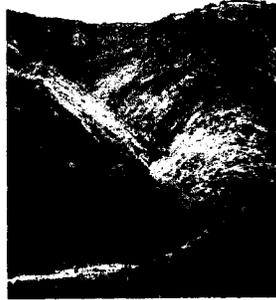


**EVALUACION DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES EN  
CANTIDAD Y CALIDAD EN LA CUENCA  
DEL RIO URIBANTE  
ESTADOS TÁCHIRA Y MÉRIDA. VENEZUELA**



*Por*

*Claudia Elena Velazco Kassem*

**Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae en  
Recursos Hidráulicos**

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E  
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

**Mérida, Venezuela**

**2005**

## DEDICATORIA

A Dios todopoderoso, por ser símbolo de amor y paz, que con su luz divina me ilumina y siempre está conmigo en los momentos buenos y difíciles de mi vida.

A mi madre, quien con su bondad, constancia y abnegación supo forjar en mí el espíritu de superación, el ánimo de lucha y quien con cariño y fe guió mis pasos para alcanzar el logro de mis metas. Este Triunfo es tuyo.

A mi hijo, mi semilla mas preciada, que este triunfo sirva de ejemplo para su formación.

A mi esposo, pilar de mi hogar, por su amor y apoyo en el camino de mi vida.

A mis hermanos, compañeros fieles de toda mi vida.

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” por ser mi segunda casa y brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de postgrado.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), por darme la oportunidad de formarme en el área de los Recursos Hidráulicos.

A la profesora Angela Henao, por su comprensión, permanente estímulo y palabras de ánimo en los momentos difíciles.

A los profesores Nadedjha de Basile, Roberto Duque y José Pérez Roa por su importante y acertada asesoría.

A mi amigo, Rigoberto Su Ah Sor, por su constante apoyo. A José, Tulio, e Isquel, por su amistad y valiosa ayuda durante la Maestría.

A Jose Gregorio Quintero, por su importante colaboración en el presente trabajo.

## INDICE

	Página
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN.....	xxi
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION</b>	
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Importancia de la Investigación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. General.....	3
1.3.2. Específicos.....	3
1.4. Metodología.....	3
1.4.1. Recopilación de información básica.....	3
1.4.2. Determinación de la Disponibilidad (Cantidad) de agua en la cuenca.....	5
1.4.3. Determinación de la Disponibilidad (Calidad) de agua en la cuenca.....	6
1.4.4. Evaluación de la Demanda de Agua en la cuenca.....	8
1.4.5. Balance Disponibilidad Demanda (Cantidad-Calidad)	9
<b>CAPITULO 2. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES</b>	
2.1. Descripción General del Área de estudio.....	11
2.2. Revisión Bibliográfica.....	24
2.2.1. Antecedentes de Disponibilidad-Demanda.....	24
2.2.2. Antecedentes de Calidad de Agua.....	34
2.2.3. Marco Legal e Institucional referente al recurso agua.....	40
<b>CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HIDROCLIMÁTICA</b>	
3.1. Descripción de la Hidrografía de la cuenca del río Uribante.....	47

	<b>Página</b>
3.1.1. Cuenca alta.....	49
3.1.2. Cuenca media.....	51
3.1.3. Cuenca baja.....	52
3.2. Estaciones Hidroclimáticas.....	53
3.2.1. Estaciones de Precipitación.....	53
3.2.2. Estaciones de Evaporación.....	54
3.2.3. Estaciones de Escorrentía.....	54
3.3. Análisis de la Información Hidroclimática.....	59
3.3.1. Mapa de estaciones climatológicas.....	59
3.3.2. Mapa de Isoyetas.....	62
3.3.3. Mapa de estaciones medidoras de evaporación.....	67
3.3.4. Mapa de Isoplanas.....	67
3.3.5. Mapa de estaciones hidrométricas.....	67
3.3.6. Análisis de la Información Hidroclimática existente tanto la registrada por el MARN como en otras fuentes.....	72
<b>CAPITULO 4. DISPONIBILIDAD EN CUANTO A CANTIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO URIBANTE</b>	
4.1. Método de Transposición.....	87
4.2. Transposición de las curvas de duración de caudales en los ríos con mediciones y comparación con las curvas de datos históricos.....	89
4.3. Generación de caudales en las cuencas con estudio, que no cuentan con mediciones.....	93
4.4. Curvas de Duración de Caudales de ríos que presentan mediciones.....	93
<b>CAPITULO 5. DISPONIBILIDAD EN CUANTO A CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO URIBANTE.</b>	
5.1. Diagnóstico de las actividades susceptibles de degradar la calidad del agua en la cuenca del río Uribante.....	101
5.1.1. Cuenca alta.....	101
5.1.2. Cuenca media.....	105
5.1.3. Cuenca baja.....	108
5.1.4. Resumen de la situación Diagnóstico en cuanto a contaminación de la cuenca del río Uribante.....	112
5.2. Recopilación de datos de calidad de agua de la cuenca del río Uribante.....	113
5.2.1. Programa de Evaluación de la calidad de agua en cuencas altas del país.....	113
5.2.2. Mediciones reportadas por el Departamento de Hidrometeorología del MARN.....	121

	<b>Página</b>
5.3. Programa de Muestreo .....	133
5.3.1. Selección de los sitios de muestreo.....	133
5.3.2. Cronograma y Frecuencia de muestreos.....	136
5.3.3. Parámetros de Calidad de Agua.....	141
5.4. Análisis estadístico de los datos de calidad de agua.....	145
5.4.1. Pruebas estadísticas.....	146
5.4.2. Hipótesis planteadas.....	147
5.5. Resultados de las muestras de agua tomadas en la cuenca del río Uribante.....	151
5.5.1. Resultados de Laboratorio.....	151
5.5.2. Resultados Estadísticos.....	156
5.6. Análisis de Calidad de Agua.....	159
5.6.1. Análisis estadístico General.....	161
5.6.2. Análisis estadísticos por Punto.....	170
5.7. Definición de los usos del Recurso Agua en la cuenca en estudio.....	181
 <b>CAPITULO 6. DEMANDA DEL RECURSO AGUA EN LA CUENCA</b>	
6.1. Demanda Poblacional.....	183
6.1.1. Aspectos Generales.....	183
6.1.2. Información de la Población.....	184
6.1.3. Proyección de la Población.....	190
6.1.4. Estimación de la demanda poblacional actual y futura.....	191
6.2. Demanda de Riego	
6.2.1. Revisión de la Bibliografía sobre inventarios de riego y censos Agrícolas.....	196
6.2.2. Metodología aplicada para el Cálculo de la Demanda de Riego.....	209
6.2.3. Estimación de la demanda de riego actual y futura.....	211
6.3. Demanda Ecológica.....	217
6.4. Demanda Hidroeléctrica.....	222
 <b>CAPITULO 7. SITIOS DE APROVECHAMIENTO PRESENTES EN EL AREA DE ESTUDIO</b>	
7.1. Descripción de los sitios de aprovechamiento potenciales y construidos en la cuenca en estudio.....	225
7.2. Descripción de los sistemas de abastecimiento de los principales centros poblados presentes en la cuenca del río Uribante y del ART	230
 <b>CAPITULO 8. BALANCE DISPONIBILIDAD-DEMANDA</b>	
8.1. Aspectos Generales.....	247

	<b>Página</b>
8.2. Metodología utilizadas para el Balance Disponibilidad-Demanda.....	247
8.3. Análisis de la Información Generada.....	249
8.4 Balance Disponibilidad-Demanda.....	251
 <b>CAPITULO 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
9.1.Conclusiones.....	271
9.2.Recomendaciones.....	273
<b>BIBLIOGRAFIA CITADA.....</b>	<b>275</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>283</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>401</b>
Apéndice A. Listas de Verificación utilizada para la recolección de datos en la cuenca	
Apéndice B. Informe Fotográfico del área de estudio	
Apéndice C. Información de Caudales de los ríos presentes en la cuenca del río Uribante	
Apéndice D. Isoyetas anuales (mm) de cuencas que presentan mediciones	
Apéndice E. Información de Calidad de Agua, de los ríos presentes en la cuenca del río Uribante, reportada por el MARN	
Apéndice F. Inventario de los Sistemas de Riego. Estado Táchira. Año 2003	
Apéndice G. I Censo Agrario del estado Táchira	
Apéndice H. Mapas de Isoyetas, Eto, ETP y Dn generados	

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1.1	Cartas utilizadas para la elaboración del Mapa Base..... 4
2.1	Rangos de Susceptibilidad Geomorfológica para la cuenca del río Uribante..... 17
2.2	Número de habitantes de los municipios ubicados dentro del área de la cuenca del río Uribante (Estados Táchira y Mérida)..... 23
3.1	Estaciones de Precipitación ubicadas en el área de estudio..... 55
3.2	Estaciones Evaporimétricas utilizadas en el estudio..... 58
3.3	Estaciones Hidrométricas utilizadas en el estudio..... 58
3.4	Cálculo de la Precipitación media por Isoyetas de la cuenca del río Uribante..... 65
3.5	Caudales medios mensuales, mínimos y máximos instantáneos mensual de los principales afluentes del río Uribante..... 73
3.6	Características hidráulicas de los principales afluentes de la cuenca del río Uribante..... 79
3.7	Caudales de las posibles fuentes del Acueducto Regional del Táchira..... 80
3.8	Caudales estimados en las fuentes de abastecimiento del ART..... 81
3.9	Volúmenes Totales, Mínimos, Máximos y promedio mensuales de las cinco fuentes que abastecen el ART. Año 2003..... 84
3.10	Registro Histórico de caudales del río San Antonio..... 86
4.1	Estaciones hidrométricas presentas en el área de estudio..... 88
4.2	Coeficientes de Transposición (Ct) para cuencas con mediciones y considerando como cuenca patrón Uribante en Puente Uribante..... 99
4.3	Caudales mínimos generados y medidos de los ríos Molino en Puente El Molino, Torbes en Sabaneta y Quinimarí en Buenos Aires..... 94
4.4.	Caudales mínimos generados y medidos de los ríos Quinimarí en Río Frío, Uribante en la Honda y Uribante en la Horniga..... 95
4.5	Caudales medios generados y medidos de los ríos Molino en Puente El Molino, Torbes en Sabaneta y Quinimarí en Buenos Aires..... 96

