aún cuando se trata de procesos en los cuales ya hay muchas décadas de experiencia, como en el uso de explosivos químicos.

Cuando se trata de amenazas naturales, en prácticamente todos los casos la reducción de riesgo se tiene que limitar al control de la exposición (alejar vidas y bienes expuestos de la zona amenazada), al control de la resistencia (por ejemplo, diseñando edificaciones que resisten a sismos) o a la preparación de recursos para atender eficazmente la ocurrencia de emergencias y desastres. En cambio, en el caso de riesgos tecnológicos, sobre todo en procesos de bajo nivel de complejidad y muy localizados (como en el caso de la sísmica exploratoria), el control de riesgos se puede hacer 'desde la raíz', es decir, diseñando la posible causa del riesgo de tal manera que la probabilidad de efectos adversos sea mínima.

Los escenarios previstos para esta actividad de exploración en términos generales son las siguientes:

- Formación de cavidades en el suelo. Este tipo de riesgo es controlable con la disposición de la carga a suficiente profundidad y un adecuado confinamiento de la carga de dinamita para que la explosión sea transmitida al subsuelo y no a la superficie.
- Proyección de suelo y fragmentos de roca. Se controla mediante la disposición de la carga a suficiente profundidad.
- Fracturamiento de roca. Este efecto no requiere control puesto que no implica riesgo para el medio natural con las cargas y profundidades utilizadas normalmente.
- Desestabilización de suelos de ladera. Este efecto se controla con la adecuada selección del sitio, de la cantidad de carga y la profundidad de detonación.
- Erosión. Se controla también disponiendo la carga a suficiente profundidad.
- Modificación del régimen sísmico. No existe evidencia de alteración del régimen sísmico por explosiones superficiales.
- Perturbación del régimen hídrico. En la literatura técnica y científica sobre este posible efecto no hay evidencias de que haya sido observado, aun en varios estudios específicos. La sola comparación de dimensiones (sistemas acuíferos vs. volumen de influencia de la

detonación) permite inferir que una perturbación, si es que la hay, sólo puede ser temporal.

- Daños en fauna y edificaciones por presión acústica. Las detonaciones provenientes de esta etapa exploratoria causan molestias pero la onda de presión es muy pequeña y su energía se atenúa en una proporción mayor a la raíz cúbica de la distancia. En el nivel de presión acústica se ha comprobado que ésta es menor al de las descargas eléctricas atmosféricas.
- Efectos químicos de los gases. Los gases expulsados son en su mayor parte nitrógeno, que se fija al suelo y en gran parte se disipa en la atmósfera.

#### *9.1.1.2 Exploración sísmica en el área de Caño Limón*

En Caño Limón se realizaron programas de sísmica en los años ochenta y, en una muy baja proporción, en los años siguientes. La sísmica corrida en el campo, en general, ha sido del tipo 2D (en dos dimensiones) y permitió evaluar el campo petrolífero actual. El explosivo utilizado fue Sismigel, que corresponde a una clase de dinamita diseñada especialmente para este tipo de trabajos, que ofrece todas las características de seguridad de operación.

Estos programas se acompañaron de las respectivas medidas de manejo ambiental exigidas por las autoridades competentes para controlar, prevenir y mitigar los posibles efectos sobre la oferta ambiental causados durante el desarrollo de esta etapa exploratoria. No se tienen antecedentes de reclamos por inadecuado manejo ambiental por parte de la Occidental de Colombia en relación con esta etapa específica del proyecto.

A la fecha no hay evidencia de alteración del medio ambiente por efecto de la sísmica corrida en el campo. En el nivel de las aguas subterráneas este efecto se puede descartar ya que no se observan abatimientos significativos ni disminución de caudales en las mediciones y pruebas realizadas para el monitoreo de los niveles estáticos de los pozos y de los parámetros hidráulicos.

#### *9.1.1.3 Conclusión*

Con las anteriores precisiones y el soporte investigativo sobre el tema se puede concluir que los efectos causados a los diferentes componentes geosféricos y biofísicos (agua, suelo, aire, flora, fauna, paisaje) por la actividad sísmica exploratoria, bien sea en caño Limón o en cualquier área de exploración, no generan variaciones significativas en su estructura y en su dinámica pues son mínimos, temporales, puntuales y con rápida posibilidad de recuperación. En Caño Limón estos efectos debieron en su momento ser aun menores, si se tiene en cuenta que el área explorada es plana y carente de infraestructura susceptible de daño por fracturamiento, desestabilización, vibración sísmica o presión acústica (está última atenuada en todos los casos en proporción mayor a la raíz cúbica de la distancia al punto de disparo).

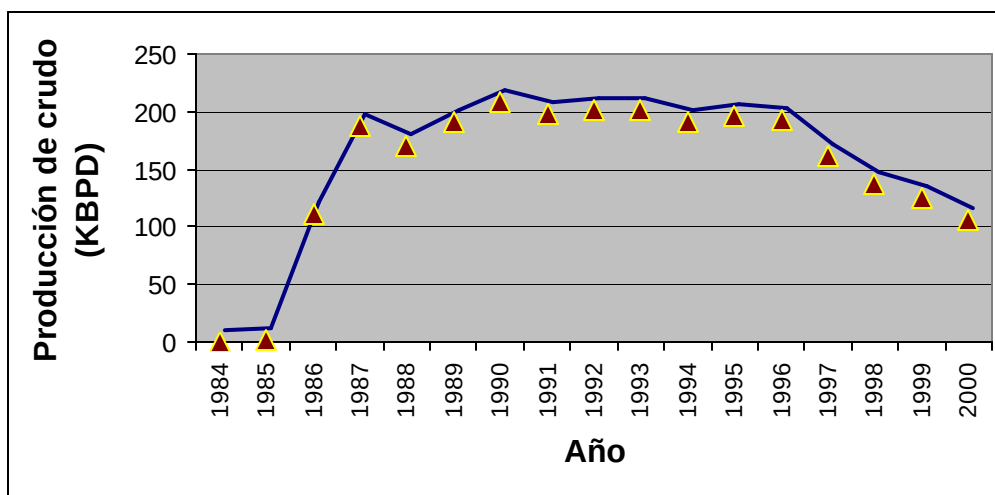
Sin embargo, por ser éste un aspecto sensible para la población, bien valdría la pena realizar talleres educativos al respecto y montar proyectos de aseguramiento y monitoreo de estas actividades, en caso de que sea necesario adelantarlas en el futuro.

### **9.1.2 Proceso de explotación y producción**

En el campo Caño Limón se han perforado alrededor de 180 pozos, de los cuales son productivos en la actualidad alrededor de 150. La perforación se lleva a cabo a una profundidad de 8000 pies (2400 m), en promedio; la producción total está compuesta de 90% agua y 10% de crudo.

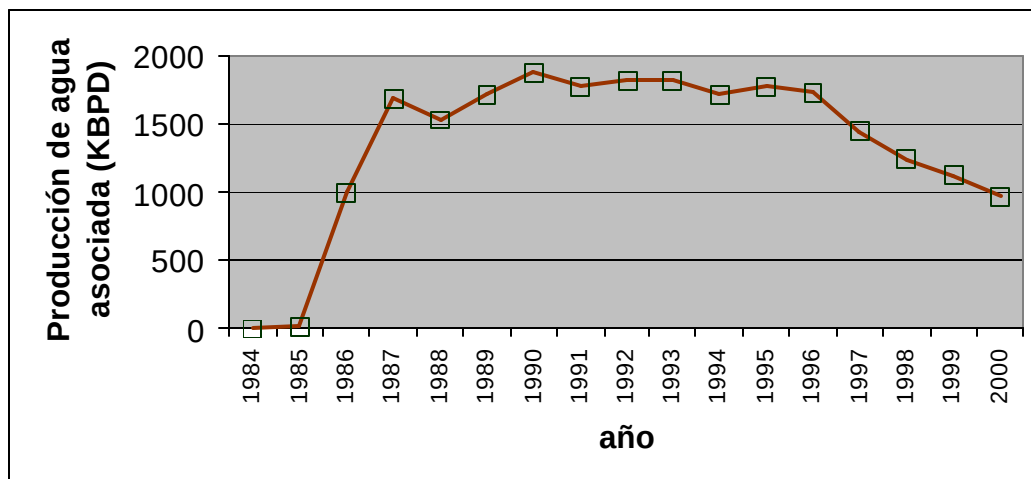
Tanto las instalaciones de producción como otras obras de infraestructura desarrolladas para la actividad petrolera del campo Caño Limón están construidas en un área aproximada de 5000 hectáreas dentro de un área total de 26000 hectáreas de concesión. Las instalaciones de producción denominadas PF1 y PF2, así como las otras obras de infraestructura, no se encuentran localizadas dentro del estero de Lipa, aunque la parte norte de éste sí está incluida en el área del contrato de asociación Cravo Norte: sólo en la parte sur se intentó recientemente desarrollar el pozo Playitas, localizado sobre el estero de Lipa. Se construyó entonces un terraplén de acceso interrumpiendo el bosque que rodea al estero; las obras fueron suspendidas y el terraplén se desmontó en enero de 2000. Desde entonces, la vegetación en el área de Playitas está en proceso de recuperación natural, según se vio en la visita de campo.

Entre 1987 y 1996, la producción de crudo del campo Caño Limón fue muy estable, pues se mantuvo muy cerca de los 200 kilo-barriles de crudo por día calendario (KBPD). Sólo en los últimos años ha estado bajando, llegando en el primer trimestre de este año a un valor cercano a los 100 KBPD. La **figura 9.1** muestra la producción diaria promedio de crudo que el campo ha tenido desde su comienzo; el valor reportado para 2000 corresponde al promedio del primer trimestre de este año, según reportes de Ecopetrol. La **figura 9.2** muestra la producción promedio de agua diaria asociada para cada año, tomando un contenido promedio de agua de 90%.



Fuente: Ecopetrol, Vicepresidencias adjuntas de producción y operaciones asociadas. *Informe anual* ([www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co))

**Figura 9.1** Producción diaria promedio de crudo del campo Caño Limón (Arauca), hasta el primer trimestre de 2000



Fuente: Ecopetrol, Vicepresidencias adjuntas de producción y operaciones asociadas. *Informe anual* (www.ecopetrol.com.co)

**Figura 9.2.** Producción diaria promedio de agua asociada al crudo Caño Limón calculada como el 90% de la producción total, hasta el primer trimestre de 2000. Campo Caño Limón (Arauca)

El crudo de Caño Limón es de 29.6 grados API, es decir, de características livianas; tiene alrededor de 15% en volumen de compuestos volátiles y una densidad de  $0.8799 \text{ g/cm}^3$  que facilita la separación del agua asociada. En la **tabla 9.1** se muestran algunas propiedades del crudo Caño Limón.

| Propiedad            | Valor                | Unidades         |
|----------------------|----------------------|------------------|
| API                  | 29.6                 |                  |
| Densidad             | 0.8799 <sup>20</sup> | g/ml             |
| Carbón conradson     | 5.27                 | %                |
| Viscosidad (15°C)    | 110                  | cpoise           |
| Viscosidad (25°C)    | 55                   | cpoise           |
| Viscosidad (40°C)    | 35                   | cpoise           |
| Azufre               | 0.5                  | %                |
| Cenizas              | 0                    | %                |
| Níquel               | 40                   | ppm              |
| Vanadio              | 17                   | ppm              |
| Hierro               | 3.1                  | ppm              |
| Sodio                | 1.9                  | ppm              |
| Magnesio             | 0.1                  | ppm              |
| Cobre                | <0.4                 | ppm              |
| Calcio               | <0.4                 | Ppm              |
| Punto de fluidez     | 3                    | °C               |
| Punto de inflamación | -14                  | °C               |
| Componente           | Peso %               | Volumen %        |
| Nafta liviana        | 1.16                 | 1.53             |
| Nafta pesada         | 11.51                | 13.52            |
| Kerosene             | 13.95                |                  |
| Acpm liviano         | 13.56                |                  |
| Acpm pesado          | 10.71                |                  |
| Destilación          | Punto inicial (°C)   | Punto final (°C) |
| Nafta liviana        | 34.2                 | 90.4             |
| Nafta pesada         | 84.1                 | 184.4            |
| Kerosene             | 191.5                | 258.4            |
| Acpm liviano         | 241.8                | 306.7            |
| Acpm pesado          | 311.7                | 356.7            |

Fuente: Ecopetrol-ICP

**Tabla 9.1.** Propiedades fisicoquímicas y composición del crudo Caño Limón

Las propiedades fisicoquímicas del crudo, la cantidad y la calidad del agua que viene asociada a él y el tipo de mezcla que forman estos dos componentes determinan en gran medida las operaciones necesarias del proceso posterior a la extracción, pues las instalaciones de superficie están diseñadas para la separación del agua asociada y el tratamiento que debe hacerse antes de verterla al sistema hídrico de la zona.

Luego de un análisis de la información entregada por la Occidental de Colombia, de haber recopilado, procesado y analizado la información sobre el uso de recursos y de hacer el trabajo de campo, el proceso de producción de crudo en el campo de Caño Limón se puede describir en forma general de la siguiente manera:

Se inicia en el sistema colector de mezcla que proviene de los diferentes pozos: en el colector, la mezcla crudo/agua (10%/90%, en promedio) tiene una temperatura alrededor de 85°C. De ahí pasa a un sistema donde se le separan los gases, que van directamente a combustir en la tea<sup>21</sup>. La mezcla crudo/agua se envía a una serie de tanques de separación; el crudo libre de agua va a los tanques de almacenamiento y de allí pasa a un sistema de

<sup>20</sup> Occidental emplea un valor promedio de 0.85 g/ml

<sup>21</sup> Tea: Es un quemador vertical de combustión controlada. Se emplea como equipo de emergencia para la combustión de gases y vapores antes de ser descargados a la atmósfera. Normalmente se queman los gases y vapores provenientes de las líneas de seguridad y de productos por fuera de especificación.

medición antes de ser bombeado por el oleoducto. Es de anotar que la operación de transporte por oleoducto es realizada directamente por Ecopetrol.

La fase agua es enviada a una serie de celdas de flotación, donde se separa parte del crudo remanente. Este crudo, junto con el que es retirado de las trampas y desnatadoras a lo largo del sistema de tratamiento de agua, regresa a los tanque de separación crudo/agua. El agua pasa a una piscina de 'agua caliente' y, posteriormente, a otra de enfriamiento por aspersión, donde la temperatura del agua se reduce aproximadamente hasta 30°C. Por último, y antes de entrar al sistema hídrico de la zona, el agua pasa por una laguna de tratamiento para mejorar su calidad.

Los equipos, las líneas, los tanques y las demás instalaciones para el tratamiento de agua se encuentran en las denominadas PF1 y PF2. La capacidad del sistema PF2 llega a ser seis veces más grande que la del sistema PF1; ambas instalaciones están conectadas pero cada una puede hacer por separado el tratamiento de agua. El sistema PF1 vierte el agua tratada al estero Aguaverde y éste, a su vez, lo hace al estero de Lipa, mientras que el sistema PF2 bota el agua al estero la Conquista, que drena al caño Limón a través del caño Totumo (ver arriba **figura 2**).

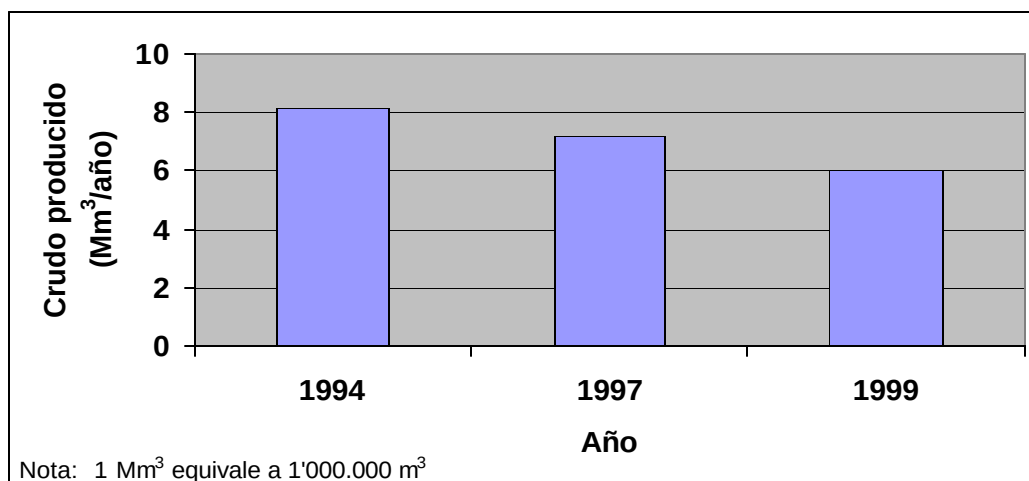
El agua para consumo doméstico se extrae de los acuíferos superficiales de la zona; luego de usarla, se le hace un tratamiento secundario con proceso biológico aeróbico. Las aguas residuales domésticas de PF1 van al caño Limón y las del PF2, a un campo de infiltración.

El consumo de energía es aproximadamente de 500 millones de kwh al año, de los cuales, más de 50% es producido por la misma empresa a través de generadores que funcionan con combustóleo y acpm; el resto de energía eléctrica se compra como servicio.

El manejo de los residuos sólidos contempla dos aspectos: reciclaje y disposición final. En especial se recicla vidrio y plástico, y para la disposición se cuenta con rellenos de seguridad y sanitario. En el relleno de seguridad se depositan en la actualidad alrededor de 50 m<sup>3</sup> de residuos al año, que incluyen en orden de cantidad: bolsas de papel, productos químicos, filtros de aceite, telas impregnadas de crudo, asbesto y cemento, espuma, residuos con crudo y otros. A su vez, en el relleno sanitario se depositan alrededor de 800 m<sup>3</sup> de residuos de comida, papel, cartón, textiles y plásticos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos luego del procesamiento de la información recopilada para tres diferentes años (1994, 1997 y 1999) y la información obtenida en campo, con el fin de: hacer un balance de materiales y energía alrededor de la unidad de producción de crudo, obtener una serie de indicadores y analizar de forma general cómo se lleva a cabo la operación petrolera.

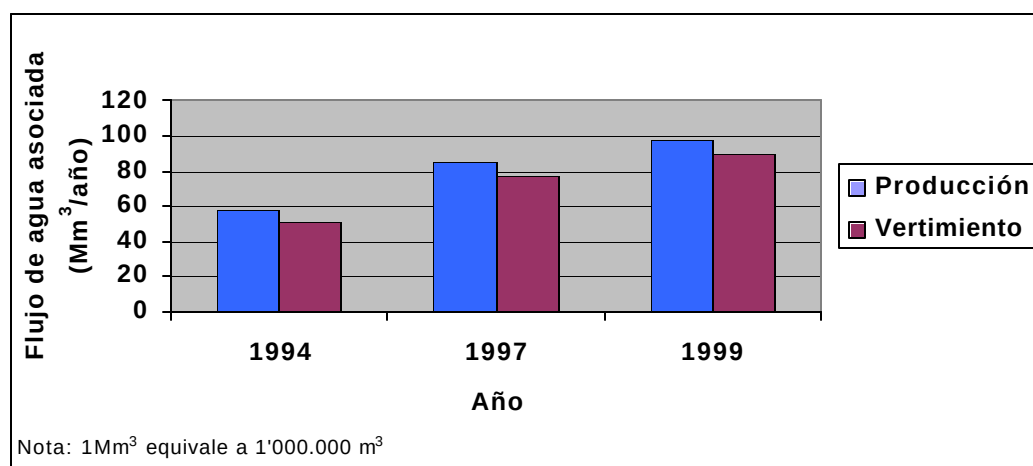
La producción de crudo en el campo Caño Limón ha descendido en los últimos años (**figura 9.3**), tal y como lo evidencia la **figura 9.1**. La producción de crudo ha llegado a un nivel de 6'000.000 m<sup>3</sup>/año (aproximadamente 103 KBPDC) en 1999.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.3.** Producción de crudo en la explotación petrolera de Caño Limón (Arauca) para los años 1994, 1997 y 1999

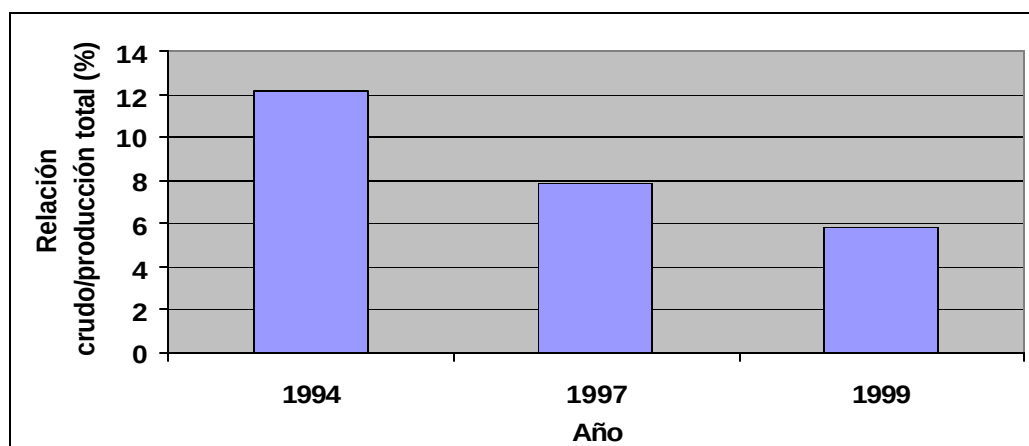
Por otra parte, la producción de agua asociada al crudo ha aumentado en los últimos años, de 58,4 Mm³ en 1994 a 97,6 Mm³ en 1999, lo que equivale a un crecimiento de 67% en el periodo (**figura 9.4**). Los volúmenes de agua que entran a los sistemas de tratamiento en PF1 y PF2 se estima que son los mismos volúmenes de producción, y la diferencia de éstos con los volúmenes de vertimiento (**figura 9.4**) se asocia al agua evaporada en el proceso de enfriamiento por aspersión. La proporción de agua evaporada en este proceso se ha mantenido alrededor de 10%, con respecto al agua que entra al sistema de tratamiento en PF1 y PF2.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.4.** Producción y vertimiento de agua asociada al crudo Caño Limón. Campo Caño Limón (Arauca)

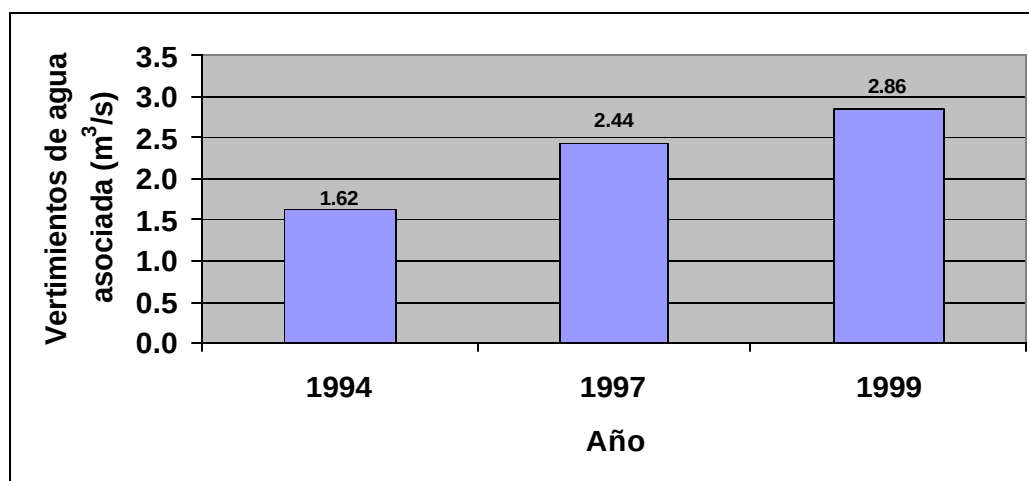
Las dos últimas figuras muestran cómo la relación crudo/agua ha disminuido en los últimos años. El rendimiento porcentual de la producción de crudo con respecto a la producción total del campo Caño Limón ha descendido en los últimos años, pasando de 12% en 1994 a cerca de 6% en 1999 (**figura 9.5**).



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.5** Producción de crudo respecto a la producción total (rendimiento/volumen). Campo Caño Limón (Arauca)

La **figura 9.6** muestra los caudales de vertimiento de agua asociada en metros cúbicos por segundo, unidades con las que es posible hacer una comparación de magnitudes: por ejemplo, para 1999 el caudal de vertimiento fue  $2.86 \text{ m}^3/\text{seg}$ , lo que en términos de consumo humano correspondería al agua utilizada por una población de entre 1'235.000 y 1'647.000 habitantes, tomando como intervalo promedio de consumo 150–200 litros de agua por persona al día.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.6.** Vertimiento de agua asociada al crudo en Caño Limón (Arauca)

Actualmente el caudal total de tratamiento en PF1 y PF2 es  $3.09 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en el proceso de tratamiento se pierde por evaporación  $0.23 \text{ m}^3/\text{s}$  y el resto ( $2.86 \text{ m}^3/\text{s}$ ) es vertido al sistema hídrico de la zona (**figura 9.6**). El 84% de este caudal lo vierte PF2 al estero la Conquista y de éste, va al caño Limón. De PF1 sale el 16% restante, que equivale aproximadamente a  $0.46 \text{ m}^3/\text{s}$  y es vertido al estero Aguaverde y de éste al estero de Lipa. Este caudal es bajo si se compara con el volumen de agua almacenado en el estero de Lipa (400 millones de  $\text{m}^3$  en época de invierno) y si se considera el drenaje del estero a través del río Lipa ( $200 \text{ m}^3/\text{s}$  en época de invierno); sin embargo, la dimensión real de afectación del estero de Lipa por el

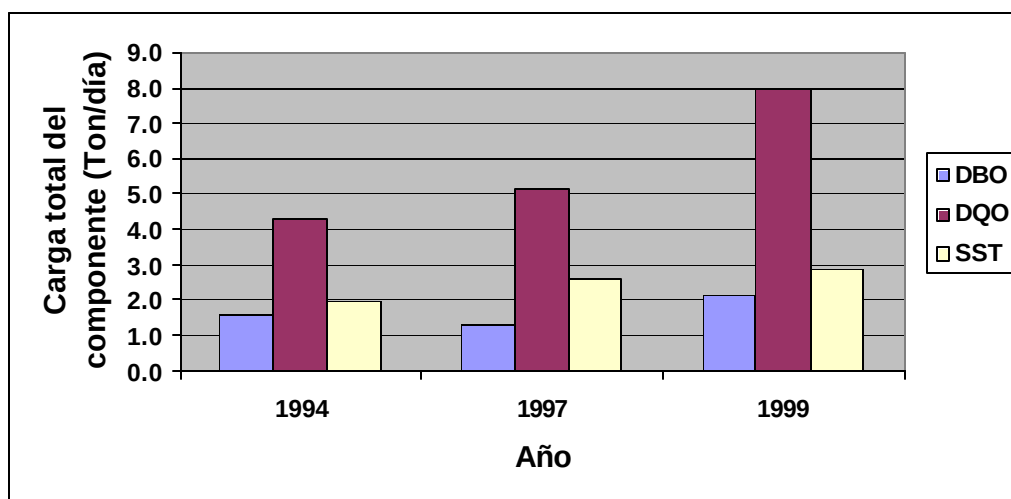
volumen vertido no se conoce, en especial en época de verano, cuando los volúmenes de los cuerpos de agua son mucho más bajos.

## 9.1.4 Emisiones

### 9.1.4.1 Emisiones al recurso hídrico

#### Aguas de producción

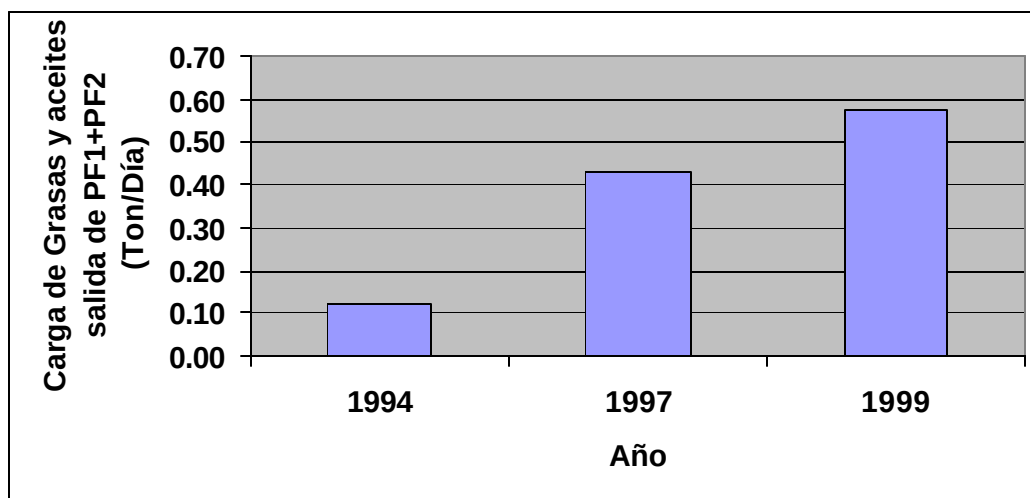
Las descargas diarias de materia orgánica y otras materias químicas medidas como demanda biológica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), así como las descargas de sólidos suspendidos totales (SST) vertidas con las aguas de producción, han tenido una tendencia al aumento en el periodo de tiempo analizado (1994–1999): las descargas de DBO aumentaron 33%; las de DQO, 82% y las de SST, 49% (**figura 9.7**). El aumento de la producción de agua asociada puede ser la causa del aumento de las descargas de estos materiales.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.7.** Emisiones de DBO, DQO y SST como carga diaria al sistema hídrico de la zona (aguas de producción). Campo Caño Limón (Arauca)

Grasas y aceites (G y A) es el parámetro que indica más directamente la contaminación por hidrocarburos; se evaluó a la entrada y a la salida de los sistemas de tratamiento PF1 y PF2, de tal forma que se puede calcular el porcentaje de remoción que tienen éstos. La **figura 9.8** muestra la evolución que ha tenido la descarga diaria de G y A al sistema hidrológico de la zona.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.8.** Emisiones de grasas y aceites al sistema hídrico de la zona (carga diaria). Campo Caño Limón (Arauca)

El análisis de las descargas de G y A con respecto a la carga inicial proveniente del sistema de separación crudo/agua, muestra que el porcentaje de remoción de G&A ha disminuido en el periodo comprendido entre 1994 y 1999, pasando de 99,24% a 96,5% de remoción (**figura 9.9**), de todas maneras el nivel de remoción ha permanecido por encima de 96% en este periodo de tiempo.

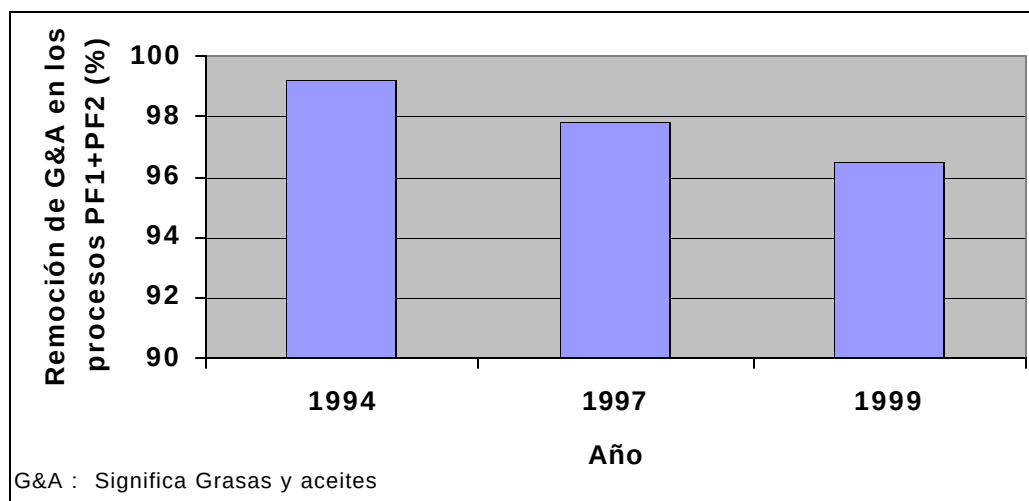
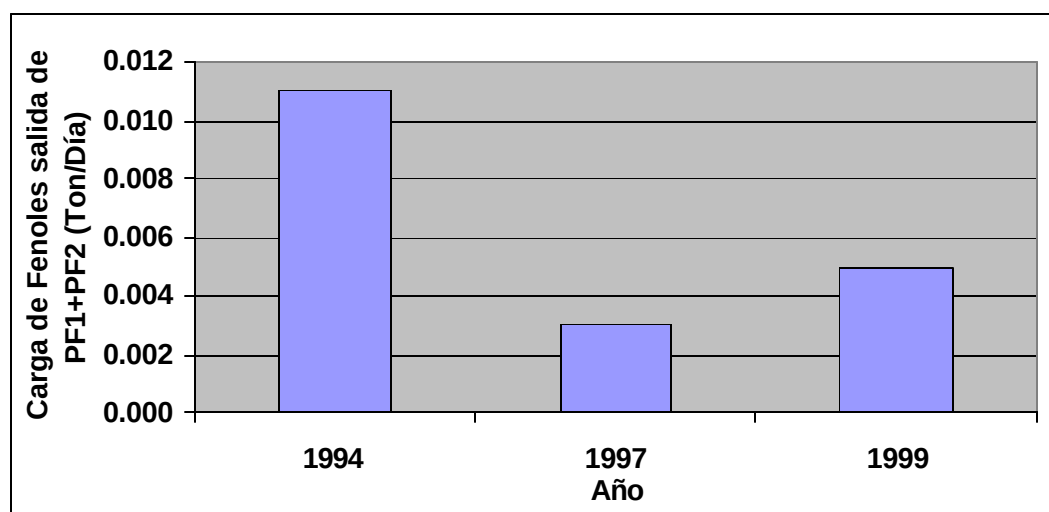


**Figura 9.9** Nivel de remoción de G y A en los sistemas de tratamiento PF1 y PF2. Campo Caño Limón (Arauca)

El vertimiento de estos materiales (DBO, DQO, SST y G&A), tomados como concentración, está por debajo de las concentraciones máximas estipuladas por las normas que protegen al recurso hídrico en varios de los usos que éste tiene, sin embargo el grado de afectación real del recurso debido al vertimiento de estos elementos, así como las medidas de mitigación debe ser motivo de estudio y seguimiento continuos, tal y como se esta haciendo hasta ahora. El aumento de la producción de agua asociada puede ser la causa del incremento de las descargas de estos materiales.

La emisión de fenoles en forma de carga diaria, para el periodo entre 1994 y 1999, ha mostrado un comportamiento irregular (**figura 9.10**); sin embargo, se puede observar que el nivel de descarga bajó un 54% del año 1994 a 1999.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.10** Emisiones de fenoles al sistema hídrico de la zona (carga diaria). Campo Caño limón (Arauca)

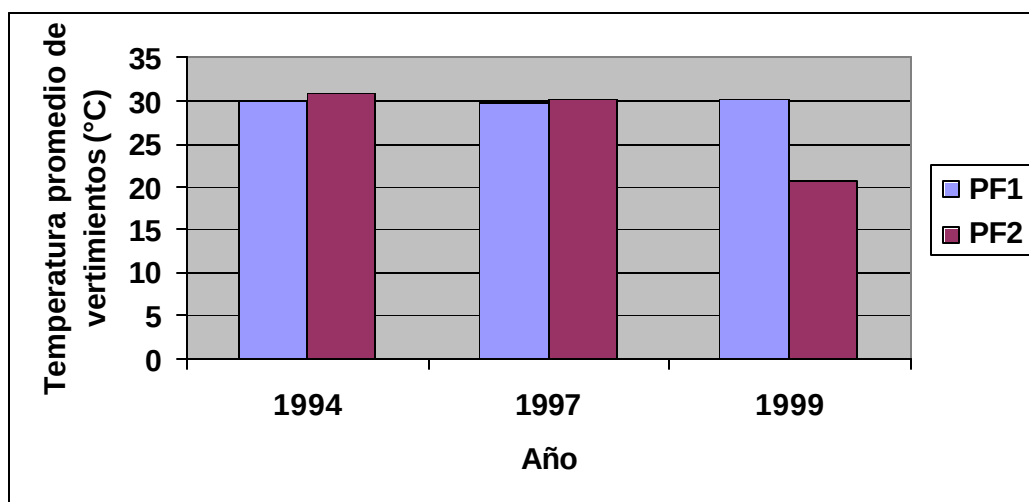
Tomando como base los datos de descarga de fenoles y los caudales de vertimientos de los sistemas PF1 y PF2, se determinó la concentración promedio anual de los vertimientos de fenoles. La **tabla 9.2** muestra los resultados de estos cálculos para los tres años analizados; la comparación con el límite de concentración máxima permisible para este parámetro, de acuerdo al decreto 1594 de 1984, indica cómo la concentración de fenoles nunca ha llegado a superar la concentración permisible por la norma.

| A ñ o | Concentración de fenoles (mg/L) |                      |
|-------|---------------------------------|----------------------|
|       | Promedio anual                  | Decreto 1594 de 1984 |
| 1994  | 0.08                            | 0.2                  |
| 1997  | 0.014                           |                      |
| 1999  | 0.019                           |                      |

Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Tabla 9.2.** Concentración promedio anual de fenoles en los vertimientos en el campo Caño Limón (Arauca), comparada con el valor máximo permitido por el decreto 1594 de 1984

Las descargas de vertimientos de PF1 y PF2 sobre los esteros Aguaverde y la Conquista, respectivamente, se han realizado a temperaturas promedio de 30 °C (**figura 9.11**), valores que se corroboraron en campo durante la visita técnica (**tabla 10.1**) y que corresponden además a la temperatura promedio de los vertimientos que reporta periódicamente la compañía Occidental al Ministerio de Medio Ambiente.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.11** Temperatura de descarga de los vertimientos de los sistemas de tratamiento PF1 y PF2. Campo Caño Limón (Arauca)

De las mediciones realizadas en campo (**tabla 10.1**) se encuentra que las diferencias de temperatura entre el agua vertida y el cuerpo receptor son de 3°C, en promedio, para la época estacional del año en que fueron tomadas; el grado de afectación que causa esta diferencia de temperatura sobre los cuerpos receptores, en ésta y en otras épocas del año, y la forma de mitigarla deben ser motivo de estudio y seguimiento continuos, ya estipulados en el plan de manejo ambiental de la Occidental.