## LISTA DE TABLAS (Cont.)

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
<b>4.6</b> Caudales medios generados y medidos de los ríos Quinimarí en Río Frío, Uribante en la Honda y Uribante en la Hormiga.....	98
<b>4.7</b> Áreas, precipitación promedio anual y coeficiente de transposición de las cuencas a las cuales se le genero caudal.....	100
<b>4.8</b> Caudales medios correspondientes a diferentes probabilidades generados en cuencas sin datos, considerando como cuenca patrón, río Uribante .....	100
<b>4.9</b> Caudales mínimos correspondientes a diferentes probabilidades generados en cuencas sin datos, considerando como cuenca patrón río Uribante.....	100
<b>5.1</b> Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del río Pereño en Pte. La Pérez.....	116
<b>5.2</b> Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del río Uribante en Pte. La Vega.....	118
<b>5.3</b> Parámetros físico-químicos y bacteriológicos del río Uribante en Pte Rubio.....	119
<b>5.4</b> Registro de datos de calidad de agua, en la cuenca del río Uribante.....	122
<b>5.5</b> Ubicación de los puntos de muestreo de calidad de agua en la cuenca del río Uribante.....	137
<b>5.6</b> Cronograma de muestreo de la cuenca del río Uribante, en la dos Períodos climáticos estudiados (estiaje y lluvia).....	140
<b>5.7</b> Métodos analíticos según la 19 edición del Standard Methods usados en la determinación de los parámetros seleccionados en el laboratorio..	144
<b>5.8</b> Promedio de los parámetros de calidad de agua de los diez (10) puntos de Muestreo en las estaciones climáticas estiaje (1) y lluvia (2).....	157
<b>5.9</b> Resumen de la aplicación de la Prueba de Kruskal-Wallis para la comparación entre los diez puntos de muestreo en las estaciones climáticas estiaje y lluvia.....	158
<b>5.10</b> Resumen de aplicación de la Prueba de U de Mann Whitney para la comparación entre estaciones (estiaje y lluvia) de todos los puntos muestreados.....	160

## LISTA DE TABLAS (Cont.)

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
<b>5.11</b>	Promedio de los parámetros de calidad de agua de los diez puntos de Muestreo en las estaciones climáticas estiaje (1) y lluvia (2).....	161
<b>6.1</b>	Población del Área de estudio por Municipios, según Censo 1990 y 2001.....	185
<b>6.2</b>	Población del Área de estudio por Municipios y Parroquias, según Censo 2001.....	187
<b>6.3</b>	Áreas de Municipios presentes en la cuenca.....	188
<b>6.4</b>	Población Total y Urbana de Municipios del estado Táchira, y Mérida, presentes en la cuenca. Censos 1950-2001.....	190
<b>6.5</b>	Proyecciones de población por Municipio, capital de Municipio y Parroquias presentes en el área de estudio.....	192
<b>6.6</b>	Dotaciones racionales de agua para diferentes centros poblados.....	195
<b>6.7</b>	Proyecciones de demanda poblacional usando dotaciones de 250 l/hab/día.....	197
<b>6.8</b>	Proyecciones de demanda poblacional usando las dotaciones de HIDROVEN (1997).....	199
<b>6.9</b>	Proyecciones de la Población usando dotaciones de 580 l/hab./día.....	201
<b>6.10</b>	Inventario 2003 de los sistemas de riego del estado Táchira.....	203
<b>6.11</b>	Número y superficie de las unidades de producción bajo riego para el año 1995.....	204
<b>6.12</b>	Capacidad de Uso de Tierras para la cuenca del río Uribante (BioCentro, 1999).....	207
<b>6.13</b>	Demanda de Riego Actual en la cuenca del río Uribante.....	211
<b>6.14</b>	Demanda promedio de riego (m <sup>3</sup> /s) a nivel mensual para cada una de las microcuencas en estudio.....	218
<b>7.1</b>	Sitios de Aprovechamiento en la cuenca del río Uribante.....	226
<b>7.2</b>	Sitios seleccionados y sus respectivos aprovechamiento.....	228
<b>7.3</b>	Distribución de agua potable, plantas de Cordero y La Bermeja.....	238
<b>7.4</b>	Distribución del ramal San Antonio, de la ETAP de Cordero.....	242

## LISTA DE TABLAS (Cont.)

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
8.1. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Guaraque, en puente Guaraque. Cuenca Alta.....	255
8.2. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Potosí, en Las Trincheras. Cuenca Alta.....	256
8.3. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Molino, en pte. el Molino. Cuenca Alta.....	257
8.4. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca Uribante Honda. Cuenca Alta.....	256
8.5. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Uribante, en estación Hormiga. Cuenca Media.....	261
8.6. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Uribante, en Sitio de Presa. Cuenca Media.....	262
8.7. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Bobo. Municipio Cuenca Media.....	265
8.8. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Queniquea. Cuenca Media.....	266
8.9. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca de los ríos Bobo, Queniquea. Cuenca Media.....	267
8.10. Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Bobo, Queniquea y San Antonio. Cuenca Media.....	268
8.11 Balance Disponibilidad-Demanda m <sup>3</sup> /s. Cuenca río Torbes. Cuenca Baja.....	270

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página.</b>
2.1	Ubicación Relativa y Política de la cuenca del río Uribante.....	12
2.2	Sectorización de la cuenca del río Uribante (CIDIAT, 1984).....	14
2.3	Perfil de dos cortes transversales de la cuenca del río Uribante.....	16
2.4	Mapa de Susceptibilidad Geomorfológica de la cuenca del río Uribante.....	18
2.5	Ubicación de sitios de toma actuales y potenciales en la cuenca el río Uribante.....	25
2.6	Ubicación de actividades presentes en la cuenca del río Uribante.....	27
3.1	Red Hidrográfica de la cuenca del río Uribante.....	48
3.2	Representación esquemática de los principales afluentes y ciudades en la cuenca del río Uribante.....	50
3.3	Simbología utilizada para la representación de las estaciones climatológicas.....	54
3.4	Mapa de estaciones climatológicas de la cuenca del río Uribante .....	60
3.5	Modelo de Elevación digital (MDE) de la cuenca del río Uribante.....	61
3.6	Mapa de estaciones climatológicas Internas de la cuenca de río Uribante, sectorizadas por rangos de altitud.....	63
3.7	Mapa de isoyetas de la cuenca del río Uribante.....	64
3.8	Áreas entre isoyetas de la cuenca del río Uribante.....	66
3.9	Mapa de estaciones medidoras de evaporación.....	68
3.10	Mapa de Isopletas del río Uribante en mm.....	69
3.11	Mapa de estaciones fluviométricas y fluviográficas.....	71
3.12	Caudales medios mensuales del río Uribante en cuatro estaciones.....	76

## LISTA DE FIGURAS (Cont.)

<b>Figura</b>	<b>Página.</b>
<b>3.13</b> Subcuencas y áreas del río Uribante, hasta cada punto de medición de caudal.....	77
<b>3.14</b> Subcuencas y áreas de los ríos Quinimarí, Guaraque, Molino, Potosí y Torbes, hasta cada punto de medición de caudal.....	78
<b>3.15</b> Esquema del ART.....	83
<b>3.16</b> Caudales promedios diarios en el sitio de captación del ART.....	85
<b>4.1</b> Isoyetas anuales (mm) de la cuenca patrón (río Uribante en Pte. Uribante).....	89
<b>4.2</b> Curvas de Duración de Caudales (caudales medios y mínimos mensuales) del río Uribante en Puente Uribante (cuenca patrón).....	91
<b>4.3</b> Curvas de Duración de Caudales (Medios medidos y Generados). Río Torbes en Sabaneta.....	92
<b>4.4</b> Curvas de Duración de Caudales (Mínimos Medidos y Generados) Río Quinimarí en Río Frío.....	92
<b>4.5</b> Isoyetas anuales (mm) de los ríos Bobo, Queniquea y San Antonio.....	93
<b>5.1</b> Usos actuales en la cuenca alta y media del río Uribante.....	102
<b>5.2</b> Croquis del área productora de agua que distribuye el ART (CIDIAT, 2004).....	106
<b>5.3</b> Usos actuales en la cuenca baja del río Uribante.....	109
<b>5.4</b> Puntos de muestreo de calidad de agua reportados en la bibliografía.....	114
<b>5.5</b> Tendencia de la Conductividad Eléctrica, Dureza Total y Sólidos disueltos en el río Negro.....	125
<b>5.6</b> Tendencia de la Conductividad Eléctrica, Dureza Total y Sólidos disueltos en el río Bobo.....	126

## LISTA DE FIGURAS (Cont.)

<b>Figura</b>		<b>Página.</b>
<b>5.7</b>	Tendencia de la Conductividad Eléctrica, Dureza Total y Sólidos disueltos en el río Quinimarí.....	130
<b>5.8</b>	Tendencia de la Conductividad Eléctrica, Dureza Total y Sólidos disueltos en el río Torbes.....	132
<b>5.9</b>	Ubicación de Puntos de Muestreo de Agua en la cuenca del río Uribante.....	134
<b>5.10</b>	Precipitación media Mensual de estaciones ubicadas en la cuenca alta del río Uribante.....	139
<b>5.11</b>	Precipitación media Mensual de estaciones ubicadas en la cuenca media del río Uribante.....	139
<b>5.12</b>	Precipitación media Mensual de estaciones ubicadas en la cuenca baja del río Uribante.....	139
<b>5.13</b>	Temperatura promedio en los diez puntos de muestreo, durante las dos temporadas climáticas.....	162
<b>5.14</b>	Conductividad Eléctrica promedio en los diez puntos muestreo, en las dos temporadas climáticas.....	163
<b>5.15</b>	Sólidos Totales (ST), disueltos (SD) y fijos (SF) promedio, en los diez puntos de muestreo, en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia (2).....	164
<b>5.16</b>	Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en los diez puntos de muestreo, en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia (2).....	166
<b>5.17</b>	Sólidos Totales (ST), disueltos (SD) y fijos (SF) promedio, en el río Uribante (Puntos de muestreo 1, 2 y 3), en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia (2).....	175
<b>5.18</b>	Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en el río Uribante (Puntos de muestreo 1, 2 y 3), en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia (2).....	176

## LISTA DE FIGURAS (Cont.)

<b>Figura</b>		<b>Página.</b>
<b>5.19</b>	Sólidos Totales (ST), disueltos (SD) y fijos (SF) promedio, en los ríos Negro (4), Bobo (5), Queniquea (6) y Quinimarí (10), en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia (2).....	179
<b>5.20</b>	Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en los ríos Negro (4), Bobo (5), Queniquea (6) y Quinimarí (10), en las dos temporadas climáticas, estiaje (1) y lluvia(2).....	180
<b>6.1</b>	Municipios presentes en el área de la cuenca del río Uribante.....	186
<b>6.2</b>	Población Total, urbana y rural de los estados Táchira (T) y Mérida (M), según los Censos 1950-2001.....	189
<b>6.3</b>	Mapa de Zonas Protectoras presentes en la cuenca del río Uribante...	208
<b>6.4</b>	Mapa de Capacidad de uso del río Uribante.....	210
<b>6.5</b>	Mapa de Coeficiente de Cultivo.....	216
<b>6.6</b>	Demanda Neta de Riego. Mes Enero.....	219
<b>6.7</b>	Demanda Neta de Riego. Mes Febrero.....	220
<b>6.8</b>	Demanda Neta de Riego. Mes Marzo.....	221
<b>6.9</b>	Embalse La Honda.....	223
<b>7.1</b>	Sitios de Aprovechamiento (MARNR, 1983).....	226
<b>7.2</b>	Sitios de Aprovechamiento. Sitios 1- 5 (MARNR, 1982).....	227
<b>7.3</b>	Sitios de Aprovechamiento. Sitio 6 (MARN, 1982).....	227
<b>7.4</b>	Sitios de Aprovechamiento en la cuenca del río Uribante (Tomado de López, 1982).....	229
<b>7.5</b>	Ubicación de todos los sitios de aprovechamiento reportados por la Bibliografía.....	231
<b>7.6</b>	Toma río Queniquea.....	239
<b>7.7</b>	Toma río Bobo.....	239
<b>7.8</b>	Planta La Bermeja.....	241
<b>7.9</b>	Río San Antonio.....	243