### Aguas domésticas e industriales

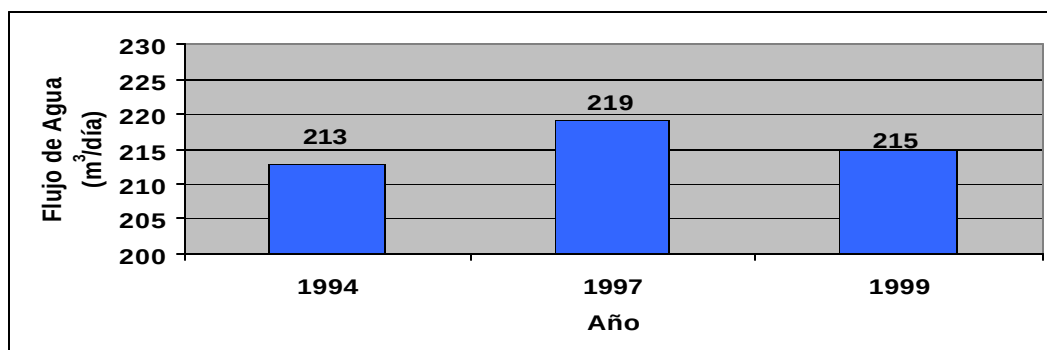
Para las instalaciones de Occidental de Colombia en el campo Caño Limón, el Inderena otorgó una concesión de agua subterránea—según resolución 0926 de agosto de 1989— que permitió suplir las necesidades de agua para consumo humano, para la red de protección contra incendio y para la operación industrial. En la actualidad hay ocho pozos perforados: uno de ellos, fuera de servicio; cuatro son del sistema contra incendio y los otros tres suplen de agua potable e industrial a las instalaciones de la compañía. Los flujos de agua potable e industrial concedidos por la resolución 0926 son de 7.5 L/s para cada uno de los tres pozos (ver arriba **tabla 5.6**), para un flujo total de 709560 m<sup>3</sup>/año.

La **tabla 9.3** y la **figura 9.12** muestran la evolución de vertimiento de agua de uso doméstico e industrial. Debido a que Occidental no contaba con un sistema de registro de consumo de agua de pozos, se puede aproximar la cantidad captada de pozo a la cantidad vertida; así, las diferencias estarían determinadas básicamente por el agua de reposición a los sistemas de enfriamiento de los generadores eléctricos y por el agua que se consume con los alimentos.

| Flujo total concesión |                     |                     |                   | Flujo de vertimiento        |                     |                     |                   |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Año                   | m <sup>3</sup> /año | m <sup>3</sup> /día | m <sup>3</sup> /s | Cuerpo receptor             | m <sup>3</sup> /año | m <sup>3</sup> /día | m <sup>3</sup> /s |
| 1994                  |                     |                     |                   | Caño Limón (PF1)            | 74623               | 204.4               | 0.00237           |
|                       | 709560              | 1944                | 0.0225            | Campo de infiltración (PF2) | 3032                | 8.3                 | 0.00010           |
|                       |                     |                     |                   | Total                       | 77655               | 212.8               | 0.00246           |
| 1997                  |                     |                     |                   | Caño Limón                  | 78554               | 215.2               | 0.00249           |
|                       | 709560              | 1944                | 0.0225            | Campo de infiltración       | 1440                | 3.9                 | 0.00005           |
|                       |                     |                     |                   | Total                       | 79994               | 219.2               | 0.00254           |
| 1999*                 |                     |                     |                   | Caño Limón                  | 76936               | 210.8               | 0.00244           |
|                       | 709560              | 1944                | 0.0225            | Campo de infiltración       | 1560                | 4.3                 | 0.00005           |
|                       |                     |                     |                   | Total                       | 78496               | 215.1               | 0.00249           |

\* Actualmente se trabaja bajo la resolución 599 del 17 de diciembre de 1999

**Tabla 9.3** Flujos de agua doméstica e industrial concedidos en relación con los flujos de vertimiento por cuerpo receptor para tres años diferentes. Campo Caño Limón (Arauca)



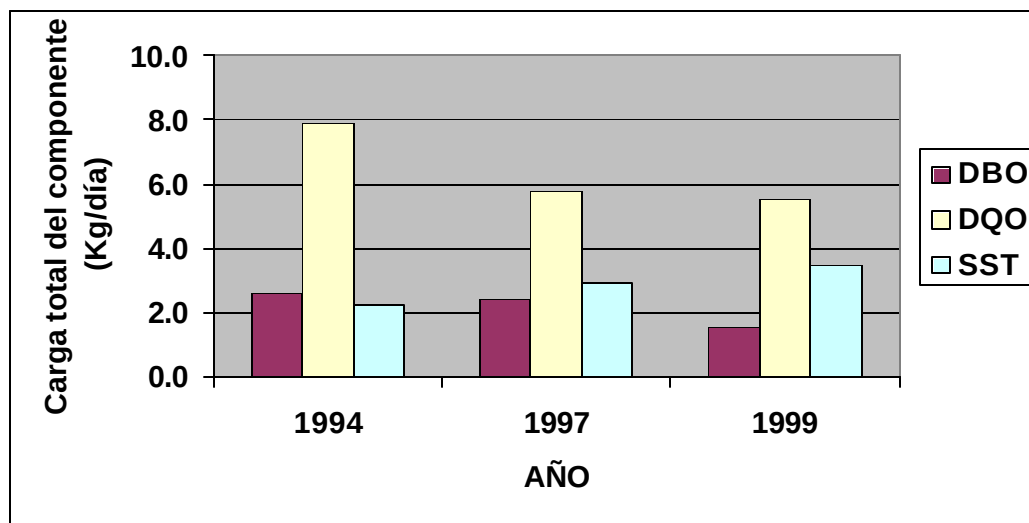
Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.12.** Vertimiento de aguas domésticas e industriales en el campo Caño Limón (Arauca) para tres años diferentes

La **figura 9.12** muestra cómo el agua vertida ha mantenido un nivel prácticamente constante entre 1994 y 1999; se puede decir que el flujo de agua consumido está alrededor de 10% del flujo de agua concedida por resolución, valor que permanece casi constante durante el periodo de tiempo analizado (1994–1999).

Si se toma el valor actual de vertimiento por consumo (215 m<sup>3</sup>/día) como un valor promedio de todo el periodo de tiempo analizado, y conociendo además que el número de empleados se redujo de 1300 a 700, el consumo habrá aumentado de 165,4 litros/persona/día a 307.1 litros/persona/día entre 1994 y 1999. Es de anotar que este consumo no es solamente humano.

La **figura 9.13** muestra los valores de DBO, DQO y SST como cargas diarias en kilogramos de las aguas domésticas e industriales vertidas al sistema hídrico de la zona, para tres años diferentes (1994, 1997 y 1999).



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.13.** Emisiones de DBO, DQO y SST como carga diaria al sistema hídrico de la zona (aguas domésticas e industriales). Campo Caño Limón (Arauca)

#### 9.1.4.2 Residuos sólidos

Para el desarrollo de su actividad petrolera en el campo Caño Limón en el departamento de Arauca, la Occidental de Colombia cuenta con un plan de manejo ambiental de los residuos sólidos en el que están contemplados el reciclaje y la disposición final. El reciclaje se realiza a través de una empresa especializada en vidrio y plástico; para la disposición cuenta con un área total de 3 ha (30000 m<sup>2</sup>) de las cuales 1.92 ha están construidas y 1.08 ha corresponden a bosques intervenidos.

En la actualidad los residuos sólidos se disponen en un área dividida en dos zonas adaptadas así: la primera es un relleno sanitario en el que se disponen los residuos sólidos convencionales y la otra zona es un relleno de seguridad para los residuos sólidos especiales.

El área de disposición está ubicada en el sector norcentral del campo Caño Limón. El terreno seleccionado, donde se construyó y opera el área de disposición de residuos sólidos, es arcilloso y además fue compactado para mejorar las cualidades de impermeabilización. Por otro lado, el relleno se encuentra en una de las posiciones topográficas más elevadas del campo Caño Limón y sus condiciones hidrogeomorfológicas favorecen un mejor drenaje de las aguas lluvias.

El proyecto fue diseñado para construirlo en tres etapas: en estos momentos, la vida útil de la primera etapa del relleno para la disposición de residuos sólidos convencionales ya concluyó, cumpliendo con los parámetros de cierre establecidos en el proyecto inicial; en la actualidad está en operación la segunda etapa. Por otro lado la vida útil de la primera etapa del relleno de seguridad para la disposición de residuos sólidos peligrosos aún no ha concluido.

La **tabla 9.4** muestra algunas características de diseño de la primera etapa del relleno, que cuenta con un área total de 5400 m<sup>2</sup>.

| Parámetro                                   | Area de residuos sólidos convencionales | Area de residuos sólidos peligrosos |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| Area construida (m <sup>2</sup> )           | 3700                                    | 1700                                |
| Profundidad útil (m)                        | 2,5                                     | 2,5                                 |
| Espesor filtro (m)                          | 0,3                                     | 0,3                                 |
| Tipo de impermeabilización                  | Arcilla compactada Espesor: 0,3 m       | Geomembrana y arcilla compactada    |
| Altura celda diaria (m)                     | 0,3                                     | 1                                   |
| Espesor cobertura (m)                       | 0,1                                     | 0,1                                 |
| Densidad compactación (kg/m <sup>3</sup> )  | 630,9                                   | Variable                            |
| Método de operación                         | Manual                                  | Manual                              |
| Volumen diario compactado (m <sup>3</sup> ) | 1,8                                     | 0,74                                |
| Espesor cobertura final (m)                 | 0,6                                     | 0,6                                 |

Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Tabla 9.4.** Algunas características de la primera etapa del relleno<sup>22</sup>

El área aproximada de la segunda etapa del relleno es de 4500 m<sup>2</sup>, que comenzó a funcionar desde junio de 1997, para la disposición de residuos sólidos convencionales.

Además del área de disposición, el relleno cuenta con otra serie de instalaciones como, un sistema de recolección y evacuación de gases, un sistema de drenaje que recolecta los lixiviados filtrados, un tanque de almacenamiento de lixiviados, una trampa de grasas, una laguna de oxidación, tres piezómetros de seguimiento de aguas subterráneas y vías de acceso (tabla 9.5).

| Detalle                         | Area (m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|------------------------|
| Residuos sólidos convencionales | 5336                   |
| Residuos sólidos especiales     | 2163                   |
| Laguna de oxidación             | 1286                   |
| Vías, diques y taludes          | 10415                  |
| Bosques secundarios             | 10800                  |
| <b>Área total</b>               | <b>30000</b>           |

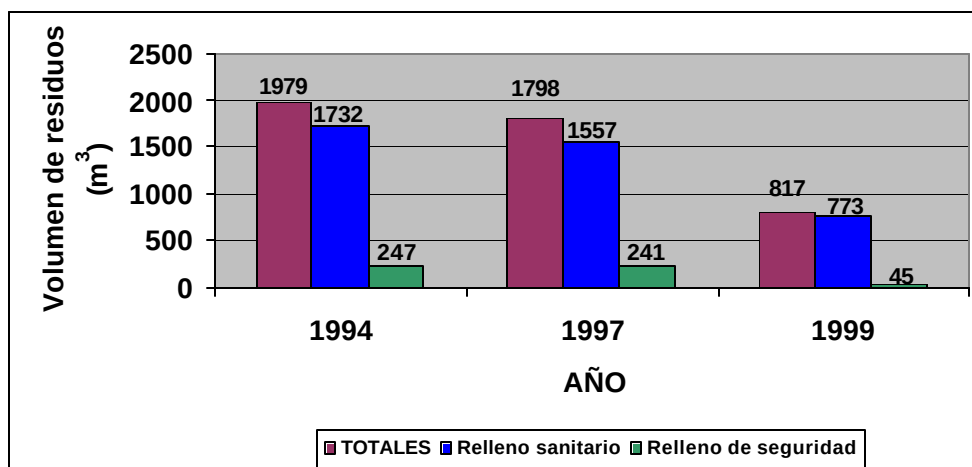
Fuente: Occidental de Colombia

**Tabla 9.5.** Situación actual del área del relleno<sup>23</sup>

La generación y disposición de residuos sólidos, tanto convencionales como peligrosos, ha venido disminuyendo. A continuación se presenta una relación por volumen y tipo de los residuos sólidos dispuestos en el relleno del campo Caño Limón, para tres años diferentes (figura 9.14):

<sup>22</sup> Occidental de Colombia. Plan de manejo ambiental: relleno sanitario, campo Caño Limón (Arauca). Abril de 2000

<sup>23</sup> Occidental de Colombia, Plan de manejo ambiental: relleno sanitario, campo Caño Limón (Arauca). Abril de 2000



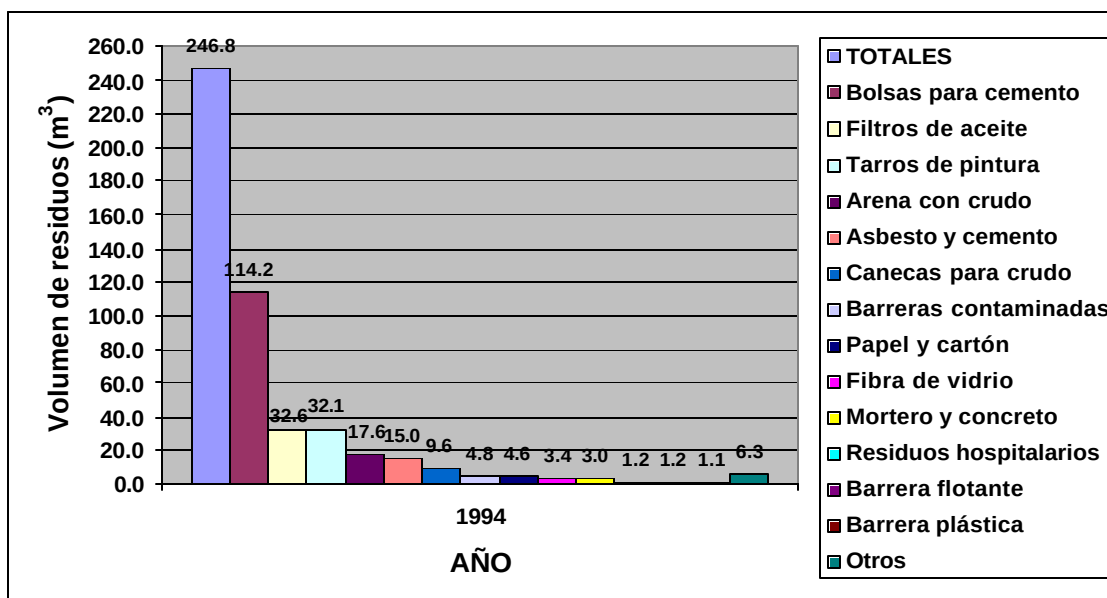
Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.14** Generación y disposición de residuos sólidos totales en el campo Caño Limón (Arauca)

Los residuos sólidos totales han disminuido de cerca de 2000 m<sup>3</sup> en 1994 a unos 800 m<sup>3</sup> en 1999. el porcentaje de residuos sólidos peligrosos, con respecto al total dispuesto, ha disminuido de 13% en 1994 a 5.5% en 1999. Durante el periodo de tiempo analizado, el mayor porcentaje de residuos sólidos dispuestos corresponde a los residuos sólidos convencionales (**figura 9.14**).

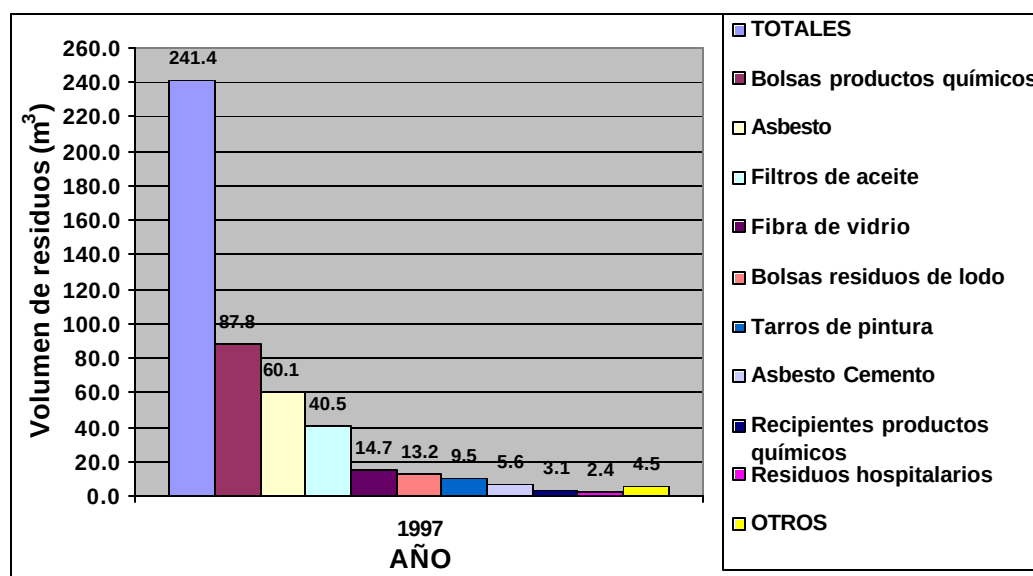
Los residuos sólidos convencionales básicamente provienen de sobrantes de comida de los casinos y residuos del funcionamiento de los campamentos y oficinas.

Los residuos sólidos peligrosos que se generan en el campo Caño Limón están compuestos en general por: bolsas para cemento, asbesto, filtros de aceite, fibra de vidrio, recipientes de productos químicos, residuos hospitalarios y otros, como lo muestran las **figuras 9.15, 9.16 y 9.17** correspondientes a la disposición de residuos sólidos peligrosos en el relleno de seguridad del campo Caño Limón para los años 1994, 1997 y 1999, respectivamente.



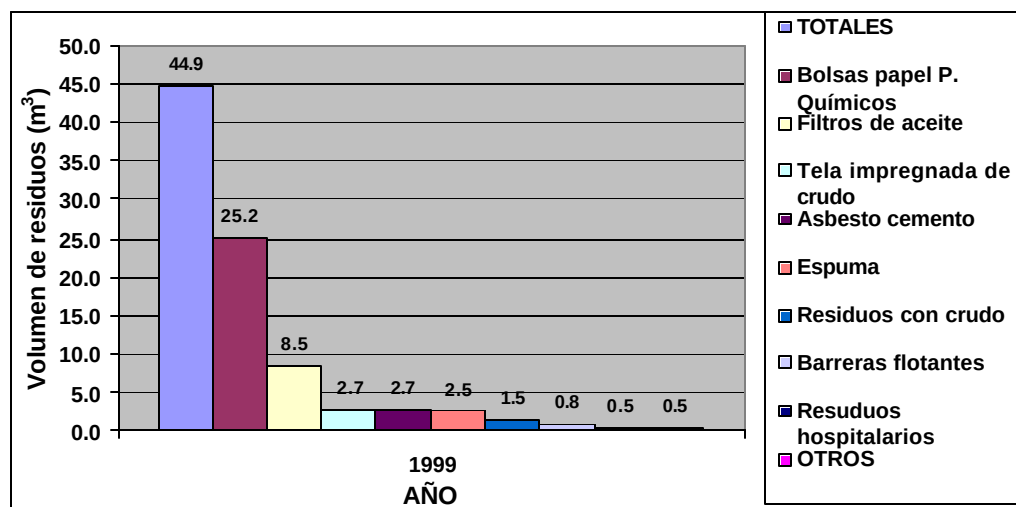
Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.15** Tipos de residuos sólidos especiales generados en el campo Caño Limón en 1994 (dispuestos en relleno de seguridad)



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.16** Tipos de residuos sólidos especiales generados en el campo Caño Limón en 1997 (dispuestos en relleno de seguridad)



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.17** Tipos de residuos sólidos especiales generados en el campo Caño Limón en 1999 (dispuestos en relleno de seguridad)

Con datos obtenidos para un mes típico de varios años, la Occidental obtuvo una composición física de los residuos sólidos convencionales (**tabla 9.6**) que tienen como punto de disposición el relleno sanitario <sup>24</sup>.

| Componente        | Contenido físico (%) |
|-------------------|----------------------|
| Materia orgánica  | 48,11                |
| Papel             | 10.09                |
| Cartón            | 8.34                 |
| Cueros y textiles | 5.06                 |
| Madera            | 8.62                 |
| Plástico          | 5.47                 |
| Vidrio            | 7.96                 |
| Metal             | 5.07                 |
| Otros             | 1.28                 |
| <b>Total</b>      | <b>100</b>           |

Fuente: Occidental de Colombia

**Tabla 9.6.** Composición física de los residuos sólidos convencionales generados en el campo Caño Limón (Arauca)

El menor volumen de residuos sólidos generados actualmente por año, comparado con los volúmenes generados en los primeros años del proyecto, y la puesta en marcha desde 1997 de la segunda etapa del relleno sanitario (4500 m<sup>2</sup>), dejan prever que hay espacio suficiente para disponer residuos sólidos por cerca de 15 años más, sin comprometer la tercera fase del proyecto.

El volumen de lixiviados que se produce por la descomposición de la materia orgánica de los residuos convencionales es calculado por medio del modelo de Tchobanoglous, que parte, entre otros, de los siguientes supuestos: 50% de la materia orgánica es convertida en gas; el contenido final de humedad de los residuos sólidos descompuestos es 35%; el 87% de los lixiviados se genera en los cinco primeros años y el restante 13% en un periodo de 20 años.

<sup>24</sup> Occidental de Colombia. Plan de manejo ambiental: relleno sanitario, campo Caño Limón (Arauca). Abril de 2000

La compañía Occidental determinó las características fisicoquímicas promedio de los lixiviados del relleno sanitario del campo Caño Limón (**tabla 9.7**). El tratamiento de éstos se lleva a cabo en la laguna de oxidación, de donde salen vertimientos que cumplen las normas estipuladas en los artículos 72, 74 y 75 del decreto-ley 1594 de 1984. Se estimó que el caudal máximo de lixiviados es de 0.536 m³/día y el mínimo es de 0.225 m³/día, correspondientes a la época de lluvias y a la época seca, respectivamente.

| Parámetro        | Concentración (mg/l) |
|------------------|----------------------|
| Cromo            | 0 – 0.05             |
| Cadmio           | 0 - 0.03             |
| Zinc             | 3.7 – 3.8            |
| Manganeso        | 3.09 – 3.47          |
| Níquel           | 0 – 0.02             |
| Plomo            | 0.1 – 0.3            |
| Selenio          | 0 - 0,0005           |
| Cobre            | 0 – 0.7              |
| Hierro           | 2.5 – 2.8            |
| DQO              | 1120 – 1380          |
| DBO              | 842 – 935            |
| Grasas y aceites | 3 – 4                |
| Fenoles          | 0.12 – 0.17          |
| pH (unidades)    | 5.8 – 6.5            |
| Temperatura (°C) | 26 – 28              |

Fuente: Occidental de Colombia

**Tabla 97** Características fisicoquímicas promedio de los lixiviados del relleno sanitario del campo Caño Limón (Arauca)

Para el manejo de lixiviados, el área donde funcionan los rellenos para residuos sólidos convencionales y peligrosos cuenta con un sistema de drenaje y recolección de éstos; luego son enviados por bombeo a una trampa de grasas y, posteriormente, a la laguna de oxidación donde se realiza un tratamiento biológico secundario antes de ser vertidos. Tanto en la laguna de oxidación como en los vertimientos, se lleva a cabo periódicamente un seguimiento para determinar las propiedades fisicoquímicas (temperatura, pH, SST, conductividad, oxígeno disuelto, DBO, DQO y aceite en agua). El punto 9 del trabajo de muestreo en campo realizado por el IDEAM (**tabla 10.1**) indica que los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a la laguna de oxidación, son del mismo orden que los reportados por la compañía Occidental, tanto en los informes periódicos entregados al Ministerio del Medio Ambiente, como en el plan de manejo ambiental del relleno sanitario.

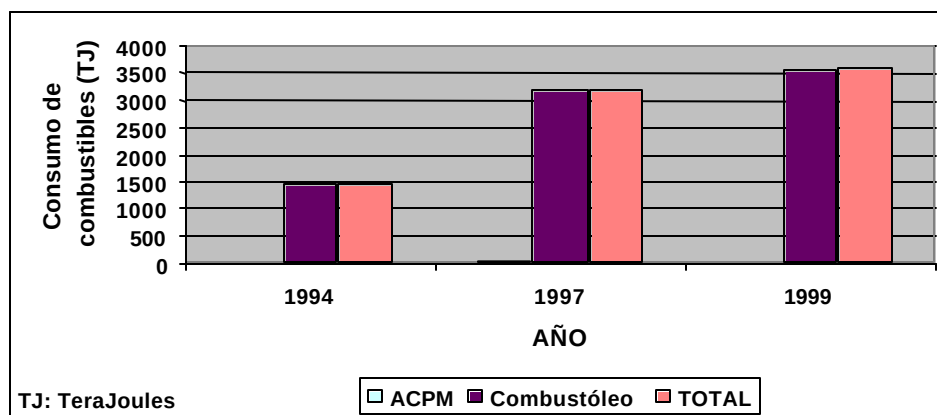
Por tratarse de una fuente posible de contaminación de las aguas subterráneas, al área de disposición de los residuos sólidos se le hace un seguimiento periódico a través de tres piezómetros (13–15 en la **tabla 5.6**) ubicados de acuerdo con las normas técnicas y ambientales. Los resultados de los análisis fisicoquímicos en estos puntos son del mismo orden que los reportados periódicamente por la Occidental; sin embargo, como ya se anotó antes, se detectó un valor anómalo de DQO en el agua subterránea indicativo de una contaminación en las vecindades del relleno.

Lo anterior indica que es necesario establecer la causa de este valor anómalo en DQO, para lo que se recomienda realizar el seguimiento y el análisis periódico más estricto de las variables fisicoquímicas del agua subterránea en el área de disposición de residuos sólidos, así como de otros posibles factores causantes de este valor de DQO.

Con el desarrollo de la segunda etapa del relleno para la disposición de residuos sólidos convencionales y peligrosos se asegura la disposición de este tipo de materiales por algo más de 15 años; además con el desarrollo de la tercera etapa se aseguraría la disposición de residuos sólidos por el tiempo de vida del proyecto (aproximadamente 20 años).

#### 9.1.4.3 Emisiones a la atmósfera y consumo de combustibles

El consumo de combustibles fósiles en el campo Caño Limón se hace en especial para generar parte de la energía requerida para llevar a cabo la actividad. La **figura 9.18** muestra el consumo de cada uno de los combustibles y la evolución que ha tenido en el tiempo.



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.18.** Consumo de combustibles fósiles en el campo Caño Limón(Arauca) para el periodo 1994–1999

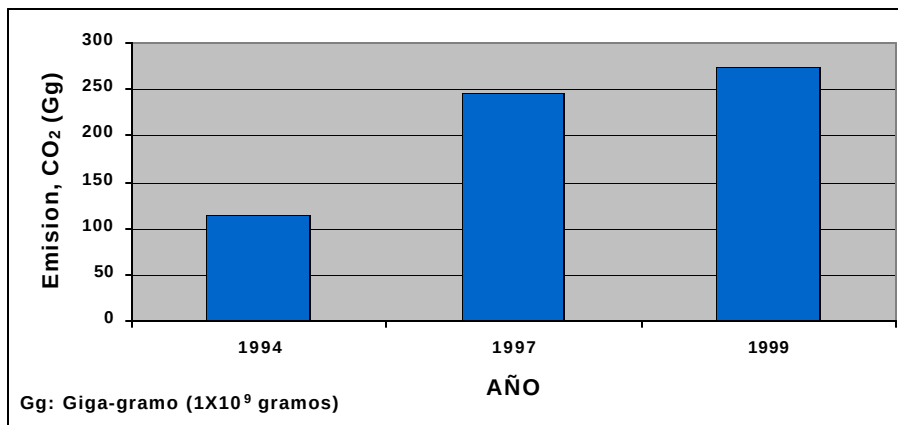
El consumo de combustibles fósiles genera emisiones a la atmósfera, principalmente de CO<sub>2</sub>; considerando sólo el consumo de energía, se calcularon las emisiones de acuerdo a balances de materia y a los factores de emisión del IPCC<sup>25</sup> de 1996. La **figura 9.19** muestra los resultados de los cálculos realizados para emisiones de CO<sub>2</sub> y la **tabla 9.8**, los resultados para las emisiones de SO<sub>2</sub> y CO.

El balance de materia para determinar la emisión de SO<sub>2</sub> se realizó tomando el contenido máximo de azufre de estos dos combustibles reportado por Ecopetrol<sup>26</sup>. Por otro lado, los cálculos de las emisiones de CO<sub>2</sub> y CO se hicieron con base en los factores de emisión del IPCC de 1996.

Los resultados del balance de materia muestran que las emisiones de SO<sub>2</sub> para la actividad petrolera en el campo Caño Limón en 1999 son del orden de 4,28 Gg (4280 ton) como máximo, mientras que las de CO son del orden de 0,054 Gg (54 ton), como lo muestra la **tabla 9.8**.

<sup>25</sup> IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, UNEP/WMO/OECD/AIE. *Guidelines for national greenhouse gas inventories*, 1996

<sup>26</sup> Ecopetrol. *Catálogo de productos*



Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

**Figura 9.19** Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo de combustibles fósiles en el campo de Caño Limón (Arauca), para tres años diferentes

| Año  | Emisión máxima<br>SO <sub>2</sub> (Gg)* | Emisión máxima<br>CO (Gg)** |
|------|-----------------------------------------|-----------------------------|
| 1994 | 1.75                                    | 0.022                       |
| 1997 | 3.82                                    | 0.048                       |
| 1999 | 4.28                                    | 0.054                       |

Fuente: Occidental, procesada por el IDEAM

\* Mediante balance de materia

\*\* Por medio de factores de emisión del IPCC, revisión 1996

Gg: Gigagramos (Gg = 1x10<sup>9</sup> gramos)

**Tabla 9.8** Emisiones máximas de gases distintos al CO<sub>2</sub> en el campo de Caño Limón, por consumo de combustibles fósiles, para tres años diferentes

El campo Caño Limón cuenta con cinco estaciones de seguimiento para evaluar la calidad del aire, localizadas en sitios estratégicos previamente determinados de acuerdo a varias consideraciones como: regulación vigente, fuentes de emisión, dirección predominante de los vientos y otros aspectos de seguridad. La localización de los dos sitios de seguimiento y los contaminantes analizados son:

Caseta de adición de químicos PF1 (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>)

Area de control, pozo la Yuca 28 (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>)

Tres estaciones de seguimiento de material particulado

### 9.1.5 Balance de materia y energía

A manera de resumen, la **figura 9.20** muestra el balance global de materia y energía para 1999, en la que se presentan los principales flujos de materia y energía entrando y saliendo del sistema de PF1 y PF2 del campo Caño Limón.

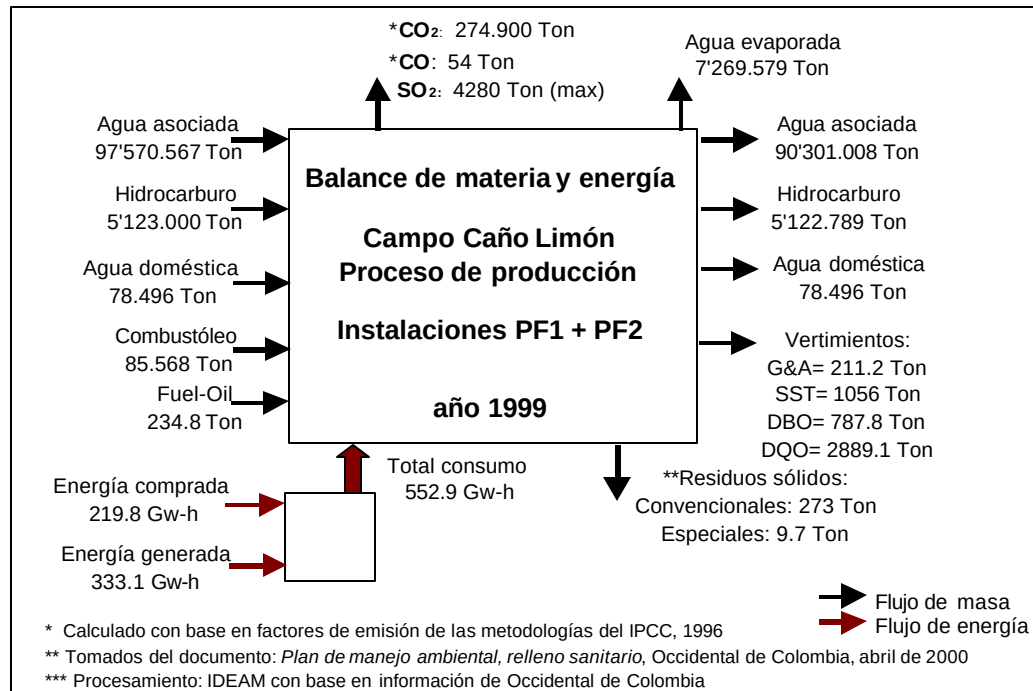


**Figura 9.20.** Balance global de materia y energía para el proceso de producción del campo Caño Limón (1999)

El balance de materia muestra en primer lugar que en el proceso de enfriamiento de agua asociada mediante aspersores, se evapora una cantidad importante de agua. Para 1999 esta cantidad era aproximadamente de 20.000 m<sup>3</sup>/día. La diferencia entre el hidrocarburo que entra y el que sale son las grasas y aceites que salen como vertimiento en el proceso, el hidrocarburo que es capturado en las trampas y desnatadores, retorna a los primeros pasos de separación, la porción de hidrocarburo que se evapora y es quemado en teas no se contabiliza. El agua vertida luego de ser empleada para uso doméstico e industrial, se toma igual al agua consumida, pues se asume que la diferencia real entre estas dos cantidades es relativamente baja. El consumo de combustibles para la generación eléctrica se convierte en CO<sub>2</sub>, solo el SO<sub>2</sub> y el CO son contabilizados en este balance, como otros gases diferentes al CO<sub>2</sub>. Por último los residuos sólidos completan el balance de materiales con respecto a otras materias primas que entran al sistema y que por la cantidad de detalle no se referencian aquí. La energía total que se consume es 552.9 Gwh, de los cuales 333.1 Gwh son generados y los otros 219.8 Gwh son comprados.

Con el desarrollo de la segunda etapa del relleno para la disposición de residuos sólidos convencionales y especiales, se asegura la disposición de este tipo de materiales por algo más de 15 años; además, con el desarrollo de la tercera etapa se garantizaría la disposición de residuos sólidos por el tiempo de vida del proyecto (aproximadamente, 20 años).

### 9.1.6 Conclusiones

La actividad petrolera de Occidental en el campo Caño Limón (Arauca) está relacionada de varias formas con el medio ambiente que la rodea. Una de estas relaciones está determinada por los vertimientos de agua que salen de las instalaciones de tratamiento de agua de PF1 hacia el estero de Lipa; si bien los volúmenes vertidos son bajos comparados con los flujos de drenaje del estero de Lipa y con su nivel de almacenamiento de agua en época de invierno,

es importante conocer con mayor detalle el grado de afectación de estos vertimientos en época de verano. Por otro lado, el vertimiento de DBO, DQO, SST y G y A, tomados como concentración, están por debajo de las concentraciones máximas estipuladas por las normas que protegen al recurso hídrico en varios de los usos que tiene este recurso; sin embargo el grado de afectación real del recurso debido al vertimiento de estos elementos, así como las medidas de mitigación, deben ser motivo de estudio y seguimiento continuos, tal y como se está haciendo hasta ahora, aunque con mayor énfasis.

Las aguas que salen de los sistemas de tratamiento de las instalaciones de producción PF1 y PF2 están en promedio a 30°C; las diferencias de temperatura entre el agua vertida y el cuerpo receptor son de 3°C, en promedio, para la época estacional del año en que fueron tomadas. El grado de afectación que causa esta diferencia en los cuerpos receptores, en ésta y otras épocas del año, y la forma de mitigarlo deben ser motivo de estudio y seguimiento continuos, contemplados además en el plan de manejo ambiental de la Occidental.