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO

- I Salidas del Programa AJUSTED, utilizadas para la construcción de las Curvas de Duración de Caudales de los ríos presentes en el área de Estudio
- II Caudales medios y mínimos generados en cuencas en estudio, considerando como cuenca patrón el río Uribante en puente Uribante
- III Curvas de Duración de Caudales (caudales medios mensuales) con datos medidos y simulados
- IV Curvas de Duración de Caudales (caudales mínimos mensuales) con datos medidos y simulados
- V Curvas de Duración de Caudales Medios y Mínimos medidos de los ríos Guaraque, Potosí y Quinimarí en las estaciones, El Tambo y río Frío
- VI Resultados de Laboratorio de los análisis de agua realizados en la cuenca del río Uribante.
- VII Resumen de la aplicación de la Prueba de Mann Whitney y Kruskal-Wallis
- VIII Promedio de los parámetros de calidad de agua de los puntos de muestreo seleccionados en la cuenca del río Uribante
- IX Mapas de Demanda Neta de Riego

# **EVALUACION DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES DE LA CUENCA DEL RIO URIBANTE. ESTADOS TÁCHIRA Y MÉRIDA. VENEZUELA**

## **RESUMEN**

El crecimiento demográfico e industrial en Venezuela y la ocupación desordenada de las cuencas hidrográficas, está afectando la disponibilidad de agua en nuestro País. Esto trae como consecuencia la contaminación de las aguas naturales y la disminución de los volúmenes aprovechables. La cuenca del río Uribante no escapa de esta problemática. Esta cuenca se localiza en la región suroeste de los Andes Venezolanos, entre las coordenadas geográficas 07°34' y 08°18' latitud norte y 71°28' y 72°27' longitud oeste. El mayor porcentaje de la cuenca se localiza en el estado Táchira y la restante en el estado Mérida. Ocupa hasta la confluencia del río Chururú, una superficie aproximada de 430.000 ha. En el presente trabajo se evalúa la disponibilidad del recurso agua tanto en cantidad como en calidad, además de la demanda de agua en la cuenca. Las subcuencas de los ríos Molino, Potosí, Quinimarí en Hda. El Tolú, Quinimarí en río Frío y Uribante en las estaciones Sitio de Presa y La Hormiga, se definieron como altas productoras de agua, por unidad de área (caudal unitario superior a 38 l/s/Km<sup>2</sup>) y las subcuencas de los ríos Guaraque, Torbes, Quinimarí en las estaciones El Tambo y Buenos Aires, Uribante en La Honda y Puente Uribante, como bajas productoras de agua. De acuerdo a las actividades susceptibles a degradar la calidad de las aguas y a los análisis de las muestras de calidad de agua, en la cuenca del río en estudio, se definieron cinco categorías de uso: consumo doméstico e industrial, generación de energía hidroeléctrica, áreas bajo riego y desdoblamiento de poluentes. Las subcuencas más afectadas por las descargas de aguas residuales domésticas e industriales son las de los ríos Torbes, Carapo, Quinimarí y la cuenca alta del río Uribante y por uso de biocidas y fertilizantes las subcuencas de los ríos Negro, nacientes del Uribante, Quinimarí, Puya y Pereño. Las ciudades: San Cristóbal, Rubio y Táriba se clasificaron como los principales centros de consumo de agua, presentes en la cuenca, coincidiendo con los de presentar las mayores dotaciones de agua, según HIDROVEN (1997). Las mayores demandas de riego, se presentaron en los meses de enero, febrero y marzo. En el balance disponibilidad- demanda, considerando las demandas poblacionales, riego y ecológica, en la mayoría de las subcuencas los cursos de agua no son capaces de suplir estas demandas. Se recomienda, implementar una Plan de Manejo Integral de Conservación de la cuenca del río Uribante

Palabras claves: Disponibilidad. Calidad. Demanda. Uribante.

# CAPITULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. GENERALIDADES

La cantidad de agua total a nivel mundial está dividida en agua dulce (2,5%) y agua salada (97,5%), constituyendo las aguas superficiales cerca del 1% del agua dulce de nuestro planeta y de este 1% apenas el 1,6% proviene de los ríos. Adicionalmente, el agua subterránea representa el 30% de este 2,5% (World Water Balance and Water Resources of the Earth, UNESCO, 1978). Estas estadísticas nos indican que la disponibilidad de agua superficial es muy poca en comparación con las aguas subterráneas e incluso con respecto al total, sobre todo tomando en cuenta la necesidad de este recurso en las diversas actividades humanas. Todo lo anterior indica la importancia que tiene la determinación de la disponibilidad del recurso agua y la predicción de su ocurrencia, con un cierto nivel de confiabilidad que permita realizar una adecuada planificación y conservación del recurso.

Venezuela, en particular, es un país privilegiado al contar con un gran potencial hídrico, sin embargo presenta dos grandes problemas fundamentales:

- La existencia de un fuerte desequilibrio espacial de disponibilidad de agua, pudiéndose apreciar (COPLANARH, 1970): la Venezuela situada a la margen derecha del río Orinoco, abundante en recursos hídricos e hidráulicos y la Venezuela de la margen izquierda donde, el agua es un recurso relativamente escaso y donde se encuentra ubicada la mayoría de la población, situación ésta que no ha cambiado, por el contrario ha empeorado 30 años después.
- El tratamiento insuficiente o nulo de los efluentes tanto domésticos como industriales y el uso inadecuado de los recursos en las cuencas, trae como consecuencia el deterioro de la calidad del agua.

La cuenca del río Uribante comprendida entre los estados Táchira y Mérida no escapa de esta realidad global del país, ya que sus aguas están siendo afectadas por el crecimiento poblacional, expansión de la frontera agrícola e inadecuado uso que se le ha venido dando a los recursos, trayendo como consecuencia una disminución de la cantidad y calidad de sus aguas y creando conflictos entre el abastecimiento de la población y la generación de hidroelectricidad en los embalses construidos aguas abajo.

Siendo el recurso agua de vital importancia tanto para el desarrollo de una región o país, como para la vida misma, es necesario que sea manejado adecuadamente, lo que implica entre otras cosas, la entrega de los volúmenes de agua

realmente requeridos por los usuarios controlando desperdicios para alcanzar una mayor eficiencia. El primer paso para lograr un buen manejo de este recurso es determinar su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.

## **1.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Las regulaciones en cuanto a la asignación del agua y los derechos de propiedad están contenidas en el Código Civil Venezolano en donde los principios rectores que orientan estos temas son la equidad social y la conservación del agua. Debido a la ausencia de consideraciones relativas a la eficiencia económica en el manejo del recurso se origina una notable limitación de las instituciones rectoras del recurso en el país. La conservación de cuencas ha sido una preocupación constante de las autoridades, sin embargo, la degradación de las mismas refleja el fracaso de los programas de manejo de cuencas y la necesidad de cambiar enfoques de política ambiental.

Las componentes ambientales de la cuenca del río Uribante, están siendo afectadas particularmente, por las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en la cuenca; entre las que destacan: la consolidación de la vialidad, el crecimiento urbanístico y la actividad agrícola intensa, lo que tiende a incrementar la frontera agrícola, si a todo esto sumamos la alta susceptibilidad o fragilidad que tienen los diferentes recursos en la misma, las consecuencias inmediatas y directas de ésta situación se manifiestan en la disminución de la cantidad y calidad del agua para el abastecimiento del Acueducto Regional del Táchira (ART), el cual surte aproximadamente el 70 % de la población de este Estado y del sistema Hidroeléctrico Uribante-Caparo.

Un requisito indispensable para realizar una adecuada planificación del recurso agua, es el conocimiento de la disponibilidad, calidad y los usos futuros de la misma, haciendo posible así, asignar prioridades y jerarquizar los conflictos inherentes al aprovechamiento.

El conocimiento de la disponibilidad del agua, para la adecuada planificación de la cuenca, permitirá a los entes oficiales responsables diseñar, impulsar y administrar políticas y estrategias de conservación ambiental para coordinar un plan integral de manejo de la cuenca del río Uribante.

Este proyecto plantea como punto central la determinación de la situación actual y futura del recurso agua a través del estudio de los volúmenes aprovechables,

las demandas actuales y futuras y la relación disponibilidad-demanda en cuanto a calidad y cantidad, en función de las características físico-químicas de las aguas de los principales afluentes y su relación con los usos asociados y la determinación de los niveles de conflicto a nivel espacial que se puedan presentar en la cuenca del río Uribante.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

Evaluar la situación actual y futura del recurso agua en la cuenca del río Uribante.

#### **1.3.2. Específicos**

- Determinar y evaluar los volúmenes aprovechables actuales y futuros en la cuenca en base a la información existente.
- Determinar las demandas actuales y las posibles demandas futuras de agua.
- Evaluar las características físico - químicas de las aguas de los principales tributarios de la cuenca del río Uribante y analizar las posibles relaciones de las características con respecto a los usos asociados.
- Analizar la relación Disponibilidad - Demanda en la cuenca, en forma integral incluyendo calidad y cantidad.

### **1.4. METODOLOGÍA**

De acuerdo con los objetivos formulados en este trabajo, el esquema metodológico seguido fue el siguiente:

#### **1.4.1. Recopilación de la información básica existente**

Para cumplir con estas actividades se visitaron las siguientes instituciones: Desarrollo Uribante Caparo (DESURCA), Hidrológica del Suroeste (HIDROSUROESTE), Universidad de los Andes (ULA), Centro Interamericano de

Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Corporación de los Andes (CORPOANDES), Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN), Instituto Nacional de Estadística (INE) y las Alcaldías de los Municipios presentes en el área de estudio, a fines de recopilar la información a utilizar. La información recopilada fue del siguiente tipo:

- **Bibliográfica.** Se recopiló la información bibliográfica, en las instituciones antes mencionadas, sobre las condiciones naturales de la cuenca del río Uribante, relacionada con los aspectos de calidad, disponibilidad y demanda de agua. Con respecto a la información sobre calidad del agua, se ubicaron los registros sobre caracterizaciones de los cursos de agua, programas de monitoreo y usos del recurso.

Para determinar la disponibilidad de agua en cuanto a cantidad en la cuenca, se ubicaron estudios y proyectos existentes, relacionados con la información climática; precipitación y evaporación y fluviométrica; caudales máximos, mínimos y medios. Finalmente, con respecto a la información sobre demandas de agua se recopiló la información referente a la población asentada en la cuenca tanto actual como las proyecciones elaboradas por el INE.