## CAPÍTULO 10

# CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO

### 10.1 OBJETIVOS

El muestreo para evaluar la calidad del recurso hídrico superficial en la zona del complejo petrolero de Caño Limón se enmarcó dentro de los siguientes objetivos:

- Elaborar un informe sobre las condiciones puntuales en el momento del muestreo de la calidad del recurso hídrico en la zona de explotación petrolera de Caño Limón.
- Parametrizar las variables fisicoquímicas básicas indicadoras de los eventos de perturbación y vulnerabilidad del medio ambiente.

### 10.2 SITIOS DE MUESTREO

La localización georreferenciada de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Arauca se reporta en la **tabla 10.1**, considerando la caracterización de los efluentes y su incidencia sobre las corrientes superficiales. Para ello se obtuvieron muestras de los efluentes de las instalaciones de producción PF1 y PF2, a la salida final del sistema de tratamiento, y muestras de las corrientes en que son vertidos, antes y después de la descarga (ver arriba **figura 5.1**).

En cada punto de los cauces considerados en la cuenca del Arauca se tomó una muestra integrada de agua a  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  de la sección transversal de la corriente, en sitios en los que ésta o el cuerpo de agua presentan características homogéneas. En cada punto se obtuvieron dos muestras y una muestra adicionada (a la que se ha añadido un estándar, o muestra de composición y concentración conocidas) para cada parámetro fisicoquímico considerado.

### 10.3 VARIABLES DE CALIDAD AMBIENTAL

Las mediciones de las variables fisicoquímicas, resumidas en la **tabla 10.2**, se dividen en dos categorías: las básicas, o de campo, realizadas con sensores multiparámetro y que incluyen a la temperatura (T), el pH, la conductividad eléctrica (CE), la turbidez y el oxígeno disuelto (OD) y las complementarias: nitrato ( $\text{NO}_3$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ), fósforo soluble ( $\text{PO}_4$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4$ ). Las metodologías analíticas se aplicaron siguiendo los protocolos analíticos y de muestreo del IDEAM, acordes con los protocolos internacionalmente estandarizados, y siguiendo los planes de control, aseguramiento y garantía de calidad analítica del Laboratorio. Los resultados presentados obedecen a condiciones puntuales de espacio y tiempo y no necesariamente reflejan la situación de calidad del recurso hídrico a lo largo de diferentes épocas, por lo cual no se pueden interpretar como un diagnóstico a extrapolar en el tiempo.

| Punto | Corriente                                                  | Sitio                                                     | Latitud     | Longitud   | Altitud | Temperatura,<br>°C | Conductividad<br>eléctrica,<br>µS/cm | Turbidez, NTU | pH           | OD, mg O2/L | Déficit de<br>Oxígeno, %* | DQO, mg O2/L | Nitrato, mg<br>NO3-N/L | Nitró, mg<br>NO2-N/L | Amonio, mg<br>NH3-N/L | Fósforo<br>soluble, mg<br>P/L | Sulfato, mg<br>SO4/L |
|-------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|------------|---------|--------------------|--------------------------------------|---------------|--------------|-------------|---------------------------|--------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1     | Caño AguaVerde                                             | Antes del complejo PF1                                    | 71°11'30.7" | 6°54'41.4" | 210     | 27,8               |                                      | 236           | 7,05         | 2,7         | 65                        | 63           | 0,35                   | < LD**               | 0,11                  | 0,005                         | 8                    |
| 2     | Estero de Lipa                                             | Entrada por Terraplén al Pozo Playitas                    | 71°10'15.8" | 6°54'49"   | 210     | 26,9               | 770                                  | 19            | 6,64         | 1,0         | 88                        | 32           |                        |                      |                       |                               |                      |
| 3     | Vertimiento aguas de producción de PF1 al estero Aguaverde | Salida del sistema de tratamiento al estero Aguaverde     | 71°9'52"    | 6°55'32"   | 190     | 30,3<br>30,6       | 480<br>525                           | 26            | 8,47<br>8,44 | 4,8<br>5,9  | 34<br>19                  | 23<br>23     | 0,25                   | 0,02                 | 2,04                  | 0,009                         | 17,7                 |
| 4     | Centro del Estero Aguaverde                                | Después del vertimiento de aguas tratadas de PF1          | 71°9'54"    | 6°55'28"   | 210     | 29,1               | 445                                  |               | 8,27         | 4,2         | 44                        | 78           | 0,37                   | 0,006                | 1,83                  | < LD                          | 17,4                 |
| 5     | Caño Limón                                                 | Estación del ejército, antes del complejo PF1             | 71°10'38.6" | 6°55'20.3" | 190     | 24,8               | 45                                   | 248           | 6,53         | 6,2         | 23                        | 32           | 0,42                   | < LD                 | 0,07                  | 0,007                         | 7,9                  |
| 6     | Vertimiento aguas domésticas PF1                           | Salida planta de tratamiento hacia caño Limón             | 71°10'7"    | 6°56'7"    | 190     | 29,7               | 49                                   | 33            | 7,37         | 7,5         | -1                        | 66           |                        |                      |                       |                               |                      |
| 7     | Caño Limón                                                 | Puente Inocencio Chincá, después del complejo PF1         | 71°7'16.4"  | 6°56'29.7" | 190     | 25,7               | 47                                   | 185           | 6,92         | 6,8         | 14                        | 32           | 0,35                   | 0,18                 | 0,08                  | 0,01                          | 17,7                 |
| 8     | Río Arauca                                                 | La Yuca                                                   | 71°2'57.1"  | 6°58'51.5" | 195     | 24,8               | 31                                   | 912           | 6,81         | 7,0         | 13                        | 23           | 0,6                    | < LD                 | 0,08                  | 0,01                          | 7                    |
| 9     | Relleno sanitario                                          | Laguna de oxidación de lixiviados                         | 71°6'32.4"  | 6°58'4.8"  | 210     | 27,3               | 653                                  | 505           | 7,96         | 4,3         | 45                        | 162          |                        |                      |                       |                               |                      |
| 10    | Vertimiento aguas domésticas PF2                           | Salida planta tratamiento hacia laguna La Draga           | 71°5'21.5"  | 6°57'22.2" | 190     | 29,0               | 310                                  |               | 7,37         | 3,8         | 49                        | 35           |                        |                      |                       |                               |                      |
| 11    | Vertimiento aguas producción PF2 y domésticas              | Entrada a laguna La Draga                                 | 71°4'58.3"  | 6°56'51"   | 190     | 32,6               | 509                                  |               | 8,08         | 0,5         | 92                        | < LD         |                        |                      |                       |                               |                      |
| 12    | Vertimiento a Estero La Conquista                          | Salida aguas tratadas de la laguna La Draga               | 71°4'16.9"  | 6°56'35.2" | 190     | 30,6               | 514                                  |               | 8,06         | 0,6         | 92                        | 54           | 0,49                   | < LD                 | 3,25                  | < LD                          | 15,2                 |
| 13    | Estero La Conquista                                        | Centro del estero, vertimiento final aguas producción PF2 | 71°3'7.6"   | 6°58'11.5" | 205     | 28,7               | 543                                  | 512           | 8,64         | 5,0         | 34                        | 72           | 0,65                   | 0,005                | 1,5                   | < LD                          | 15,3                 |

**Tabla 10.1** Localización geográfica y resultados de los análisis fisicoquímicos de los puntos del muestreo en el campo Caño Limón (Arauca) realizados por el IDEAM. Mayo 2000

En la **tabla 10.2** se incluyen algunas observaciones de las condiciones del entorno ambiental adyacente a los puntos en el momento de obtención de las muestras de agua superficial.

| Pto | Nubosidad* | Lluvia   | Objetos flotantes | Cobertura vegetal** | Observaciones                                                              | Fecha    |
|-----|------------|----------|-------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1   | ¾          | Fuerte   | Material vegetal  | 3/4                 | Vegetación acuática de sabana inundable                                    | 10-05-00 |
| 2   | ¾          | Moderada | Material vegetal  | 3/4                 | Vegetación de estero, difícil acceso                                       | 10-05-00 |
| 3   | 2/4        | No       | Material vegetal  | 3/4                 | Olor fuerte descomposición, color oscuro, industria PF (punto 5, mapa PF1) | 10-05-00 |
| 3'  | 4/4        | Fuerte   | Material vegetal  |                     | Punto de monitoreo habitual en PF1                                         | 10-05-00 |
| 4   | 2/4        | No       | Material vegetal  | 2/4                 | Salida PF1                                                                 | 11-05-00 |
| 5   | 0/4        | No       | Material vegetal  | 1/4                 | Bosque de galería                                                          | 11-05-00 |
| 6   | 2/4        | No       |                   | 0/4                 | Tratamiento aerobio-anaerobio con adición de cloro                         | 11-05-00 |
| 7   | 0/4        | No       |                   | 1/4                 | Bosque de galería                                                          | 11-05-00 |
| 8   | 4/4        | No       | Material vegetal  | 3/4                 | Muestreo simple                                                            | 11-05-00 |
| 9   | 4/4        | Fuerte   | Material vegetal  | 0/4                 | Olor azufrado, color verde oscuro                                          | 12-05-00 |
| 10  | 4/4        | Moderada |                   | 0/4                 | Población estimada 50 habitantes                                           | 12-05-00 |
| 11  | 4/4        | No       | Material vegetal  | 3/4                 | Zona occidental, entrada a la laguna                                       | 12-05-00 |
| 12  | 4/4        | No       | Material vegetal  | 2/4                 | Zona oriental, salida laguna                                               | 12-05-00 |
| 13  | 3/4        | No       |                   | 2/4                 |                                                                            | 12-05-00 |

\*Nubosidad:

4/4 Cielo cubierto  
0/4 Cielo despejado

\*\*Cobertura vegetal en el cuerpo de agua:

4/4 Cuerpo de agua cubierto de vegetación (buchones, etc)  
0/4 Cuerpo de agua sin vegetación

**Tabla 10.2** Condiciones del entorno de los puntos de muestreo. Campo Caño Limón (Arauca)

## 10.4 EVALUACIÓN AMBIENTAL

### 10.4.1 Caño Aguaverde

En el caño Aguaverde (punto 1) se tomó muestra de agua antes de los esteros Aguaverde y Lipa, en una zona en la que aún no ha recibido los efluentes de PF1. La corriente presenta valores altos de turbidez (236 NTU), DQO<sup>27</sup> (63 mg/L) y déficit de

<sup>27</sup> La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido. La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua, mientras el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco.

oxígeno<sup>28</sup> (65 %); la DQO, con la cual se obtiene una estimación de todo material susceptible de consumir oxígeno tanto en condiciones de degradación ambiental como en las condiciones fuertes de degradación química, incluye la materia orgánica biodegradable que se expresa como DBO<sup>29</sup>. El déficit de oxígeno presenta un valor que no garantiza una calidad óptima del cuerpo de agua para las condiciones de vida de los peces. La concentración de sales disueltas es baja, con un predominio del nitrato<sup>30</sup> entre las diferentes formas químicas del nitrógeno.

En el estero de Lipa se presentó en el momento de la medición un valor de 88% de déficit de oxígeno y una DQO de 32 mg O<sub>2</sub>/L. Estos resultados, con relación a los encontrados en el caño Aguaverde y posteriormente en el estero Aguaverde, indican menor presencia de materia orgánica y sustancias oxidables en proceso de estabilización, que reducen la concentración de oxígeno disuelto, ayudados por la presencia de vegetación acuática flotante que cubre aproximadamente 3/4 de la superficie del estero e impide la entrada de radiación solar que favorezca los procesos fotosintéticos en el fondo del cuerpo de agua y aporta una carga de materia orgánica por el ciclo de vida de la vegetación. El alto déficit de oxígeno y el bajo valor de DQO evidencian que la materia orgánica está en proceso de estabilización por oxidación bioquímica.

En el efluente del sistema de tratamiento de PF1 (punto 3) se realizaron mediciones en dos días diferentes, obteniéndose valores de pH<sup>31</sup> neutros ligeramente alcalinos (8.44 y 8.47), influencia que se refleja en el estero Aguaverde para el cual se obtuvo un pH de 8.27 (en el caño Aguaverde tiene un valor neutro de 7.05 en el punto de entrada al complejo y 6.64 en el estero del Lipa, en la entrada al pozo Playitas). Para establecer la incidencia de este pH en los ecosistemas acuáticos del estero es necesario realizar un seguimiento constante, tanto a la calidad del recurso hídrico, como al estado y evolución de la fauna.

Entre las especies del nitrógeno<sup>32</sup> de este efluente, el contenido de nitrógeno amoniacal es de 2.04 mg NH<sub>3</sub>-N/L, valor superior al contenido de nitrato (0.25 mg

---

<sup>28</sup> El déficit de oxígeno indica la diferencia del oxígeno disuelto (OD) en el agua en relación con el máximo teórico que puede estar presente, que se calcula a partir de los valores de altitud, temperatura y OD medidos en cada punto de monitoreo: mientras mayor sea el déficit, más críticas son las condiciones de oxigenación en el agua. El valor mínimo de oxígeno disuelto que garantiza la supervivencia y viabilidad de la mayoría de especies de peces es aproximadamente 4 mg/L; para las condiciones de medición, el déficit de oxígeno se encuentra entre 45 y 50 %.

<sup>29</sup> La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua. El término 'degradable' puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias. A mayor DBO, mayor grado de contaminación.

<sup>30</sup> El nitrato es un nutriente de las plantas y fertilizante inorgánico que ingresa a los cuerpos de agua proveniente de sistemas sépticos, rebaños de ganado, estiércol, fertilizantes agrícolas, aguas residuales industriales, rellenos sanitarios y basureros. Está involucrado en el proceso de nitrificación, por el cual el amoníaco en aguas residuales o en el suelo es oxidado a nitrito y luego a nitrato por acción bacteriana o por reacciones químicas. El proceso es importante en el ciclo del nitrógeno, ya que las plantas solamente pueden emplear el nitrógeno directamente cuando está en forma de nitrato.

<sup>31</sup> El pH es una expresión de la intensidad de las condiciones ácidas o básicas de un líquido (o una suspensión, en el caso de los suelos) y puede variar entre 0 y 14, donde 0 es el más ácido y 7 es neutro. Las aguas naturales usualmente tienen un pH entre 6.5 y 8.5.

<sup>32</sup> El nitrógeno encontrado en las aguas superficiales puede provenir de los efluentes domésticos o industriales así como del lavado de suelos enriquecidos con abonos nitrogenados.

NO<sub>3</sub>-N/L), que indica la presencia de nitrógeno orgánico<sup>33</sup> en proceso de oxidación, así como de materia orgánica, reflejada en la DQO y en la presencia de un fuerte olor a materia en descomposición; el déficit de oxígeno en los días y sitios de medición está entre 19 y 34 %, valores que representan mejores condiciones de oxigenación que las encontradas en otros puntos de medición.

En el efluente de PF1 la conductividad eléctrica<sup>34</sup> en los momentos de medición presentó valores de 480 y 525  $\mu$ S/cm; en el estero Aguaverde alcanzó un valor de 770  $\mu$ S/cm y en el estero de Lipa, 445  $\mu$ S/cm, indicadores de un contenido medio de sales disueltas con relación al comportamiento general de las aguas superficiales, pero aún en el intervalo que permite establecer una baja salinidad. En los esteros puede ser consecuencia del tipo de suelo y de los iones de origen biogeoquímico que pueda lixiviar de éste, además del contenido de sales que existe en las aguas de producción.

El déficit de oxígeno en el estero Aguaverde presentó en el momento de la medición un valor de 44 % y la DQO, 78 mg O<sub>2</sub>/L. Estos resultados indican la presencia de sustancias oxidables, como materia orgánica en proceso de estabilización, y especies de otros elementos en proceso de oxidación, como el nitrógeno amoniacal (1,83 mg NH<sub>3</sub>-N/L). El aporte de DQO y de nitrógeno amoniacal, además de provenir de los efluentes de PF1, puede tener origen la carga de materia orgánica generada en el ciclo de vida de la vegetación.

Estas condiciones se pueden mejorar si se aumenta el tiempo de residencia de las aguas residuales en las lagunas de oxidación y se facilita el proceso de oxigenación en ellas por la remoción constante de los aceites sobrenadantes y la aireación mediante un procedimiento adecuado.

#### 10.4.2 Caño Limón

Los puntos de muestreo sobre el caño Limón se ubican antes (punto 5) y después (punto 7) del vertimiento de efluentes de la planta de tratamiento de las aguas domésticas (punto 6) de PF1. Este vertimiento presenta pH neutro, valores bajos de conductividad y turbidez y no indica déficit de oxígeno, aunque tiene una DQO de 66 mg/L que representa un aporte de sustancias oxidables a la corriente de agua. En los tres puntos, la conductividad eléctrica presenta valores entre 45 y 49  $\mu$ S/cm, que no evidencian cambios significativos en el contenido de sales disueltas. La turbidez desciende de 248 NTU (punto 5) a 185 NTU (punto 7); los valores de pH, déficit de oxígeno y DQO son semejantes entre estos dos puntos, lo que indica que el cuerpo de agua estabiliza parte de la carga recibida. Las sustancias iónicas analizadas presentan valores normales para las corrientes de agua natural: en el punto 7 los contenidos de nitrato (0.35 mg NO<sub>3</sub>-N/L), nitrito<sup>35</sup> (0.18 mg NO<sub>2</sub>-N/L) y nitrógeno amoniacal (0.08 mg NH<sub>3</sub>-N/L) muestran el avance del proceso de oxidación del nitrógeno (nitrificación) proveniente probablemente de la carga recibida por el efluente de aguas domésticas, además del aporte natural de la vegetación.

<sup>33</sup> El nitrógeno orgánico está constituido principalmente por proteínas, polipéptidos y aminoácidos.

<sup>34</sup> La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica; depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, concentración relativa y temperatura de medición. Se expresa en miliSiemens por centímetro.

<sup>35</sup> El nitrito es un intermediario en el proceso de nitrificación. Los nitritos pueden encontrarse en las aguas naturales, aunque generalmente en dosis pequeñas; provienen de una nitrificación (oxidación incompleta del amoníaco) o de una reducción de los nitratos bajo la influencia de una acción denitrificante.

#### 10.4.3 Laguna la Draga, estero la Conquista

En la laguna la Draga se presenta un descenso de la temperatura de los vertimientos de las aguas de producción de PF2, pasando de 32.6°C a la entrada a 30.6°C a la salida, evidenciando el enfriamiento que sucede en esta última laguna de tratamiento. En el estero la Conquista, para las condiciones del momento de medición, se registró una temperatura de 28.7°C; si bien, por la probable influencia de los vertimientos de la Draga, esta temperatura es un poco mayor que la registrada en los demás sitios de medición sobre ríos y esteros, sería necesario hacer un seguimiento continuo y un estudio biológico para establecer su incidencia sobre los ecosistemas del estero.

Los valores medidos de pH tanto a la entrada (8.08) como a la salida de la Draga (8.06) son considerados neutros, y en el estero la Conquista el pH de 8.64 también se encuentra dentro de los límites tolerables para los ecosistemas acuáticos y es de ocurrencia normal en las aguas naturales.

El déficit de oxígeno en la laguna la Draga es alto (92% a la entrada y a la salida), indicando que para el momento del muestreo aún no se han estabilizado completamente la materia orgánica y/o las sustancias oxidables, lo cual se refleja en los valores de DQO, entre 35 y 54 mg O<sub>2</sub>/L, y en el contenido de nitrógeno amoniacal (3.25 mg NH<sub>3</sub>-N/L) a la salida de la laguna hacia el estero. El muestreo efectuado en el estero la Conquista evidencia que se favorecen las condiciones para el proceso de nitrificación (0.65 mg NO<sub>3</sub>-N/L y 1.5 mg NH<sub>3</sub>-N/L); el aumento de la DQO, y por ende, de la DBO, de 54 a 72 mg O<sub>2</sub>/L puede deberse a las condiciones de flujo de materia y energía naturales de los ecosistemas presentes, además del oxígeno consumido en la oxidación del nitrógeno amoniacal.

La conductividad eléctrica, relacionada con las sales disueltas, presenta en este sistema hídrico valores similares a los reportados en los muestreos históricos; al igual que en el sistema de esteros que rodean PF1, puede tener origen en el contenido de sales disueltas, ya sea del suelo y/o de los efluentes de la unidad de producción.

#### 10.4.4 Río Arauca

El río Arauca en el sitio y momento de obtención de las muestras, en un sitio anterior a la afluencia del caño Limón, presenta las condiciones normales de calidad natural para las corrientes de agua superficial, con valores bajos de conductividad eléctrica (31.7 S/cm), déficit de oxígeno (13%), DQO (23 mg O<sub>2</sub>/L) y sustancias disueltas; la turbidez (912 NTU) evidencia los procesos naturales de arrastre de sedimentos. No se obtuvieron datos que permitan analizar la incidencia que tiene el caño Limón sobre este río.

#### 10.4.5 Relleno sanitario

En la laguna de oxidación de los lixiviados del relleno sanitario se midieron algunos parámetros fisicoquímicos *in situ*; los valores de pH, conductividad eléctrica y turbidez corresponden a la naturaleza de los lixiviados en proceso de tratamiento que se generan en un relleno sanitario.

#### 10.4.6 Lluvia

En dos eventos de lluvia presentados durante la visita de campo en días diferentes, se midió el pH (6.6 y 6.4, respectivamente) y la temperatura (28.5 y 27.0°C, respectivamente), sin evidenciarse entonces procesos de formación de lluvia ácida<sup>36</sup>.

<sup>36</sup> La lluvia ácida es un fenómeno químico y atmosférico que ocurre cuando las emisiones de compuestos de

## 10.5 CONCLUSIONES

Se presentan ligeros aumentos en algunas variables fisicoquímicas (pH, temperatura y DQO, en algunos casos) medidas en las corrientes naturales, producidos por los vertimientos de Caño Limón que pueden alterar eventualmente los ecosistemas de la zona. Para establecer el efecto de estas variaciones es necesario hacer un seguimiento y un estudio ambiental integral constantes y prolongados en el tiempo.

Las variables fisicoquímicas de calidad del recurso hídrico superficial en los esteros Aguaverde, Lipa y la Conquista, en los caños Aguaverde y Limón y en el río Arauca, en los sitios y momentos de obtención y evaluación de muestras, indican en general un estado natural de las corrientes de agua, que, aunque se ven afectadas por el proceso de producción, continúan dentro de los intervalos normales para las aguas superficiales.

Las temperaturas de los vertimientos de las instalaciones de producción PF1 y PF2 medidas por el IDEAM se encuentran en el intervalo de 29.0 a 32.6°C en los días y horas de monitoreo; información similar se obtuvo con los datos recopilados de la Occidental para tres diferentes años (1994, 1997 y 1999). El aumento en la temperatura final de los cuerpos de agua donde se hace el vertimiento es de 3°C, en promedio.

No se puede atribuir la disminución de las especies piscícolas en la zona de la extracción petrolera únicamente a las descargas procedentes de los complejos de producción. Para establecer la real alteración del recurso biológico de los cuerpos de agua por la actividad petrolera, debe realizarse un estudio ambiental, ecológico y fisicoquímico completo que se sugiere como parte o refuerzo del actual plan de manejo ambiental.

En las condiciones de medida, se infiere que, aunque las lagunas de tratamiento de las aguas de producción remueven la mayor parte de contaminantes, no presentan todas las condiciones ideales para una completa estabilización de la materia orgánica y las sustancias oxidables.

Aunque el déficit de oxígeno en los sitios y momentos de muestreo en el caño y en el estero Aguaverde es superior al valor que favorece la supervivencia de la fauna acuática, es necesario establecer su incidencia sobre la fauna que habita estos ecosistemas; cada especie biológica tiene una tolerancia diferente a las condiciones de oxigenación del agua, así como a la presencia o ausencia de otras sustancias. Esto se evidenció al observar en estos lugares diversos especímenes de fauna, según se explica arriba en el punto 6.6.2.

---

azufre y nitrógeno y otras sustancias son transformadas por procesos químicos en la atmósfera, frecuentemente lejos de las fuentes originales, y son depositadas sobre la tierra en forma húmeda o seca. Las formas húmedas, popularmente llamadas 'lluvias ácidas', pueden caer como lluvia, nieve o niebla. Las formas secas se presentan como gases ácidos o partículas.

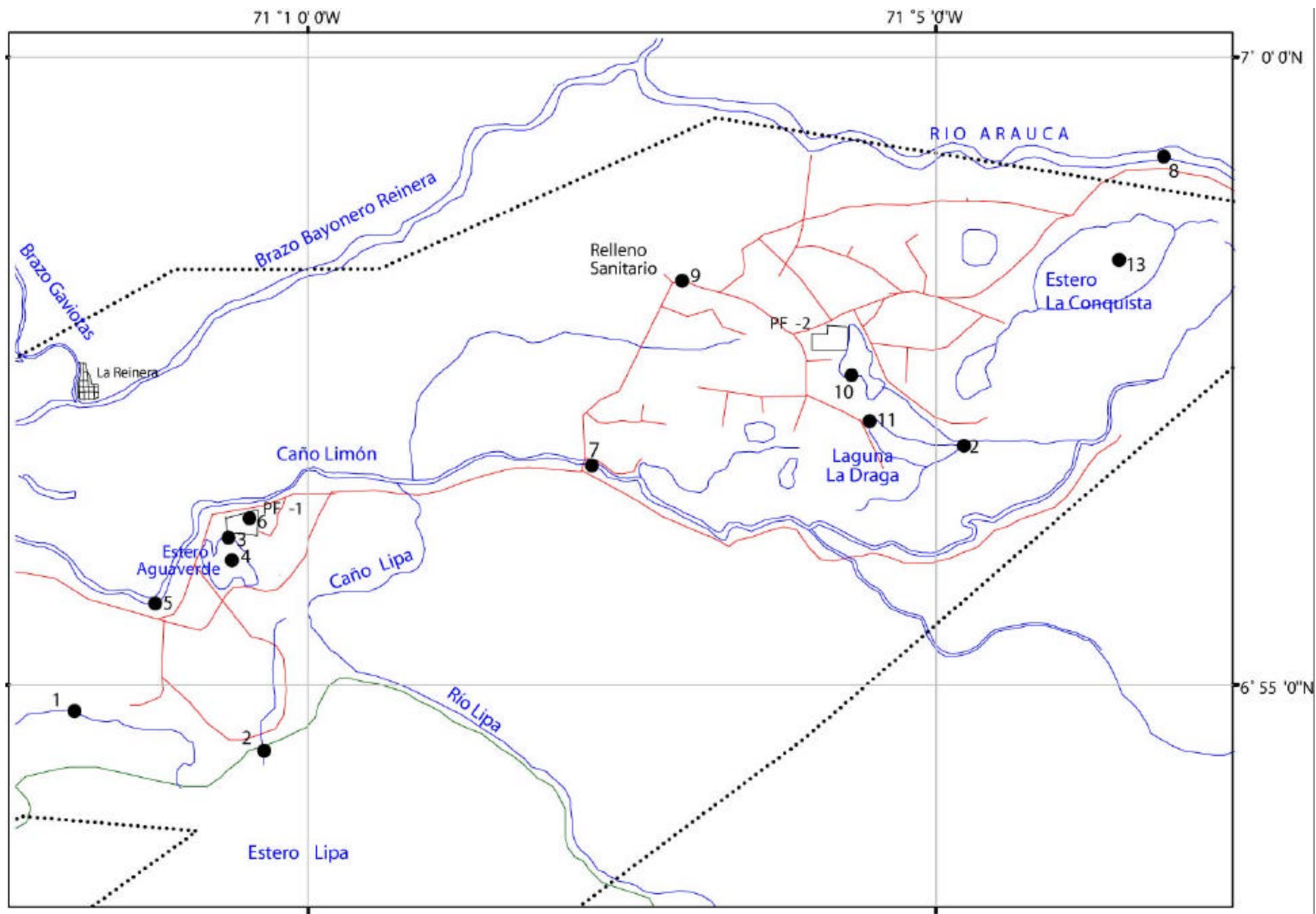


Figura 10.1. Puntos de muestreo de la calidad del recurso hídrico superficial en el campo Caño Limón (Arauca)

- Límite del contrato
- Asociación Cravo Norte
- Drenaje
- Carretera

2 0 2 Kilómetros

● Punto de muestreo de agua superficial

## CONCLUSIONES

La región Caño Limón–estero de Lipa constituye un ecosistema frágil generado por el paso de una dinámica fluvial de piedemonte a una llanura de inundación con esteros, lagunas y cauces meandriformes, entre otros, en la que se encuentran especies vegetales y faunísticas particulares. Esta región ha sido intervenida históricamente –primero, por la población aborígen que mantuvo un equilibrio con el ecosistema y, posteriormente, por modelos occidentales desde la conquista española– a través de una colonización espontánea que, a partir del periodo previo a la iniciación del proyecto petrolero de Caño Limón–como bien lo muestran imágenes satelitales de la zona para ese entonces– ha causado cambios ambientales decisivos, que incluyen deforestación, caza, modificaciones al régimen hidrológico y la construcción de obras civiles, sumados a la deculturización de los grupos indígenas tradicionales.

A partir de los trabajos interdisciplinarios realizados por el IDEAM, de la verificación sobre el terreno y de discusiones amplias en el seno del Instituto –con una limitante: la brevedad del tiempo de que se dispuso para la realización del estudio– se ha llegado a una conclusión:

La exploración y explotación petroleras en el área de caño Limón, iniciadas a partir de los ochenta, estuvieron precedidas en las décadas anteriores por importantes actividades antrópicas, como las modificaciones de los cursos del caño Bayonero-río Arauca, la construcción de vías y la colonización espontánea, que transformaron la dinámica hidrológica y los ecosistemas de la región de forma drástica; estos procesos tuvieron efectos de gran envergadura sobre el área estudiada. De esta forma, la actividad petrolera, aunque representa para la región un factor más de intervención que se constituye además en un nuevo polo de atracción para los migrantes de todo el país, es un factor de transformación ambiental de menor orden si se compara con los que la antecedieron. No obstante, se debe recordar que toda actividad de aprovechamiento de recursos en gran escala –como la explotación petrolera– en un medio sensible produce cambios en él y que es a la autoridad ambiental a quien le corresponde valorarlos y regularlos con una normatividad general y con condicionamientos específicos, realizando su seguimiento, como en efecto ocurre en este caso.

Hecha la evaluación correspondiente, el IDEAM considera que a la actividad de exploración y explotación de Caño Limón se le ha dado un manejo ambiental organizado y razonable en cuanto al control y la mitigación de los impactos y los efectos ambientales en el área donde se desarrolla. Además, en términos generales, la actividad se realiza dentro de los parámetros establecidos en la documentación relativa al plan de manejo ambiental acordado con las autoridades y en concordancia con las normas ambientales, aún cuando existen aspectos que sería conveniente mejorar.

Por esta razón, las conclusiones generales y específicas que se presentan a continuación, los análisis y las conclusiones dentro del texto y las recomendaciones del capítulo 12, más que elementos para cuestionar el manejo ambiental de la actividad petrolera y la normatividad y gestión ambiental de las autoridades, buscan aportar nuevas luces sobre el

tema y contribuir a la búsqueda de formas novedosas para articular el desarrollo petrolero con el desarrollo sostenible de la región.

Las conclusiones y recomendaciones van dirigidas de manera general a todos aquéllos que tienen relación con el proceso de transformación ambiental de Arauca; por ello, se sugiere tender puentes entre petroleros y demás actores institucionales de la región, tanto públicos como privados, para definir conjuntamente esquemas alternos y complementarios de desarrollo sostenible para la región, que incluyan formas nuevas de manejo de las regalías.

Luego del análisis hecho por el IDEAM sobre el área de Caño Limón-estero de Lipa desde el punto de vista de sus particularidades ambientales locales y en un contexto regional más extenso para entender la interrelación entre estos dos niveles, puede sacarse una serie de conclusiones que la reflejan y de las que se extraen las recomendaciones que se hacen más adelante en el capítulo final.

### **11.1 CONCLUSIONES RELATIVAS AL CONTEXTO REGIONAL**

- La interpretación de las imágenes de sensores remotos desde 1947 hasta 1997 y la información de referencia indican que la apertura del brazo Bayonero fue facilitado por el hombre en 1957. Así mismo, el taponamiento efectuado a su entrada en la década de los ochenta modificó la configuración hídrica del área con la aparición de nuevos cauces (Bayonero y caño Limón), la disminución del caudal en otros y, en general, con los cambios de caudal del río Arauca. Estos últimos fueron independientes del desarrollo petrolero de la región, iniciado en 1983, y por sus efectos se convierten en los dos grandes procesos que alteraron el régimen hídrico regional.
- Los análisis multitemporales de fotografías aéreas entre 1947 y 1994 muestran que los procesos de intervención sobre la cobertura vegetal boscosa se remontan a la década de los cincuenta y que su dinámica creciente pudo acentuarse por el desarrollo de redes viales y por el incremento poblacional desencadenado por las migraciones humanas a la zona. Los bosques que aún subsisten en el nivel regional se limitan a pequeñas manchas dispersas y fragmentadas por procesos de desarrollo productivo; es posible reconocer en las fotografías aéreas recientes algunos reductos de bosque ripario en el río Arauca y en algunos lugares de la llanura inundable. Dentro de un contexto local, en el área de explotación petrolera los bosques se encuentran en proceso de recuperación.
- Durante el periodo 1991-1999 se presentaron en la región variaciones con tendencias crecientes de la temperatura media del aire y de la precipitación, según lo muestran los datos históricos de la estación meteorológica del aeropuerto Santiago Pérez, de Arauca. Sin embargo, estas fluctuaciones y tendencias podrían atribuírseles más a los ciclos naturales de variabilidad climática y a los cambios en el largo plazo asociados al cambio climático global y no a la actividad humana que se desarrolla en el área de estudio.
- Hay que darle mayor atención a las áreas de bosque, que han sufrido una disminución anual de aproximadamente 20.761 ha, entre 1973 y 1985. Es posible inferir que, de mantenerse esta tendencia de aprovechamiento, las 49.562 ha que subsistieron al año 1985 estarían altamente degradadas (no se dispone de una imagen de satélite reciente para hacer las comparaciones pertinentes).

- La confluencia de factores socioeconómicos y políticos explica la segregación fisicoterritorial y el bajo nivel de desarrollo alcanzado por la zona oriental del país (antiguos Territorios Nacionales), que cubre 59% del territorio colombiano.
- El proceso de ocupación y el flujo migratorio del departamento de Arauca, como zona de influencia directa del área de estudio, vienen de tiempo atrás, aproximadamente de los años cincuenta, y se han visto incrementados con la ampliación de la frontera agrícola, la construcción de carreteras, la profundización en el país de la violencia y la exploración y explotación de hidrocarburos.
- Según el análisis y la interpretación de la información censal de 1993 hechos hasta el momento, se encontró que el departamento de Arauca se caracteriza por un fuerte flujo de inmigrantes a lo largo de su historia, como lo indica el que tan sólo 46 % de su población haya nacido en el mismo municipio donde fue censada, incluida la población indígena.
- La población del departamento de Arauca, según su actividad económica, muestra una alta participación en servicios (28%), agricultura (24%), comercio (12%) y sin clasificar (30%), evidenciando la fuerte absorción de población en el sector de los servicios, en contraste con las actividades industrial, pesquera y minera, que tan sólo representan 4%, 0.7% y 0.5%, respectivamente.
- Los análisis del índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) en el departamento de Arauca para 1985 y 1993 muestran comparativamente una disminución en el tiempo de los porcentajes de hogares con una necesidad básica insatisfecha (NBI compuesto) y de hogares en miseria, también disminuyeron los porcentajes de hogares con servicios públicos inadecuados e inasistencia escolar, en especial en aquellas cabeceras municipales beneficiadas por la distribución de las regalías petroleras. Se concluye además que aumentó el porcentaje de hogares con hacinamiento crítico y dependencia económica, como reflejo del fuerte flujo migratorio que se ha presentado en la región, entre otras razones, por la atracción que ejerce el proyecto petrolero.
- El desastre demográfico en la Orinoquia ha sido detectado y descrito por la literatura antropológica a lo largo de los últimos cien años; en cualquier caso, muestra a los grupos indígenas de Arauca reducidos demográfica y espacialmente.
- La aculturación y deculturación de las comunidades indígenas tienen que ver con un proceso que ocurre en los Llanos Orientales al menos desde la conquista; por consiguiente, la exploración y la explotación petrolera sólo pueden ser consideradas como coyunturas que contribuyen a acelerarlo, en especial, si se considera que la manera específica de proceder en los desarrollos petroleros es a través del uso de tecnología y mano de obra al interior de un encerramiento estrictamente diferenciado y distinto del ambiente económico, social y cultural del área, aunque, a pesar de ello, no pueda sustraerse a las consecuencias y a las expectativas generadas por su presencia.
- Los linderos de la reserva –en particular la de los *hitnū*– declarados desde 1974 no fueron suficientes para proteger a los indígenas de la invasión de sus territorios ancestrales. Su capacidad cultural de dar respuestas adaptativas a las condiciones del medio natural facilitó que llevaran a sus nuevos asentamientos –en los que fueron forzados a la sedentarización y a la conglomeración en caseríos– las características del 'conuco' llanero; sin embargo, los pobladores sobrevivientes viven esparcidos en grupos pequeños sin que hayan logrado asimilar totalmente las nuevas condiciones y desarrollado una conciencia y

una forma cultural de uso, posesión y propiedad de la tierra para constituir un espacio habitable de acuerdo con su cultura, en el que no sufran las presiones de la competencia territorial de parte de los nuevos pobladores.