- **Cartográfica.** Se utilizó como mapa base el correspondiente a la cuenca del río Uribante, con la información de hidrografía, centros poblados, sitios de aprovechamiento, curvas de nivel y los límites de municipios, a escala 1:100.000 del Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar". En la Tabla 1.1, se presentan las cartas que cubren la cuenca. La información fue útil para delimitar las diferentes subcuencas presentes en el área de estudio y obtener el porcentaje de área de los municipios dentro de la cuenca.

**Tabla 1.1.** Cartas utilizadas para la elaboración del mapa base.

N° de la Hoja	Nombre	Año de Publicación
5738	Santa Ana	1976
5739	San Cristóbal	1977
5740	San Juan de Colón	1975
5838	Abejales	1983
5839	San José de Bolívar	1976
5840	La Grita	1976
5940	Libertad	1976

Fuente: Instituto Geográfico de Venezuela "Simón Bolívar".

- **Visitas de campo.** Las visitas de campo se realizaron para verificar y actualizar en algunos casos la información básica que se tenía de la cuenca. Para cumplir este objetivo se realizaron recorridos por el área de estudio aplicándose listas de verificación (Apéndice A) para la recolección de datos. Algunas de las variables actualizadas corresponden al grado y tipo de intervención de las cuencas, las características de los principales cursos de agua, las descargas de efluentes líquidos y sólidos de origen diverso, tipo de cultivos predominantes, distancia de los cultivos a los cursos de agua, centros poblados, industrias y actividades agropecuarias. Además, se actualizó información de las fuentes usadas para abastecimiento urbano y agrícola, demandas de agua, aducciones, obras de regulación y estado de las aducciones en los dieciséis (16) municipios presentes en el área de estudio, entre otras.

Con la intención de documentar los reconocimientos de campo ejecutados, se tomaron fotografías representativas del grado de intervención del paisaje, las cuales se muestran en el Apéndice B.

#### 1.4.2. Determinación de la Disponibilidad (Cantidad) de agua en la cuenca

En este punto se elaboró el mapa de disponibilidad en cuanto a cantidad de las aguas de la cuenca del río Uribante. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

- **Determinación de la red hidrológica de la cuenca con la delimitación de las microcuencas y la ubicación de zonas con nacientes de agua.** Con ayuda del material cartográfico disponible a escala 1:100.000 obtenidas del Instituto Cartográfico “Simón Bolívar” y de las imágenes de sensores remotos presentes en el centro cartográfico de la UNELLEZ – Guanare, conjuntamente con los chequeos de campo, se procedió a definir las quebradas y ríos con el fin de actualizar y digitalizar la red hidrográfica de la cuenca del río Uribante y sus microcuencas. Esta delimitación se realizó tomando en cuenta los límites naturales de la cuenca o divisorias de agua. Esta información fue digitalizada para servir de material base a estudios posteriores.
- **Determinación de las características relevantes de los ríos principales estudiados.** Esta información se obtuvo a partir de los chequeos de campo, revisión bibliográfica, información cartográfica existente y consultas a instituciones relacionadas con la gestión del agua (HIDROANDES, HIDROSUROESTE, MARN, DESURCA, CIDIAT, ULA, UNET, entre otros) la cual se usó como insumo en las tablas de atributos de las cuencas y ríos mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

- **Recopilación de la Información Hidroclimática.** La información hidroclimática se obtuvo por medio de la base de datos del MARN, institución que administra todas las estaciones ubicadas en el área que engloba la cuenca del río Uribante. Esta área está comprendida entre las coordenadas 07° 20' y 08° 30' de latitud norte y 71° 20' y 72° 30' de longitud este. Se utilizó el reporte del archivo maestro de esta base de datos del MARN, que contiene información sobre las estaciones medidoras de precipitación, ya sea pluviométricas o pluviográficas y estaciones medidoras de escorrentía.

Se elaboró un diagrama de barra de los años de registros de cada una de las estaciones de precipitación, evaporación y escorrentía con la finalidad de obtener una visión general de los períodos de registros de todas las estaciones y poder seleccionar las más representativas del área, usando criterios como el período de registros y el número de años con vacíos de información dentro de los registros. Con la información básica de precipitación y evaporación se seleccionaron las estaciones a usar para construir el mapa isoyético y de isopleas respectivamente.

- **Análisis de Volúmenes Escurridos en los sitios de interés.** Con la información de escorrentía disponible de algunas subcuencas, se elaboraron curvas de duración de caudales, utilizando el Programa AJUSTE (Duque, 2002). Y para aquellas, que no contaban con información hidrométrica, los valores de las descargas de los flujos medios se determinaron mediante métodos basados en análisis estadísticos, en sitios con información y trasponiendo estos valores al sitio donde no existían mediciones. La metodología empleada consistió en trasponer la curva de duración de caudales en la estación patrón a la cuenca de estudio.

#### 1.4.3. Determinación de la Calidad de agua en la cuenca

El análisis de la calidad de las aguas en la cuenca del río Uribante se realizó en base a las actividades susceptibles de degradar la calidad del agua y las características físico-químicas de las mismas. Para la implementación de programas de control de la contaminación de las aguas, es necesario primero realizar un inventario de las fuentes de contaminación y de los usos de los cuerpos de agua dentro de cada cuenca en particular.

Por esta razón, el inventario de las fuentes de contaminación se hizo a partir de una encuesta sobre los principales cursos de agua que están siendo utilizados, con el fin de recabar información básica sobre las diferentes descargas y tipos de aprovechamientos. El conocimiento de los usos actuales y potenciales permitió definir los puntos de muestreo para posteriormente proveer una base para establecer la

clasificación de los cuerpos de agua. La etapa de caracterización físico - química fue ejecutada bajo los siguientes lineamientos:

- **Selección de los Puntos de Muestreos.** Una vez revisada la información básica disponible de calidad de agua y evaluada la recolectada en campo se determinaron los principales usos y efluentes residuales, tanto domésticos como industriales y agrícolas en la cuenca, a partir de los cuales se procedió a seleccionar los puntos donde se realizarían los muestreos, tomando en cuenta los siguientes criterios:
  - a. Puntos de descargas de las aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas considerados como los principales responsables de la contaminación de las aguas del río Uribante.
  - b. Principales puntos de captación para abastecimiento de los usos urbano, industrial y agrícola.
  - c. Facilidad de acceso para la captación de las muestras.
  - d. Sitios representativos de la problemática: sitios que aunque no caen en las categorías anteriores por alguna razón se considera importante tener información sobre los mismos.

La ubicación de los puntos de muestreo se realizó en función del diagnóstico realizado a la cuenca en estudio. Además, se tomó en cuenta el uso que presentaba cada subcuenca tanto aguas arriba como aguas abajo del punto de muestreo.

- **Cronograma y cantidad de muestreos.** Debido a que las características físico-químicas de las aguas superficiales varían en función de la época climática, el cronograma de muestreo se fijó tomando en cuenta la temporada de estiaje y lluvia, por lo que se utilizó la información reportada por el MARN, de estaciones medidoras de precipitación ubicadas en las cuencas de interés. El tipo de muestra seleccionada, fue la denominada muestra compuesta.
- **Selección de parámetros a determinar.** Para esta selección se tomaron en cuenta las fuentes contaminantes que afectan al río Uribante. Una vez conocidas las fuentes, se seleccionaron aquellos parámetros que permiten medir la calidad del agua contenida en el cuerpo receptor en lo que respecta a las características físico - químicas del río y el grado de contaminación del mismo.

- **Preservación de las Muestras y Determinación de los parámetros de Calidad de Agua.** Una vez recolectadas las muestras fue necesario preservarlas para evitar cambios físicos y químicos, que pudieran alterar el equilibrio dinámico de las mismas, conduciendo a un error en la investigación. Las muestras de este trabajo fueron preservadas siguiendo las recomendaciones establecidas en el Standard Methods for Examination of Water and Wastes (1995). Además, los parámetros como: oxígeno disuelto, acidez, alcalinidad, pH, temperatura y conductividad eléctrica se determinaron directamente en el campo y se realizaron dos mediciones: una a las 6:00 a.m., al inicio del muestreo y otra a las 6:00 p.m., al final del muestreo.

Durante la Etapa de Laboratorio, la evaluación de los parámetros de calidad de agua, en las unidades de muestreo seleccionadas, fueron analizadas mediante la aplicación de la metodología establecida en el Standard Methods for Examination of Water and Wastes (1995), la cual es una metodología aceptada nacional y mundialmente para el análisis de aguas naturales y aguas residuales. La determinación de estos parámetros, fue realizada por el Laboratorio de Calidad de agua de la UNELLEZ-Guanare, el cual se encargó del procesamiento y análisis de las muestras de agua.

- **Variación de la calidad del agua a lo largo del tiempo en las cuencas con registros.** Se elaboró en base a la información suministrada por el MARN (Zona 18) y la generada en este estudio. El objetivo fue investigar si se producían variaciones en el tiempo en los diferentes parámetros de calidad de agua en los ríos que presentaban registros.
- **Análisis estadístico de los datos de calidad de agua.** Los resultados de los análisis de las muestras de agua tomadas en la cuenca del río Uribante fueron analizados mediante pruebas no paramétricas ya que no fue posible aplicar métodos paramétricos, dado que no se cumplieran los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Las pruebas no paramétricas aplicadas fueron las siguientes: Prueba de U de Mann – Whitney, la Prueba H de Kruskal – Wallis y en el caso de que los resultados de las anteriores resultaran significativos, la Prueba MDS (mínima diferencia significativa) de Rango.

#### 1.4.4. Evaluación de la demanda de agua en la cuenca

La estimación de la demanda de agua para uso urbano en la cuenca se realizó usando las proyecciones de crecimiento poblacional de OCEI (2000), las cuales fueron realizadas tomando como base el Censo 90.

Se plantearon tres escenarios de dotaciones posibles en este estudio; una fija de 250 litros/persona/día (OMS, S/F), las dotaciones específicas para cada población según HIDROVEN (1997) y la dotación promedio de 580 l/hab/día, reportada por HsO (2005), esta última calculada en función del agua producida entre el total de suscriptores. Esta información permitió comparar la influencia de la conservación del agua por parte de la población presente en la cuenca, en el balance de disponibilidad.

A los fines del estudio, se estimó la demanda actual de riego en función de las zonas agrícolas que presentaban mayor uso de riego y de los cultivos que allí predominaban, utilizando la información reportada por el Inventario de Sistemas de Riego, por Municipio del año 2003, el I Censo Agrario del Estado Táchira de 1997 y la información reportada por la Unidad Estatal de Desarrollo Agropecuario (UEDA) del estado Táchira y Mérida. Finalmente, se analizó la información del Uso Actual y Potencial de la cuenca del Uribante, elaborado por BIOCENRO (1999), para estimar una demanda potencial de agua para riego.

Para el cálculo de la demanda ecológica se adoptó el 10 % del caudal medio de cada uno de los ríos presentes en la cuenca del Uribante.

La demanda para uso hidroeléctrico, no fue considerada por ser un uso no consuntivo del recurso agua, aunque se reconoce que es un uso comprometido, por lo que se consideró importante realizar una descripción de la producción de energía eléctrica en función de los niveles del embalse Dr. "Leonardo Ruiz Pineda".

#### **1.4.5. Balance Disponibilidad – Demanda**

Se analizaron las subcuencas en estudio, la distribución de los volúmenes de agua en lo que respecta a las disponibilidades y a las demandas existentes, se realizó una comparación entre los volúmenes potencialmente aprovechables y la demanda total. Además, se complementó la información de disponibilidad con las características de calidad de agua de cada subcuenca en función del uso que se le da al recurso. Finalmente, se clasificó cada subcuenca, de acuerdo con los resultados en la situación actual y en el umbral de planificación, de acuerdo a las categorías siguientes:

- **Sin conflictos de agua:** Cuando los volúmenes potencialmente aprovechables resulten mayores que la demanda total, pudiéndose presentar los siguientes casos:

**Con disponibilidad excedentaria,** cuando en el umbral considerado los volúmenes potencialmente aprovechables resultan significativamente mayores que las demandas totales.

**Con disponibilidad suficiente**, cuando en el umbral considerado cuentan con volúmenes potencialmente aprovechables mayores que los volúmenes demandados.

- **En situación de conflictos:** Se presenta cuando los volúmenes potencialmente aprovechables son menores que la demanda total por lo que se requiere considerar la posibilidad de realizar transferencias de agua desde cuencas vecinas, según las siguientes situaciones:

**Con restricciones de disponibilidad**, cuando no se cuenta con volúmenes potenciales suficientes para satisfacer las demandas totales, pero existen transferencias comprometidas o propuestas, desde subregiones vecinas que permiten suplir el déficit.

**Con severas restricciones de disponibilidad**, cuando no se cuenta con volúmenes potencialmente aprovechables para satisfacer las demandas existentes y no se cuenta con posibilidades de realizar transferencias desde subregiones vecinas.

**Con extremas restricciones de disponibilidad**, cuando en el umbral considerado no cuenta con volúmenes potencialmente aprovechables para satisfacer la demanda y en la actualidad el agua en fuente no supe la demanda.

## CAPITULO 2

### DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO Y ANTECEDENTES

En este capítulo se explica, de manera resumida, en un primer aparte, la descripción del área de estudio, desde su localización hasta los factores físicos, ambientales, biológicos y socioeconómicos. Posteriormente, se explica cada uno de los estudios existentes sobre disponibilidad-demanda y calidad de agua en la cuenca del río Uribante. Además, se señala el Marco Legal e Institucional referente al recurso agua en nuestro país.

#### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 2.1.1. Localización y Área de la Cuenca

- **Localización Geográfica y Área**

La cuenca del río Uribante se encuentra ubicada al suroeste de Los Andes Venezolanos, en la vertiente que drena hacia los llanos occidentales de Venezuela. Está localizada entre las coordenadas geográficas 07° 23' 07'' y 08° 18' 11'' latitud norte y 71° 28' 35'' y 72° 26' 08'' longitud oeste. Abarca una superficie aproximada, hasta la confluencia con el río Chururú, de 443.254 Ha. (Figura 2.1)

- **Localización Política**

La cuenca del río Uribante, se encuentra ubicada en su mayor parte en el estado Táchira, el cual está localizado en el extremo Sur-Occidental de Venezuela, limita al Norte con el estado Zulia, al Sur con el estado Apure, al Oeste con la República de Colombia y al Este con los estados Mérida y Barinas. Otra pequeña área se encuentra ubicada en el estado Mérida.

La zona de estudio abarca los municipios: Andrés Bello, Cárdenas, Córdoba, Fernández Feo, Guásimos, Independencia, Junín, Francisco de Miranda, San Cristóbal, Sucre, Torbes, Libertad, José María Vargas que pertenecen al estado Táchira y los municipios Arzobispo Chacón y Guaraque que se encuentran en el estado Mérida.

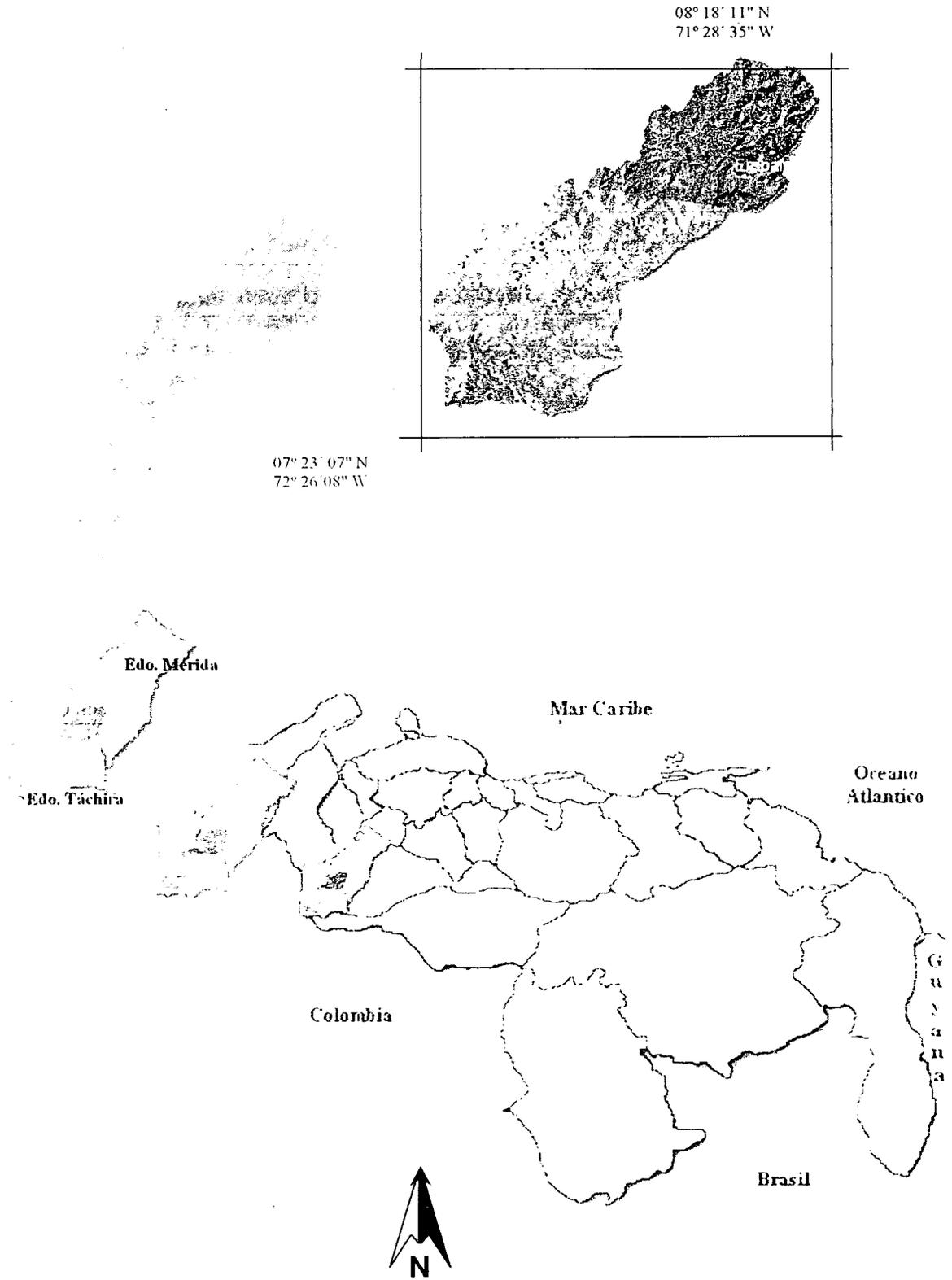


Figura 2.1. Ubicación Relativa y Política de la cuenca del río Uribante.

## 2.1.2. Factores Físico-Ambientales

- **Clima**

En la cuenca del río Uribante se presentan diferentes condiciones climáticas como consecuencia de las variaciones topográficas. Según la metodología de Koeppen, el clima Tropical Lluvioso de Bosque predomina en la zona de piedemonte y en la depresión del Táchira; mientras que en la región del Tamá, al igual que en el parque Nacional Páramo del Batallón y La Negra, predomina el clima Tropical de Selva, llegando incluso hasta el clima tropical Paramero.

En general, la temperatura promedio anual oscila entre los 18 °C y los 27 °C, según la zona, al igual que la precipitación, que con su forma unimodal presenta un valor medio mensual cercano a los 150 mm, alcanzando valores máximos de hasta 500 mm en la temporada de lluvias.

- **Hidrología**

El río Uribante nace en el páramo de Viriguaca. Según CIDIAT (1984), presenta un recorrido que se orienta en dirección noreste-suroeste, en la que incluye una gran cantidad de quebradas y ríos, que se pudieran sectorizar en tres grandes áreas de la cuenca (Figura 2.2).

**Cuenca alta:** Constituida por las subcuencas de los ríos Negro, Puya y las nacientes del río Uribante.

**Cuenca media:** Conformada por el tramo que va desde la subcuenca del río Tenegá, hasta la confluencia del Uribante con el río Pereño.

**Cuenca baja:** Formada por el tramo aguas abajo de la confluencia del río Uribante con el Pereño, hasta la intersección de los ríos Uribante y Chururú, en el municipio Fernández Feo del estado Táchira.

El aporte de agua de la cuenca en estudio, es de  $8.354 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año aproximadamente y entre sus principales usos se destaca la generación de energía hidroeléctrica, a través del embalse La Honda (García, 1997). Este embalse se encuentra dentro del proyecto Uribante – Caparo.