## **11.2 CONCLUSIONES RELATIVAS AL CONTEXTO SEMIRREGIONAL**

- El estero de Lipa se consideró en este estudio como un sistema conformado por un estero mayor localizado al sur del campo Caño Limón, con un área de 113 km<sup>2</sup>, y por un grupo de esteros individuales y de menor dimensión al suroeste del campo, cubriendo un área de 318 km<sup>2</sup>. Los análisis multitemporales (50 años) hechos sobre registros fotográficos y satelitales permitieron estimar que el estero mayor de Lipa no ha sufrido cambios notables en su dimensión y límites: por el contrario, los esteros menores del sistema muestran un comportamiento dinámico en el tiempo evidenciando incrementos o reducciones en ciertos sectores. No se evidenciaron cambios hidrológicos mayores a partir de la aparición del proyecto petrolero en la región. Pero es muy importante realizar un estudio y hacer el seguimiento hidrológico y ambiental de este sistema dada su complejidad dinámica.
- El salto de Lipa es un accidente geomorfológico natural sobre el río Lipa, al sur del campo Caño Limón. Se desarrolla sobre sedimentos de baja consistencia –tipo limos y arcillas– y se formó a través de procesos de erosión hídrica. La unión en los años setenta del caño Limón y el río Lipa por procesos naturales y antrópicos incrementó el caudal del río Lipa causando un aumento de la tasa de erosión, evidente con el retroceso del salto unos 3 km aguas arriba durante los últimos 15 años. En la actualidad se estima que, debido al proceso de erosión remontante, el retroceso del salto es de 192 m/año. Por esto se concluye que este proceso no está asociado directamente con la actividad petrolera en la zona ni es en este caso un indicador de pérdida de capacidad hídrica del estero mayor de Lipa; pero es necesario estudiarlo en toda su complejidad hídrica y ambiental puesto que la acumulación de cambios menores en el sistema podrían llegar a tener repercusión sobre el salto y, en último término, sobre el estero mayor de Lipa.
- El área Caño Limón–estero de Lipa es una región que se caracteriza por una variación de su dinámica fluvial con pendiente al entrar en la llanura. Esto causa una descarga de sedimentos que forma barras generalmente a la entrada de los cuerpos de agua, creando cauces menores continuos, como caños y quebradas, y obstruyendo otros (paleocauces). La intervención antrópica de muchos años, el desarrollo industrial petrolero en los años ochenta y el desarrollo de la infraestructura vial en la región, están contribuyendo a este proceso hidrológico. Por ello vale la pena trabajar con mayor detenimiento estas dinámicas.
- Los caños Aguanegra, Lipa, Otilia, el tramo este del caño Aguaverde y los caños que confluyen a los anteriores han experimentado procesos naturales de sedimentación, ocasionados especialmente por el descenso de los niveles del agua después de los periodos invernales por la poca pendiente; además, el receso en el mantenimiento de los caños hizo más evidente este problema. Las corrientes al llegar a un cuerpo de agua léntico, como son las lagunas, ciénagas o esteros, reducen considerablemente su velocidad de flujo, y los sedimentos que transportan en suspensión se decantan formando barras, generalmente en la entrada a estos cuerpos obstruyendo el paso libre del agua. Cuando éste proceso se da reiterativamente, llega un momento en que los cauces se colmatan por completo y pierden su capacidad para llevar los caudales suficientes que permitan la navegación.

- El régimen hidrológico en la región Caño Limón–estero de Lipa ha presentado una dinámica cambiante por causa de procesos naturales (climáticos, hidrológicos, geomorfológicos y geológicos, entre otros) y de procesos antrópicos históricos (dragado del río Arauca, taponamiento de cauces por la sedimentación debida a los procesos erosivos naturales y antrópicos, etc.). La actividad petrolera no ha influido en los cambios significativos del sistema hídrico regional, aunque algunas obras –como vías y terraplenes– han causado localmente afectaciones en el patrón local de drenaje y, en consecuencia, en el régimen de flujos de agua y en el transporte de sedimentos.
- No hay evidencias de afectación del régimen hídrico o la disminución de cauces por actividades sísmicas y, en particular, por las detonaciones hechas durante la etapa de exploración sísmica de los yacimientos de crudo en la zona.
- Desde el punto de vista de la hidrogeología, en la región Caño Limón–estero de Lipa se estableció la presencia de dos acuíferos de buena capacidad, uno somero (cerca de la superficie terrestre) y otro profundo. La actividad petrolera asociada al campo Caño Limón utiliza los recursos hidrogeológicos del primer acuífero, con un volumen de extracción que no afecta de modo considerable ni su capacidad disponible ni sus reservas.
- Desde tiempo atrás los ecosistemas de fauna y flora en la región Caño Limón–estero de Lipa han sido intervenidos de forma constante mostrando la degradación paulatina de los bosques así como la migración o la desaparición de especies vegetales y animales. Las restricciones para el uso del área del contrato de asociación han propiciado la conformación de un refugio de especies vegetales y animales reducidas severamente en el exterior por presión humana.
- La cobertura vegetal del estero de Lipa (macrófitas acuáticas flotantes y enraizadas, en su mayoría, con algunos elementos arbóreos dispersos) se encuentra conservada, excepto en la parte suroccidental, donde se desarrollan actividades agrícolas (como cultivos de arroz).
- No se puede atribuir la disminución de las especies piscícolas en la zona de la extracción petrolera a las descargas procedentes de los complejos de producción. Para establecer la real alteración real del recurso biológico de los cuerpos de agua por la actividad petrolera y por otras, debe realizarse un estudio ambiental, ecológico y fisicoquímico completo.
- Con relación a la problemática sobre descensos poblacionales de las especies (chigüiro, caimán, babilla, tortugas, en particular) y muchas especies de peces (valentón), se concluyó que estos procesos son multicausales. Así, el comportamiento pesquero del río Arauca en los últimos años refleja la tendencia del recurso íctico a disminuir; las causas son la sumatoria de numerosos procesos, como sobrepesca, deforestación, contaminación, colmatación de caños, entre otros, producidos en general por toda la actividad antrópica en la región.
- Algunas especies ícticas de esta zona exhiben un comportamiento migratorio reproductivo que consiste en abandonar el río en busca de aguas quietas, como esteros y pantanos, para su alimentación y madurez gonadal. Por consiguiente, el mantenimiento del flujo hídrico es primordial y, en este sentido, las medidas adoptadas (construcción de alcantarillas) mitigan en alguna forma los impactos por causa de la construcción de terraplenes. Por ello es de suma importancia realizar los mantenimientos y las actividades de adecuación necesarias para mantener estos flujos hídricos.

- Los municipios de Arauca y Arauquita, que hacen parte de la zona de influencia del proyecto petrolero, presentan comparativamente los porcentajes más altos de inmigrantes con respecto a la población nativa. Muestran una presencia significativa de inmigrantes recientes, en una época que coincide con la fase de explotación del proyecto. Parte de ese flujo de inmigrantes, en especial de los recientes hacia los municipios de Arauca y Arauquita, está asociado con el proyecto petrolero. Sin embargo, las limitaciones de la información sobre flujos migratorios urbanos y rurales, entre otras, no permiten establecer relaciones de causalidad.
- La actividad económica predominante en las veredas circunvecinas al campo Caño Limón es la agropecuaria, destacándose el uso del suelo en ganadería y en cultivos de caña, cacao, plátano, arroz, entre otros. Los patrones culturales según el origen de procedencia de sus habitantes inciden en el tipo de cultivos, la preparación del terreno y la forma de producción, lo cual trae consecuencias de ineficiencia e insostenibilidad de los recursos y de los cultivos, ya que no existe una tecnología asumida culturalmente para usar las condiciones naturales del medio y obtener resultados económicos significativos.
- Al analizar la variación del índice de necesidades de básicas en 1985 y 1993 para los municipios de Arauca y Arauquita –aquéllos con influencia más directa del proyecto petrolero de Caño Limón–, se evidencia un comportamiento similar al descrito para todo el departamento de Arauca. Tan sólo en el municipio de Arauca, a diferencia del de Arauquita, ha disminuido además el porcentaje de hogares con dependencia económica.

### **11.3 CONCLUSIONES RELATIVAS AL CONTEXTO LOCAL**

- Las obras de infraestructura que se realizaron en el complejo petrolero PF1 y PF2 –como terraplenes y carreteras de acceso a los pozos de producción– tienen un sistema de drenaje que permite la comunicación de las aguas entre sí dentro de las depresiones inundables de Aguanegra, Aguaverde y la situada entre el río Arauca y el caño Aguaverde. Esta red de comunicación fluvial se hace a través de puentes, alcantarillas sencillas, dobles y triples y, a simple vista, obedece a un diseño apropiado para la región para facilitar que las aguas sobrantes de las crecientes del río Arauca y las originadas por las lluvias durante los periodos invernales fluyan hacia los cuerpos de agua receptores. Sin embargo, vale la pena estudiar estos sistemas con más detenimiento en cuanto a su efectividad actual, dada la particular sensibilidad de este tipo de regiones a cualquier alteración antrópica.
- La actividad petrolera de Occidental en el campo Caño Limón (Arauca) está relacionada de varias formas con el medio ambiente que la rodea. Una de estas relaciones está determinada por los vertimientos de agua que salen de las instalaciones de tratamiento de agua de PF1 hacia el estero de Lipa; si bien los volúmenes vertidos son bajos comparados con los flujos de drenaje del estero de Lipa y con su nivel de almacenamiento de agua en época de invierno, se debe estudiar el grado de afectación de estos vertimientos en época de verano. Por otro lado, el vertimiento de DBO, DQO, SST y G y A, tomados como concentración, están por debajo de las concentraciones máximas estipuladas por las normas que protegen al recurso hídrico en varios de los usos que tiene este recurso; sin embargo, el grado de afectación real del recurso debido al vertimiento de estos elementos, así como las medidas de mitigación, deben ser motivo de estudio y seguimiento continuos, tal y como se está haciendo hasta ahora, aunque con mayor énfasis.

- Las aguas que salen de los sistemas de tratamiento de las instalaciones de producción PF1 y PF2 están en promedio a 30 °C; las diferencias de temperatura entre el agua vertida y el cuerpo receptor son de 3°C, en promedio, para la época estacional del año en que fueron tomadas. El grado de afectación que causa esta diferencia en los cuerpos receptores, en ésta y otras épocas del año, y la forma de mitigarlo deben ser motivo de estudio y seguimiento continuos, contemplados además en el plan de manejo ambiental de la Occidental.
- Se presentan ligeros aumentos en algunas variables fisicoquímicas (pH, temperatura y DQO, en algunos casos) medidas en las corrientes naturales, producidos por los vertimientos de Caño Limón, que pueden llegar a alterar los ecosistemas de la zona. Para establecer el efecto de estas variaciones es necesario hacer un seguimiento y un estudio ambiental integral constantes y prolongados en el tiempo.
- Las variables fisicoquímicas de calidad del recurso hídrico superficial en los esteros Aguaverde, Lipa y la Conquista, en los caños Aguaverde y Limón y en el río Arauca, en los sitios y momentos de obtención y evaluación de muestras, indican en general un estado natural de las corrientes de agua, que, aunque se ven afectadas por el proceso de producción, continúan dentro de los intervalos normales para las aguas superficiales.
- En las condiciones de medida, se infiere que, aunque las lagunas de tratamiento de las aguas de producción remueven la mayor parte de contaminantes, no presentan todas las condiciones ideales para una completa estabilización de la materia orgánica y las sustancias oxidables.
- Con base en la documentación analizada y los resultados de la visita de campo, en la región de Caño Limón–estero de Lipa existen dos acuíferos continuos de extensión regional, con buena capacidad de almacenamiento y rendimientos moderados a altos. La actividad petrolera asociada al campo Caño Limón utiliza los recursos de aguas subterráneas del acuífero somero, o superior, sin que hasta el momento se haya afectado el reservorio en cantidad, según el análisis realizado a partir de registros multitemporales de los niveles estáticos. Los pozos de extracción de aguas subterráneas operan dentro de los rangos y las condiciones determinadas según las propiedades hidráulicas de los acuíferos para garantizar la sostenibilidad de la explotación. Este comportamiento deberá ser objeto de seguimientos periódicos durante la vigencia del contrato de asociación, de acuerdo con los compromisos ambientales requeridos a la Occidental por el Ministerio del Medio Ambiente y por Corporinoquia.
- El manejo de los residuos sólidos, tanto convencionales como peligrosos, se lleva a cabo bajo estándares internacionales –tales como los de la EPA–, que permiten el tratamiento adecuado de los lixiviados y el manejo y control operativo de los gases generados en el relleno sanitario.
- De acuerdo con los análisis fisicoquímicos realizados, la calidad de las aguas subterráneas no ha sido afectada por la actividad petrolera. Sin embargo, debe destacarse la anomalía de los valores de DQO medidos por el IDEAM en las vecindades del relleno sanitario, que indican una contaminación potencial en este punto que deberá ser objeto de seguimiento y remediación.
- Las variables fisicoquímicas de calidad del recurso hídrico superficial en los esteros Aguaverde, Lipa y la Conquista, en los caños Aguaverde y Limón y en el río Arauca, en los

sitios y momentos de obtención y evaluación de muestras, indican en general un estado natural de las corrientes de agua, que, aunque se ven afectadas por el proceso de producción, continúan dentro de los intervalos normales para las aguas superficiales.

- Las temperaturas de los vertimientos de las instalaciones de producción PF1 y PF2 medidas por el IDEAM se encuentran en el intervalo de 29.0 a 32.6°C en los días y horas de monitoreo; información similar se obtuvo con los datos recopilados de la Occidental para tres diferentes años (1994, 1997 y 1999). El aumento en la temperatura final de los cuerpos de agua donde se hace el vertimiento es de 3°C, en promedio.

## CAPÍTULO 12

### RECOMENDACIONES HACIA EL USO SOSTENIBLE DE LA REGIÓN

La región Caño Limón–estero de Lipa presenta características especiales por su gran diversidad biológica y fragilidad ecosistémica, históricamente reconocidas por la categoría de área protegida que ha tenido en el pasado –primero como Reserva Forestal de Arauca y luego, como Santuario de Flora y Fauna de Arauca–, al tiempo que una degradación elevada, asociada a la presión de la población sobre los recursos. De acuerdo con este diagnóstico, se plantea entonces el reordenamiento de las actividades productivas que allí se desarrollan, bajo un esquema del tipo *distrito de manejo especial* que oriente la ocupación del territorio, el uso y el manejo de los recursos naturales renovables de toda la región, cuya delimitación, caracterización y forma de operación debe realizarse.

Este proceso debe comprometer a todos los sectores institucionales, productivos, gremiales y a la comunidad en general para diseñar un cambio de valores y actitudes ante los recursos naturales –incluyéndose en ellos al petróleo– con el compromiso de conservar lo existente, de rehabilitar lo deteriorado y de mitigar los impactos de las actividades actuales que sustentan la productividad de la zona, para asegurar su desarrollo sostenible en el largo plazo.

Este reordenamiento deberá incluir: el manejo hidrogeomorfológico de la región; el control estricto de la calidad de las aguas; el seguimiento de los procesos de sedimentación y la calidad de los sedimentos en suspensión y de fondo; la recuperación y la protección de las coberturas vegetales naturales, con el fin simultáneo de conservar la fauna; aquellos ajustes al plan de manejo ambiental petrolero que consideren el cambio de dinámica de la producción de crudo y del volumen de agua asociada que ya se evidencia, y la problemática de los rellenos sanitarios que le quedará a la zona al finalizar la actividad intensiva de extracción del crudo. Así mismo, se deberán generar dinámicas regionales mayores a través de una mejor planificación de la inversión social de las regalías y de la reorientación de otra parte de ellas, por ejemplo, para crear polos de desarrollo y proyectos agrícolas empresariales y comunitarios en los sitios más adecuados de Arauca, de manera que se generen otros puntos de atracción y empleo y se disminuya la presión que en la actualidad sufre la zona de Caño Limón.

Por esta razón, estas recomendaciones, más que elementos para cuestionar el manejo ambiental de la actividad petrolera y la normatividad y gestión ambientales de las autoridades, buscan aportar nuevas luces sobre el tema y contribuir a la búsqueda de formas novedosas para articular el desarrollo petrolero con el desarrollo sostenible de la región.

#### 12.1 RECOMENDACIONES RELATIVAS AL CONTEXTO REGIONAL

- Profundizar el estudio ambiental de la zona de interés dentro del contexto regional y nacional, con el propósito de aportar los lineamientos generales para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible de la región.

- Para lograr un mayor detalle en el seguimiento del clima regional, se recomienda densificar la red de estaciones meteorológicas y ambientales en el departamento de Arauca.
- Realizar un estudio geológico, geotécnico, hidrológico, hidráulico y ambiental del cauce del río Lipa y los sistemas hidrogeomorfológicos de las regiones circunvecinas, para establecer las medidas de mitigación para los procesos erosivos remontantes que se evidencian con el retroceso del salto Lipa y sus posibles repercusiones en el futuro sobre el estero mayor de Lipa.
- Con el fin de profundizar el conocimiento sobre los procesos hidrológicos e hidráulicos de producción y transporte de sedimentos es necesario realizar un estudio que incluya el diseño, la instalación y la operación de una red hidrológica y un sistema de medición en ríos y caños del sistema Lipa. Además de hacer seguimiento a la variación de los niveles, estimar los caudales y su derivación, se recomienda cuantificar los sedimentos en suspensión y de fondo, tanto de origen natural como antrópico, y analizar su composición química.
- En el contexto regional se debe crear un programa de restauración ecosistémica mediante un proceso de regeneración natural con enriquecimiento de especies vegetales nativas de valor ecológico, preferencialmente en la parte sur del estero de Lipa, en el interfluvio del río Arauca y el brazo Bayonero y, en general, en las márgenes de caños y ríos de la región, áreas donde se han identificado remanentes de coberturas boscosas importantes. Los bosques basales asociados a los cuerpos de agua (riparios o de galería) merecen especial atención por su importancia en la conservación y regulación de los caudales, en el control de erosión de las riberas, en la oferta ambiental, etc.
- Los humedales en el contexto regional deben ser motivo de atención desde el punto de vista biológico y ecosistémico. Su función como fuente de producción biológica primaria, como reguladores de inundaciones, como oferta de alimento y refugio para diversas especies faunísticas, los catalogan como uno de los ecosistemas de mayor importancia. Aunque se pudo establecer que no han sufrido una transformación drástica (pérdida de 2306 ha en 12 años), es de mencionar que, según el *Mapa de coberturas vegetales, ocupación y uso del espacio en Colombia* (IDEAM, 1996), en el país se ha reportado tan sólo un área equivalente a 2.2% del territorio nacional para este tipo de ecosistemas.
- Se deberán enfocar acciones de conservación y de manejo para las unidades de sabanas que han sido objeto de transformaciones agropecuarias. Las 52.892 ha de sabanas identificadas en 1985 son vulnerables a los procesos de deterioro por tratarse de terrenos planos, sin coberturas vegetales boscosas y con espacios abiertos fácilmente sobreexplotables.
- El conocimiento de la biología de las especies faunísticas, de su comportamiento, de los hábitats preferenciales y de su distribución geográfica son elementos necesarios para establecer aquellas acciones que propendan hacia su conservación. Además, los diferentes actores de la región deberán realizar programas conjuntos relacionados con vedas, condiciones de captura, técnicas de aprovechamiento, monitoreo de la calidad ambiental establecimiento de áreas de reserva y cualquier otro aspecto que involucre el manejo de los recursos biológicos.
- Se recomienda el desarrollo un sistema de información y monitoreo por parte de la autoridad ambiental –que el IDEAM está dispuesto a asesorar– con el fin de garantizar el seguimiento adecuado de los ciclos naturales y de sus relaciones ecosistémicas y antrópicas.

- Las actividades agropecuarias deberán mejorar las prácticas culturales y de manejo y relocarse cuando existan condiciones de alta fragilidad para el ecosistema.
- Ante el desastre demográfico de las comunidades indígenas de la zona, se recomienda la realización de un censo específico de la población indígena del departamento de Arauca, la definición de sus características demográficas y el apoyo a sus procesos de reflexión sobre el estado y las alternativas a esta situación demográfica.
- Con el fin de mantener la forma ancestral de asentamiento migratorio se sugiere que a los pobladores sobrevivientes que habitan esparcidos en grupos pequeños les sea asignado jurídicamente un territorio y tenidas en cuenta las condiciones para mantener la vivencia cultural del ciclo biológico, de acuerdo con las pulsaciones de los caños, ríos, esteros y playones; la correlación entre la especificidad del paisaje y las actividades humanas y la presencia de las lagunas estacionales.
- Se recomienda, además, apoyar los esfuerzos que los diferentes grupos indígenas realicen para desarrollar el marco social y económico del manejo compartido de estos nuevos espacios. Cazar, pescar, recolectar frutos o visitar a sus amigos deben ser actividades factibles dentro del proceso de adaptación cultural en los nuevos territorios y deben formar parte de las soluciones para su subsistencia. Por otro lado, se requiere del apoyo para la adopción de la horticultura y de los conocimientos y técnicas asociadas, con fundamento en el conocimiento tradicional sobre el ciclo de las lluvias, así como de la ganadería y la cría de especies menores, como base económica sostenible.
- Las artesanías también deben ser protegidas y fomentadas, tanto en el sentido de garantizar la existencia natural de las materias primas, como en la función del producto artesanal, sea como instrumento de la vida cotidiana, sea como complemento de la economía familiar. Sin embargo, la nueva economía, que puede llegar a producir excedentes, no necesariamente debe implicar la desaparición de las formas productivas y comerciales de intercambio de mano de obra y de productos como garantía de una supervivencia equitativa para todo el grupo.
- Las nuevas condiciones que han llevado a los indígenas a emplearse como peones o jornaleros en las haciendas requieren de procesos de divulgación e información sobre los derechos y obligaciones laborales contemplados en la Ley.
- En muchos casos la presencia de foráneos y colonos en los territorios ancestrales indígenas se refiere a la oportunidad, surgida de la demanda, de explotar y traficar con materias primas (caucho, fibras), pieles de animales y animales vivos, circunstancias que deben ser aprovechadas para su uso económico posible basado sobre el conocimiento indígena de las especies –como en el caso de la tortuga y de las actividades intencionales de cultivo y zootecnia encaminadas a la comercialización–
- El fomento a formas de recuperación de la tradición oral debe reconocer el ordenamiento tradicional de los clanes –representados por las tortugas– para incorporar los diversos procesos de adaptación, revitalización y ajuste y concertar con los grupos indígenas las necesidades y las formas de apoyo a la organización.
- La conservación de la diversidad cultural exige la realización de procesos de reconocimiento y autodeterminación por parte de las culturas, con base en la adaptación de las líneas tradicionales del ejercicio de la autoridad a las nuevas circunstancias, para

evitar condiciones individuales o grupales de crisis en la identidad y en la organización política que representen el regreso a formas 'antiguas' de dominación.

- Hay necesidad urgente de subsidio alimentario para las comunidades indígenas mientras se consolidan los nuevos sistemas productivos y de acceso a servicios de salud que contemplen programas de articulación con las formas tradicionales. Por otra parte, la necesidad de vestirse y de construir edificaciones más elaboradas y con una funcionalidad diferente generan costos en tiempo y en recursos que sobrepasan la capacidad económica tradicional, lo que, de no proyectarse como formas de acompañamiento en la asimilación del cambio cultural para que los indígenas puedan darse sus propias soluciones, los seguirá convirtiendo en mendigos permanentes y en ciudadanos de segunda en los demás procesos sociales y políticos.
- Aunque la cobertura de los servicios públicos se ha expandido y mejorado en el tiempo, quedan aspectos importantes que cubrir: las autoridades municipales deberán desarrollar conjuntamente con las comunidades programas que garanticen el manejo más cuidadoso de los residuos sólidos, en la actualidad dispuestos de manera inadecuada en muchos sitios.
- Se debe establecer un programa de desarrollo sostenible en la región fundamentado, que incluye, entre otras cosas, un tratamiento de fondo orientando a mejorar las relaciones entre la actividad petrolera, la comunidad, los gremios económicos y la institucionalidad pública para construir un proyecto de consenso para Arauca.
- Es preciso generar mecanismos que garanticen la distribución racional de los recursos financieros, en especial, de las regalías producto de la actividad petrolera en la zona, en los distintos sectores (ambiente, salud, educación, empleo, vivienda, apropiación de tecnologías, etc.) de modo que ayuden a mejorar la vida de sus habitantes y que estén atados a proyectos sociales y productivos que generen otros polos de atracción y empleo, con esquemas económicos, ecológicos y sociales sostenibles en el largo plazo.

## **12.2 RECOMENDACIONES RELATIVAS AL CONTEXTO LOCAL**

- Si bien las concentraciones de contaminantes en los vertimientos de PF1 y PF2 pueden estar por debajo de los límites permisibles, se recomienda que los niveles de remoción en los sistemas de tratamiento se mantengan o, en el mejor de los casos, se incrementen a medida que aumenta la producción de agua asociada al petróleo, pues de continuar la tendencia actual se incrementarían en los próximos años las cargas netas por día o por año vertidas al sistema hídrico.
- El resultado obtenido para oxígeno disuelto (concentración 0) en la laguna artificial de la Draga, parte del sistema de tratamiento de aguas en el PF2, hace que se proponga la colocación de un sistema de aireadores o aspersores justo a la entrada de la laguna, con el ánimo de aumentar el contenido de oxígeno del agua, ayudar a la oxidación y a la descomposición natural de las trazas de hidrocarburo remanente y acelerar los procesos de degradación natural de los contaminantes.
- Se recomienda complementar la red de piezómetros instalando pozos de monitoreo entre las instalaciones PF2 y PF1, la escuela la Osa y PF1y entre los pozos del relleno sanitario y PF2. Esto permitirá hacer simulaciones de la contaminación de los acuíferos con modelos matemáticos, construir redes de flujo periódicas y tener un registro histórico de las

fluctuaciones del nivel freático y, por consiguiente, de las variaciones en las condiciones de almacenamiento.

- Para hacer el seguimiento a las plumas potenciales de contaminación de aguas subterráneas, se aconseja aplicar métodos de inducción electromagnética en los tanques de almacenamiento de combustible y realizar el monitoreo periódico de los indicadores de contaminación, tales como BTEX e hidrocarburos totales.
- Las lagunas de estabilización de materiales procedentes de los procesos de producción deben ser sometidas a un redimensionamiento, por ejemplo, en términos de aumentar los tiempos de residencia que disminuyan la carga final en el efluente.
- Continuar con el monitoreo de los diferentes cuerpos de agua, que garanticen la calidad del recurso en función de la variabilidad de los ecosistemas acuáticos. Además, se debe realizar un seguimiento en el río Lipa a la salida del estero de su mismo nombre y del caño Limón después de la afluencia del caño Totumo con las aguas del estero la Conquista para mirar la afectación final de la calidad del recurso hídrico por los complejos PF1 y PF2 y verificar los procesos de atrapamiento químico en los sedimentos de fondo.
- Se recomienda hacer un seguimiento a los valores de pH de la precipitación para establecer la acidez o alcalinidad del agua lluvia y su posible efecto en los cuerpos de agua.
- Para establecer la real alteración del recurso biológico de los cuerpos de agua por la actividad petrolera, debe realizarse un estudio ambiental, ecológico y fisicoquímico completo que se sugiere como parte o refuerzo del actual plan de manejo ambiental.
- Se propone estudiar la generación y la emisión de los gases provenientes de la operación y manejo de los rellenos sanitarios para residuos convencionales y peligrosos, para lo cual es conveniente elaborar el estudio meteorológico de la localidad para adquirir conocimientos del estado actual del transporte y la dispersión de gases y partículas emitidas.
- La contaminación de los suelos, las aguas superficiales y las aguas subterráneas por los residuos sólidos convencionales y peligrosos dispuestos en el relleno sanitario está ligada con la generación del lixiviado y sus características físicas, químicas y biológicas; por tanto, se recomienda un análisis en el corto, mediano y largo plazo de los grados de peligrosidad de los residuos generados y la caracterización periódica de los residuos dispuestos en cada zona, que apunte a la generación del plan de manejo de estos recursos en el transcurso del tiempo, hasta la clausura y adaptación posterior del área de disposición final de residuos sólidos.
- Con el objeto de mirar las tendencias en el transcurso del tiempo del comportamiento en la generación de gases y lixiviados en el área de disposición final de residuos sólidos, se sugiere realizar el análisis estadístico de gases y lixiviados, con base en la serie histórica de los datos recolectados a través de los monitoreos de los parámetros de emisión, tales como tendencia, estacionalidad, ciclicidad y aleatoriedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFOREST LTDA. *Estudio ambiental del efecto de las aguas de producción sobre la vegetación en las aguas de oxidación de Caño Limón*. Informe para Occidental de Colombia, 1991
- ARANGO, Raúl y Enrique Sánchez, *Los pueblos indígenas de Colombia*, Departamento Nacional de Planeación, Bogotá, 1989
- ARCAND, Bernard, "The cuiva struggle for land", Congreso de la Sociedad Norteamericana de Antropología: San Francisco, 1975
- ARVELO, Nelly, Ernesto Morales y Horacio Biord, "Repensando la historia del Orinoco", *Revista de Antropología-Selvas tropicales*, vol V, N° 1-2: pp. 153-174, Universidad de los Andes: Bogotá, 1989
- BIOLOGIA APLICADA LTDA. *Caracterización de los recursos hídricos de las lagunas las Truchas, la Draga, Lipa y río Arauca*. Informe para Occidental de Colombia, 1994
- BIOLOGIA APLICADA LTDA. *Monitoreo de hidrocarburos y metales en sedimentos, peces y plantas acuáticas*. Informe para Occidental de Colombia, 1994
- CIDER (Centro de Investigaciones para el Desarrollo, Universidad de los Andes), *Plan de Desarrollo para Casanare*, m.s.: Yopal, 1989
- CORTÉS, Abdón, *Capacidad de uso actual y futuro de las tierras de Orinoquia colombiana*, IGAC: Bogotá, 1983
- CHUVIECO, Emilio. *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: Ed. Raial., 1990
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), *Atlas Sociodemográfico Colombiano*. DANE. Santafé de Bogotá, 1998
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), *Censo nacional de población y de vivienda 1993*: Santafé de Bogotá, 1993
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), *Censo Nacional de Población y de vivienda 1993 (CD rom)*. Santafé de Bogotá, 1993
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE SEGURIDAD (DAS), *Informe de la comisión especial de reconocimiento y verificación a la Orinoquia*, Ministerio de Defensa. ms.: Bogotá, 1974
- ECOPETROL, *Sedimentary basins of Colombia areas for exploration*. 1987
- ECOPETROL, *Opportunities for hydrocarbon exploration and production in Colombia*. 1998
- ECOPETROL, *Guías de manejo ambiental para exploración sísmica 2D y 3D*. Gerencia de Exploración. Coordinación de Asuntos Ambientales, 1995
- FRIEDEMANN, Nina y Jaime Arocha, *Herederos del Jaguar y la Anaconda*. Carlos Valencia Editores: Bogotá, 1984
- FUENTES, Libia, *Abundancia y ecología de la tonina en el río Arauca*. Informe para Occidental de Colombia, 1998
- GASSON, padre Rafael A., *Evidencias arqueológicas sobre diversidad y contacto cultural tardío en los Llanos Occidentales de Venezuela*. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales,

- Escuela de Antropología, Universidad Central de Venezuela, Trabajo final de grado: Caracas, 1987
- GEOCONSULTA LTDA., *Abastecimiento de aguas subterráneas en la concesión Cravo Norte*. Trabajo para Occidental de Colombia. 1984
- GEOCONSULTA LTDA., *Morfología hidráulica para el control de inundaciones en el área suburbana de la ciudad de Arauca*. 1991
- GEOINT LTDA., *Estudio hidrogeológico y geoeléctrico para investigación de aguas subterráneas*. Trabajo para Occidental de Colombia. 1998
- IAGC, *Pautas ambientales para operaciones geofísicas en el nivel mundial*. 1980
- IAGC, *Safety manual for geophysical field operations*. Texas, 1980
- IDEAM. *Metodología de clasificación de unidades de coberturas vegetales*. Subdirección de Ecosistemas, Bogotá, 1999
- INGEOMINAS, *Pruebas de bombeo de los pozos WS1, WSW2, WSW3 y WSW4 de Caño Limón-Arauca*. Informes 2048 y 2049, 1987
- JARAMILLO Uribe, Jaime, *Ensayos de historia social*. Tomo II, Temas americanos y otros ensayos. Tercer Mundo Editores y Ediciones Uniandes: Bogotá, 1989
- LOBOGUERRERO, Miguel y Xochilt Herrera. *Estudio de antropología médica entre indígenas y colonos del medio río Ele (Arauca)*. PAN, Colciencias, Fes, Bogotá, 1970
- MEDELLÍN, Fernando, *Análisis de los patrones de asentamiento del eje Leticia la Pedrera*. Universidad de los Andes – CIDER, mimeo. Bogotá, 1992
- MEJÍA Gutiérrez, *Orinoquia colombiana: clima y uso de la tierra. Énfasis en las sabanas de la altillanura. Modalidades de producción en la Orinoquia Colombiana: secuencia histórica*, Colciencias. m.s., Bogotá: 1989
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA. Evaluación de efectos de las descargas de aguas de producción en los peces. Informe para Occidental de Colombia, 1991
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA. Estudio ambiental del efecto de las aguas de producción sobre la vegetación en el área de Caño Limón. Informe para Occidental de Colombia, 1992
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA. *Aprovechamiento forestal para la construcción del acceso al pozo Playitas*. Informe para Occidental de Colombia, 1997
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA, 18° *Informe de avance del Plan Ambiental para las instalaciones de Caño Limón*. Informe al Ministerio del Medio Ambiente, 1999
- OCCIDENTAL DE COLOMBIA, *Aspectos socioeconómicos (zonas 1 y 2). Información de la base de datos aportada por el coordinador de la oficina de Comunidades en Caño Limón, Arauca*. Mayo 2000
- ORTIZ, Francisco, *La escritura contra la tradición oral, evaluación de los trabajos lingüísticos y antropológicos del Instituto Lingüístico de Verano entre los cuiva de Casanare*. División de Asuntos Indígenas del Ministerio de Gobierno, m.s.: Bogotá, 1983
- ORTIZ, María Mercedes, *“Relaciones interétnicas en los Llanos Orientales de Colombia”*. III Congreso Nacional de Antropología, m.s.: Bogotá, 1984
- QUEIXALOS, Francisco, *Bibliografía guahibo*, Etnollano – CNRS: Bogotá, 1988

- REAL MARTÍNEZ, Eduardo, *Estudio ecológico ambiental del área de asociación Cravo Norte A – Arauca*. Vols. 1,2,3. Informe para Occidental de Colombia, 1995
- REICHEL–DOLMATOFF, Gerardo, “La cultura material de los indios guahibos”, *Revista del Instituto Etnológico Nacional*, vol. 1, N° 2: pp. 437-504, 1944
- ROMERO, María Eugenia y Claudia Romero, *Desde el Orinoco hacia el siglo XXI: el hombre, la fauna y su medio*, Fondo FEN, Editorial Presencia: Bogotá, 1989
- SANTOS, Sonia, *Inventario de ictiofauna, flora acuática de Gaviotas y áreas adyacentes (caño Caranal)*. Informe para Occidental de Colombia, 1988
- SEMICOL LTDA., *Identificación y clasificación de la flora en Caño Limón*. Informe para Occidental de Colombia, 1991
- SEMICOL LTDA., *Diseño y plan de establecimiento y manejo forestal de un bosque de 500 ha en el área de Caño Limón*. Informe para Occidental de Colombia, 1994
- SOSA, Marcelino, *El valor de la persona en la economía guahiba*. Editorial Townsend: Bogotá, 1985
- TELBAN, Blaz, *Grupos étnicos de Colombia*. Etnografía y bibliografía, vol. 3. Ediciones Abya-Yala, MLAL: Quito, 1988
- TRIANA, Adolfo *et al*, *Estudio epidemiológico en comunidades indígenas de los Llanos Orientales*. Cuadernos del Jaguar, Serie Salud, FES, Fudein: Bogotá, 1989
- ZUCCHI, Alberta, “Como ellos la cuentan: historia oral de un grupo Maipure del norte”, En: Romero, María Eugenia (comp.), *Café caballo y hamaca: visión histórica del Llano, Orinoquia siglo XXI*, Abya Yala: Quito, 1991
- ZULUAGA, César *et al*. “Notas para la caracterización preliminar de las principales unidades ecológicas de la zona de caño Limón”, *Trianea* N°5, Bogotá: 1994