El aprovechamiento del recurso agua para el consumo humano e industrial, se realiza a través del Acueducto Regional del Táchira y los acueductos rurales, surtiendo aproximadamente el 70 % de los habitantes del estado. Por otra parte, es importante

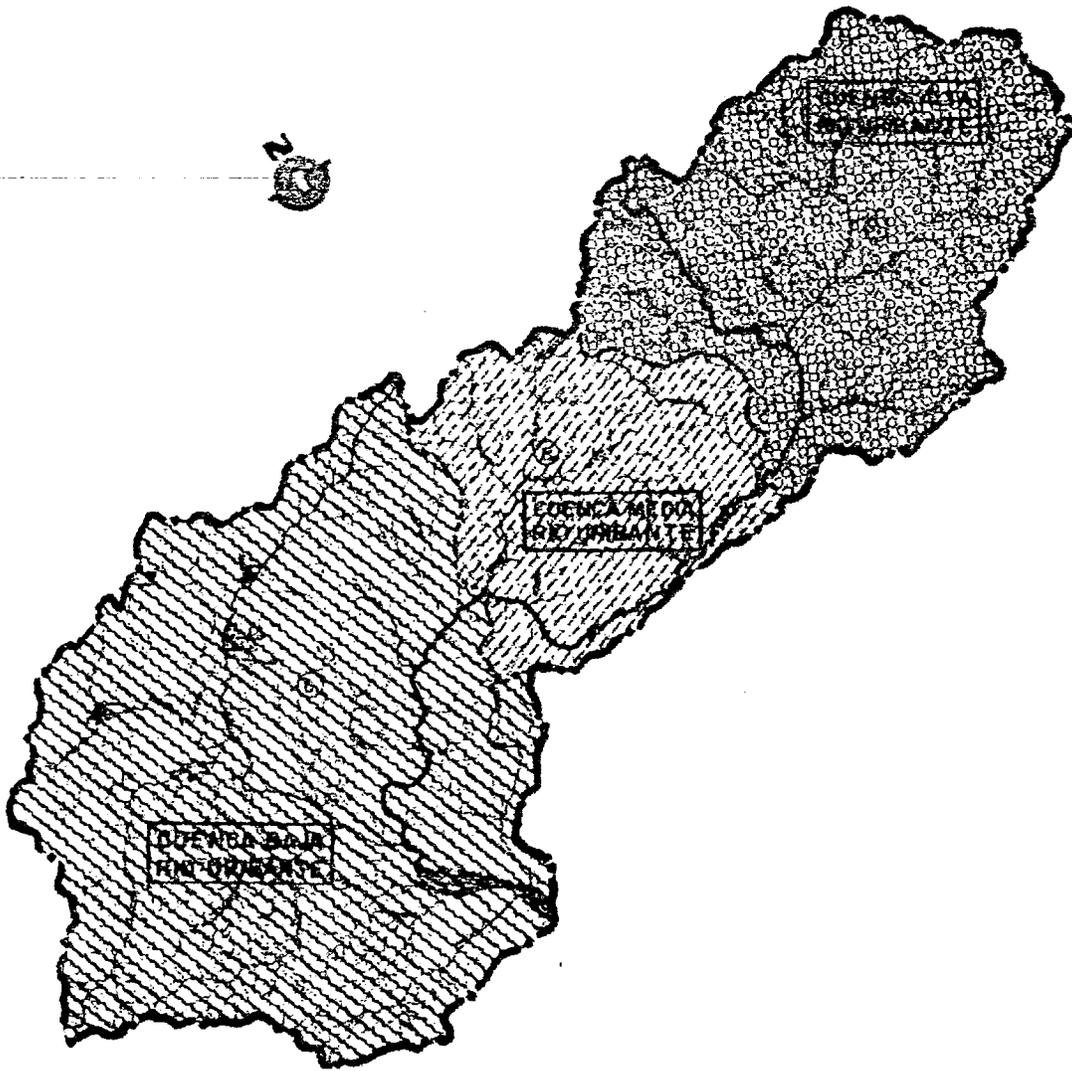


Figura 2.2. Sectorización de la cuenca del río Uribante (CIDIAT, 1984).

mencionar, el aporte de agua de esta cuenca para las actividades agrícolas y ganaderas que se encuentran ampliamente distribuidas en la zona.

En general, el estado Táchira no presenta características importantes en cuanto a recursos aprovechables de agua subterránea, ciertas áreas indican condiciones hidrogeológicas susceptibles de ser desarrolladas en distintos grado (García, 1997).

- **Geomorfología**

Según BioCentro (1999), en líneas generales, la cuenca presenta un relieve típico de montaña, característico de la cordillera de los Andes Venezolanos y que se define principalmente en dos tipos de paisajes: Paisaje de Montaña y Paisaje de Piedemonte (Figura 2.3).

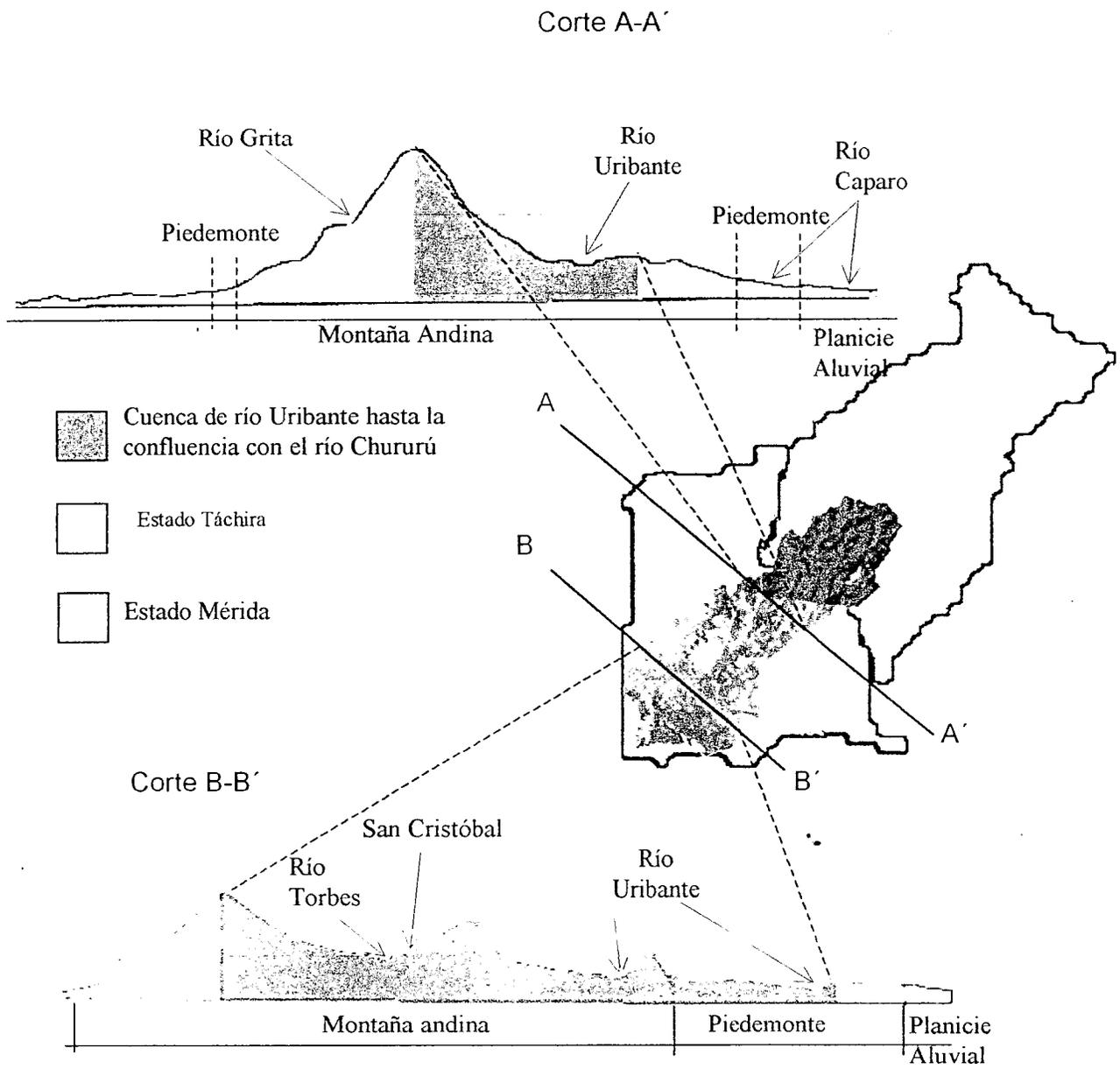
**Paisaje de Montaña:** Caracterizado por un relieve accidentado con fuertes pendientes y alturas que van desde 500 msnm hasta los 3.800 msnm, se destaca el uso de los valles intermontanos para el aprovechamiento agrícola y el establecimiento de centros poblados. Dentro de la cuenca, los puntos más altos se ubican en la región del Tamá, donde se alcanzan alturas promedio a 2.500 msnm, igualmente en el Parque Nacional Páramos Batallón y La Negra, las alturas están por encima de los 3.500 msnm. La zona que comunica a la región del Tamá con el Parque Nacional Páramos Batallón y La Negra, es conocida como la depresión del Táchira, allí, la altura oscila entre los 500 y 1.000 msnm, y es aquí, en esta área de la cuenca, donde se localizan los principales centros poblados del Estado como son: San Cristóbal, Tariba y Rubio.

**Paisaje de Piedemonte:** Este paisaje se encuentra ubicado al sur del estado Táchira y representa una pequeña porción del área de estudio, la cual se ubica cercana a la confluencia de los ríos Uribante y Chururú. Se caracteriza por ser la transición entre el sector montañoso y la llanura aluvial, con alturas inferiores a 500 msnm y donde hay predominancia de colinas bajas, terrazas y conos generalmente basculados con un relieve de plano a quebrado.

- **Susceptibilidad Geomorfológica**

Según BioCentro (1999), el área de estudio presenta cinco rangos de Susceptibilidad Geomorfológica previamente definidos (Tabla 2.1).

En la Figura 2.4, se muestra el mapa de Susceptibilidad Geomorfológica de la cuenca del río Uribante (BioCentro, 1999), donde se observa de manera espacial donde se ubican las cinco zonas de susceptibilidad geomorfológica presentes en la cuenca en estudio.



Fuente: Atlas del Estado Táchira (MARNR, 1986)

**Figura 2.3.** Perfil de dos cortes transversales de la cuenca del río Uribante.

**Tabla 2.1** Rangos de Susceptibilidad Geomorfológica para la cuenca del río Uribante.

Rango de Susceptibilidad	Superficie (Ha.)	Porcentaje (%)
Muy Alta	264.704,12	59,72
Alta	105.048,35	23,70
Media	32.489,64	7,33
Baja	18.837,79	4,25
Muy Baja	22.162,10	5,00
TOTAL	443.242,00	100,00

Fuente: BioCentro (1999).

Las cinco zonas de susceptibilidad geomorfológica definidas por BioCentro (1999) presentes en la cuenca en estudio, se definen a continuación:

**Muy Alta Susceptibilidad Geomorfológica** se presenta en grandes manchas continuas que cubren un alto porcentaje de la superficie de la cuenca. Como tal, está presente en la mayoría de los Municipios que se ubican dentro del área de estudio. Entre los sectores que presentan esta condición se encuentran los Parques Nacionales El Tamá, Chorro del Indio y Páramos El Batallón y La Negra. Además, circunda al sector del embalse La Honda y el poblado de Pregonero. Esta condición determina localidades muy problemáticas desde el punto de vista ambiental, como es la denominada Cárcava de San José.

**Alta Susceptibilidad Geomorfológica** están dispersas en la cuenca, y se encuentran definiendo algunos sectores dentro del parque El Tamá. Además, ocupan una amplia superficie en el sector ubicado entre las localidades de Independencia, San Cristóbal y Rubio.

**Media Susceptibilidad Geomorfológica** están dispersas en pequeños sectores a lo largo de la cuenca. Ocupan amplias manchas entre San Cristóbal y Rubio (sector oeste de la cuenca). También se encuentran en áreas que actualmente están bajo uso urbano, como Pregonero, La Florida, Libertad e Independencia.

**Baja Susceptibilidad Geomorfológica** están muy sectorizados, encontrándose principalmente en la parte baja de la cuenca, donde están importantes asentamientos urbanos e industriales, como es el caso de San Cristóbal y Táriba. También se encuentran en los alrededores de Rubio y en algunas vegas de los ríos Uribante y Quinimarí.



**Muy Baja Susceptibilidad Geomorfológica** se encuentran exclusivamente en el sector bajo de la cuenca. Las mayores superficies con esta condición se ubican a ambos márgenes del río Uribante, luego de su intersección con el río Quinimarí, en Rubio y Santa Ana. También se encuentran algunas vegas de los ríos Uribante y Quinimarí.

- **Geología**

La geología del área de la cuenca del río Uribante presenta una alta variedad litológica, pertenecientes a distintas eras geológicas. Los materiales presentan un avanzado grado de alteración y fracturamiento, por lo que la dinámica morfogenética es bastante activa. Predominan procesos de escurrimiento generalizados y movimientos en masa en sectores completamente localizados. Existen formaciones rocosas de diferentes edades, predominando las siguientes formaciones: del Triásico (La Quinta), del Cretácico Inferior (río Negro, Apon y Aguardiente), del Cretácico Medio (Escandalosa) y otras formaciones de menor extensión entre las que destacan las del Cretácico Superior (Capacho, La Luna, Navay y Colón) e igualmente del Cuaternario (Aluviones) (Palencia, 1988).

La alta inestabilidad de la formación conocida como La Quinta, unida a la eliminación de cobertura vegetal, hace que esta aporte una gran cantidad de sedimentos a la cuenca del río Uribante. Esta formación está constituida por conglomerados, arenisca, lutitas, limolitas y rocas calcáreas, de los cuales algunos de sus componentes le confieren al agua una coloración rojiza en épocas de grandes crecidas del río Uribante. La formación río Negro también es inestable, consistiendo en su mayor parte de areniscas. La formación Aguardiente está formada por areniscas de granos finos a medios bien cementados, y lutitas de color gris (Useche, 1986). Las demás formaciones aportan poco sedimentos.

### **2.1.3. Factores Biológicos**

- **Vegetación**

Según BioCentro (1999), de las 443.242 Ha. de superficie que comprende la extensión de la cuenca del río Uribante, 158.259 Ha (35,7 %) se encuentran cubiertas por una variedad de comunidades vegetales naturales, las cuales representan un aporte de alta importancia para la conservación de los recursos naturales de la región. Las fuentes de agua para las comunidades adyacentes y el conjunto de aspectos de la biodiversidad tal como el complejo flora-fauna, figuran entre los elementos de mayor urgencia para un manejo eficiente e integral y para su conservación.

Dentro de la superficie cubierta por las mencionadas comunidades naturales de la cuenca del río Uribante, se encuentran por lo menos nueve comunidades vegetales distintas, de las cuales seis son bosques naturales que representan 76,47% (121.017 Ha.), de esta cobertura boscosa, se estima que alrededor de 104.047 Ha. se encuentran sobre las cuencas media - altas entre 1.000 - 2.700 msnm, ocupando las extensiones de las vertientes y quebradas, las cuales están directamente involucradas en la dinámica de las fuentes que regulan la formación y surtido de los manantiales naturales de agua y el nacimiento de las fuentes de agua para el consumo humano. A continuación se caracterizan las principales comunidades vegetales presentes en la cuenca:

**El bosque húmedo tropical (BHT).** Los bosques húmedos tropicales se encuentran en las partes bajas, aproximadamente entre 150 - 600 msnm., en todo el estado Táchira. En la cuenca del río Uribante, estos bosques quedan prácticamente eliminados por las diversas actividades del hombre, permaneciendo sólo relictos que suman algunas 4.145 Ha. o 2,62% de toda la cobertura vegetal de la cuenca. La mayor conservación del BHT en la cuenca se encuentra en las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), como el P.N. El Tamá; sobre todo, en los bordes y vertientes de las lomas adyacentes entre 300 - 650 msnm.

**Los bosques húmedos o muy húmedos premontanos (BMHPr)** se encuentran dispersos relictos sobre sectores no aptos para el desarrollo de las actividades agro-pecuarias o siembras de cultivos tradicionales para condiciones húmedas, entre los 600 -1.500 msnm. No obstante, y quizás gracias a la existencia de los Parques Nacionales El Tamá y Chorro del Indio, además de la escarpada topografía montañosa en las partes medio-altas de la cuenca con numerosas microcuencas, caracterizadas por sus vertientes escarpadas que inhibe las actividades rentables del hombre, las recientes imágenes de satélite han indicado más de 25.100 Ha. bajo este tipo de cobertura, o 15,88 % de toda la cobertura vegetal de la cuenca del río Uribante.

**El bosque húmedo montano bajo (BHMB):** Estos bosques deben ocupar una franja altitudinal que oscila aproximadamente entre los 1.500 - 2.000 msnm., pero en la cuenca del Uribante, como en el resto del estado Táchira, quedan como pequeños y dispersos remanentes, ubicados, principalmente, en quebradas con vertientes fuertes que no favorecen el desarrollo de ningún tipo de actividad agropecuaria. Las mayores extensiones de estos bosques en la cuenca han sobrevivido gracias a los parques nacionales El Tamá, Chorro del Indio y Páramos El Batallón y La Negra, los cuales actualmente conservan alrededor de 33.294 Ha., o casi 21,04% de la cobertura total vegetal sobre la Cuenca.

**El bosque seco siempreverde montano bajo (BSSvMB):** Los remanentes y relictos del bosque seco siempreverde montano bajo (BSSvMB) se ubican, principalmente, sobre las lomas de las zonas áridas de la cuenca alta del Uribante,

hacia el oeste - noroeste de la ciudad de San Cristóbal, y hacia la República de Colombia, entre unos 1.600 - 2.000 msnm.

**El bosque húmedo montano alto (nublado) (BHMA):** En la cuenca del Uribante, los BHMA aún se mantienen con una cobertura relativamente amplia (más de 48.997 Ha., o casi 31% de la cobertura total de la vegetación de la cuenca), lo que significa la mayor cobertura entre todas las demás formaciones vegetales definidas.

**El bosque paramero (BP).** El BP tiene una cobertura dentro de la cuenca del río Uribante de aproximadamente 8.357 Ha. ó 5,28% de la cobertura vegetal total. Las plantas epifitas son muy escasas, pero existen lianas y, sobre todo, una gran abundancia de musgos, de manera que cubren todo por completo, hasta las ramas más pequeñas de los arbolitos y arbustos.

**Los páramos (P).** La zona paramera de la cuenca del Uribante cubre 11.160 Ha. ó 7,05% de la cobertura total vegetal. El páramo andino se caracteriza por su vegetación rosetal y rosetal-arbustal, de 0,3 - 1,5 m de alto, pero en agregaciones, con manchas abiertas de gramíneas y hierbas-sufrútices en rosetas.

**La sabana andina (SA).** La sabana andina de la cuenca alta del río Uribante cubre un área estimada de 8.573 Ha. o 5,42% de la cobertura total vegetal de la cuenca

**Herbazales y matorrales (H) (Mt):** Estas áreas cubren aproximadamente 715 Ha. o apenas 0,45% de la cobertura total vegetal de la cuenca.

- **Recurso Fauna**

La fauna que conforma el área de estudio es muy variada y extensa (MARNR, 1992). Entre las especies características de la mastofauna, se encuentran: el oso frontino (*Tremarctos ornatus*), la danta o tapir (*Tapirus terrestris*), el cunaguaro (*Leopardus pardalis*), la lapa paramera (*Agouti taczanowskii*), el oso hormiguero (*Tamandua tetractyla*), el ratón acuático (*Daptomys mussoi*), el coati andino (*Nasuella olivacea meridensis*), dos especies de venados (*Mazama americana* y *M. briceni*), entre otras. Por su lado, la avifauna presenta algunas especies como: el gallito de la Sierra (*Rupicola peruviana*), el paují copete de piedra (*Pauxi pauxi*), el pato de torrente (*Merganetta armata colombiana*) y la paloma gargantilla (*Columba fasciata*). Mientras que en la herpetofauna se distinguen algunos taxos como: el sapito del tamá (*Atelopus tamaense*), rana marsupial (*Gastroteca helenae*) y la lagartija de Tamá (*Anadia pamplonensis*). Es importante resaltar que entre estas especies existen algunas que se encuentran en peligro de extinción, tal es el caso del oso frontino, el sapito del Tamá, el paují copete de piedra y otras cuyo status poblacional está amenazado, como lo son el cunaguaro y la danta.

#### **2.1.4.- Factores Socio-Económicos**

- ***Uso de la tierra***

El uso actual de la tierra dentro de la cuenca del río Uribante se comporta de forma similar al uso que se le da en el resto del estado Táchira, lo que significa que mantiene la tendencia pecuaria, más que la agrícola, siendo predominante la producción de ganado de doble propósito (carne, leche). El sector agrícola está representado por la horticultura, en los pisos de mayor altura, y por las plantaciones de café y caña de azúcar en la zona media y baja de la cuenca (MARNR, 1986).

La producción pecuaria se basa en la ganadería de doble propósito, siendo este sistema de explotación el de mayor extensión en la región, ya que ocupa más del 50% de las tierras utilizadas en las actividades agropecuarias y orientado básicamente hacia la producción de leche y carne para la agroindustria y en menor grado para el autoconsumo (MARNR, 1986).

Debido a la fisiografía, condiciones climáticas y la calidad de los suelos, la cuenca del río Uribante presenta un alto potencial agrícola, evidenciado por la presencia de una gran variedad de rubros agrícolas, con cultivos permanentes (frutales), cultivo de ciclo corto (maíz, arroz), hortalizas (cebolla, pimentón) entre otros con menor superficie sembrada. En la montaña, la agricultura está representada por cultivos tales como papa, zanahoria, cebolla, ajo, pimentón, calabacín, caraota y apio, sembrados bajo los sistemas de labranza tradicional, que en algunos casos, unidos a la inestabilidad del material litológico, incrementan el proceso erosivo de los suelos.

- ***Demografía***

La cuenca del río Uribante abarca catorce (14) Municipios del estado Táchira y parte de los municipios Arzobispo Chacón y Guaraque del estado Mérida. Según, el Censo 2001, el número de habitantes de los Municipios presentes en la cuenca del estado Táchira era de 659.970 y de 22.313 para los del estado Mérida.

La mayor concentración demográfica del estado Táchira, se ubica en el municipio San Cristóbal, que junto a los municipios Cárdenas y Junín, poseen el mayor número de habitantes de la cuenca, tal y como se aprecia en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Números de habitantes de los Municipios ubicados dentro del área de la cuenca del río Uribante.

ESTADO	MUNICIPIO	TOTAL (2001)
TACHIRA	Andrés Bello	16.474
	Cárdenas	94.178
	Córdoba	26.475
	Fernández Feo	34.176
	Francisco de Miranda	3.632
	Guásimos	32.545
	Independencia	29.760
	José María Vargas	8.038
	Junín	68.509
	Libertad	23.670
	San Cristóbal	250.307
	Torbes	42.197
	Sucre	8.189
	Uribante	21.820
<b>Total estado Táchira</b>	<b>659.970</b>	
MERIDA	Arzobispo Chacón	13.868
	Guaraque	8.445
	<b>Total estado Mérida</b>	<b>22.313</b>

Fuente: INE, 2002.

### 2.1.5.- Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE)

En el área de estudio existen tres Parques Nacionales: (a) Chorro El Indio (10.800 Ha.), (b) El Tamá (139.000 Ha.) y (c) Páramos Batallón y La Negra (65.000 Ha.); además de cuatro zonas Protectoras que son: (a) Ciudad de Rubio (23.760 Ha.), (b) San Cristóbal (10.000 Ha.), (c) Río Torbes y sus alrededores y (d) la denominada Zona Protectora del Sureste del Lago de Maracaibo - Uribante Caparo (446.000 Ha.).

Las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) dentro de la cuenca, son de relevancia, ya que en estas áreas, se protegen diversas especies amenazadas, en peligro de extinción, como el oso frontino, el sapito del Tamá, el paují copete de piedra y otras cuyo status poblacional está amenazado, como lo son el cunaguaro y la danta. Además, son utilizadas para conservar y preservar nacientes de agua, de alto valor estratégico para el abastecimiento, tanto regional como nacional, incluyendo aquellas que surten el embalse La Honda, como es el caso del río Uribante, cuyas zonas altas se encuentran dentro del Parque Nacional Páramos Batallón y La Negra.

## 2.2. REVISION BIBLIOGRAFICA

En este aparte se exponen, los antecedentes encontrados sobre disponibilidad-demanda, calidad de agua y el marco legal e institucional de la cuenca del río Uribante. Es importante resaltar, que existe mucha información sobre la cuenca en las instituciones visitadas referentes a estos tópicos. Sin embargo, con relación a la calidad de las aguas de la cuenca en estudio, no existe información reciente en especial en aquellos cursos de agua que son usados actualmente para abastecimiento poblacional.

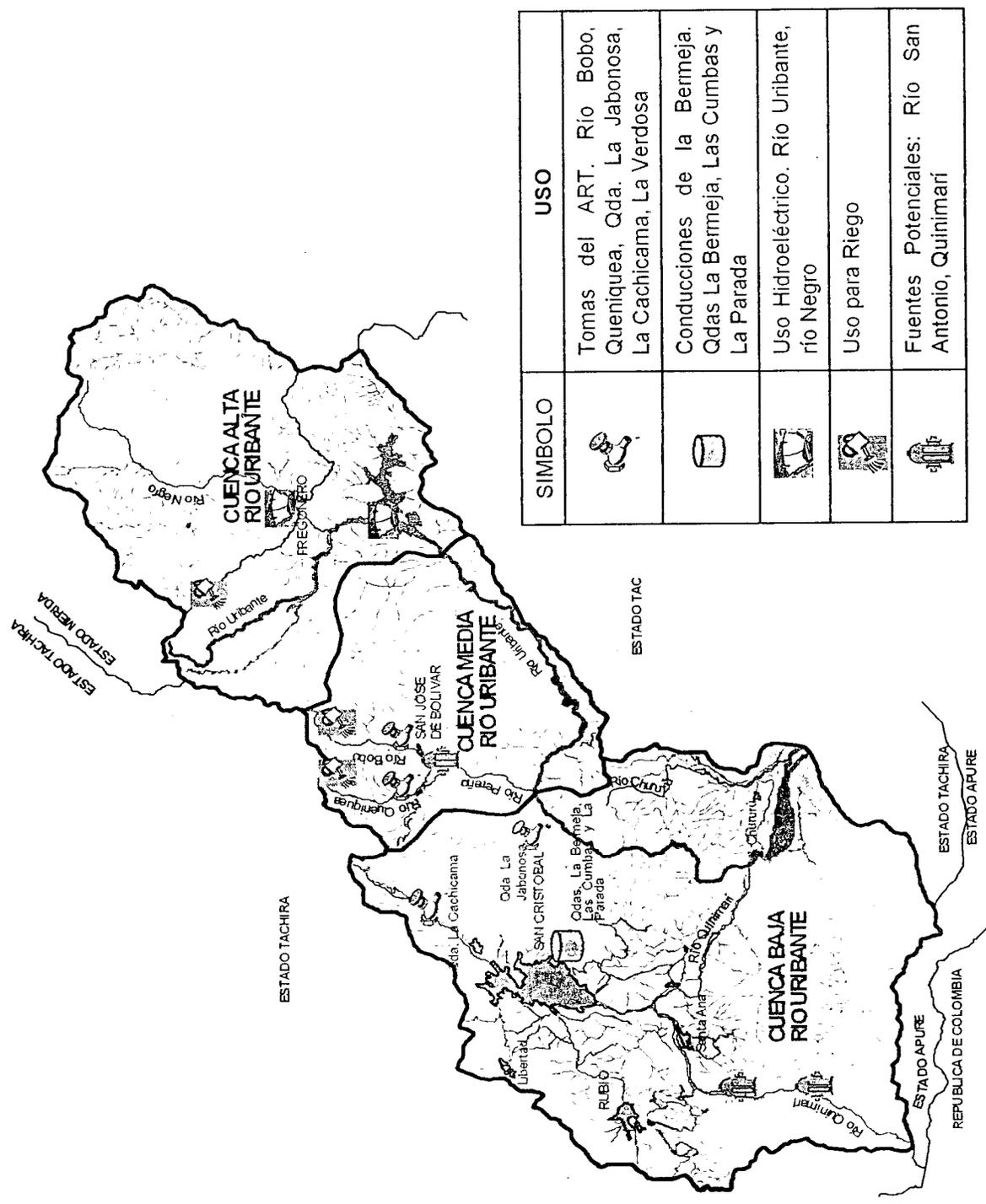
En la Figura 2.5. , se ubica espacialmente los diferentes sitios actuales y futuros de obras de toma, presentes en la cuenca del río Uribante. De igual manera, en la Figura 2.6., se ubican las diferentes actividades susceptibles a degradar la calidad del agua en la cuenca del río Uribante.

### 2.2.1. Antecedentes de Disponibilidad-Demanda

El marcado desequilibrio de la relación disponibilidad-demanda en las cuencas se acentúa ante la presencia de una distribución heterogénea de las posibilidades físicas de aprovechamiento y de la población, aunado a la irregularidad del régimen de escurrimiento. En Venezuela, se reconoce históricamente la existencia de un fuerte desequilibrio hidrográfico identificándose dos zonas bien definidas: la Venezuela situada a la margen derecha del río Orinoco, de abundantes recursos hídricos e hidráulicos y la de la margen izquierda, donde el recurso es relativamente escaso y la demanda elevada (COPLANARH, 1970).

De acuerdo con el estudio realizado por COPLANARH (1970), el río Uribante se ubica en la Región 4 ó Región de los Llanos Centrales y Occidentales, que comprende: el alto Apure, las aguas arriba de la confluencia con el río Sarare y todas las cuencas de los ríos que descargan sobre la margen izquierda del río Apure hasta su confluencia con el río Orinoco. En particular, la ciudad de San Cristóbal pertenece a la Zona 4A1. La cuenca del río Uribante, presenta un área de 5,7 miles de Km<sup>2</sup> y un promedio de lluvia anual de 1.738 mm. Produce un escurrimiento medio anual superficial de 6.028 millones de m<sup>3</sup>/año, con un caudal unitario de 1,19 millones de m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup> y subterráneo de 300 millones de m<sup>3</sup>/año.

Las sub-regiones 4A1-4A3-4A4, fueron consideradas como una sola por COPLANARH (1970) para calcular los volúmenes aprovechables. Estas subregiones comprenden desde las divisorias de los ríos Sarare-Uribante hasta la divisoria entre el Suripá y Canaguá, formada por los principales cursos de agua: Uribante, Caparo, Suripá y Ticoporo. El escurrimiento superficial global de esas regiones es de 14.486 millones de m<sup>3</sup>/año, de los cuales 5.500 corresponden al volumen aprovechable factible



SIMBOLO	USO
	Tomas del ART. Río Bobo, Queniquea, Qda. La Jabonosa, La Cachicama, La Verdosa
	Conducciones de la Bermeja. Qdas La Bermeja, Las Cumbas y La Parada
	Uso Hidroeléctrico. Río Uribante, río Negro
	Uso para Riego
	Fuentes Potenciales: Río San Antonio, Quinimari

**Figura 2.5.** Ubicación de sitios actuales y futuros de obras de toma, presentes en la cuenca del río Uribante. (Tomado de INOS (1977), MARNR, 1982, INOS-MARN (1985), HsO (1996), HsO (2002))

y 6.030 millones de m<sup>3</sup> al volumen aprovechable potencial, el resto son volúmenes aprovechables mediante embalses. La región 4, es una de las regiones que cuenta con más recursos hidráulicos en todo el país y con mayor potencial de producción de hidroelectricidad, estimándose su producción en 1600 Mw.

En el estudio antes mencionado, sólo se estimó una prospección de demandas regionales de agua para la agricultura. Específicamente la Región 4 (Llanos Centrales y Occidentales) para el año 2000, requeriría 6.900 millones de metros cúbicos de agua para la agricultura. La zona 4A1, no fue incluida en el cálculo de las demandas de agua de la agricultura, ni en la prospección de áreas regadas.

Por otra parte, con miras a determinar la incidencia de los problemas de conservación debido a la construcción y operación de los embalses, CADAFE (1973) estudió el aprovechamiento integral de los ríos Uribante y Caparo realizando una evaluación general del estado actual de los suelos, vegetación, uso actual de la tierra y recursos forestales. Destaca en el mencionado estudio, que los embalses construidos tienen gran influencia en el control de crecientes de las zonas ubicadas aguas abajo de los mismos.

La construcción de la presa La Honda sobre el río Uribante trae como consecuencia una reducción sustancial de los picos de crecidas en el sitio de presa. Sin embargo, las inundaciones de los llanos occidentales no disminuyen en forma significativa, debido a que el área de la cuenca del Uribante controlada por la construcción de esta presa, es sólo una pequeña parte de la hoya tributaria del río Uribante.

CADAFE (1973) reporta, que el gasto medio anual del río Uribante, en el sitio de presa La Honda, es de 40,9 m<sup>3</sup>/s y en Puente Uribante de 131 m<sup>3</sup>/s. Este valor fue actualizado por CADAFE (1977), en un estudio donde analizaron los recursos hidráulicos de los ríos Uribante, Doradas y Camburito – Caparo, reportándose un caudal medio anual para el río Uribante (hasta presa La Honda) de 46,5 m<sup>3</sup>/s, lo que representa un volumen anual de 1.462 millones de m<sup>3</sup>.

El tramo comprendido entre el sitio de presa La Honda y Puente Uribante no era utilizable por los pobladores del sector, ya que, debido a lo torrencioso del curso era imposible de usar como vía fluvial para el transporte local. De igual manera los pobladores del área usaban las aguas provenientes de manantiales cercanos para uso doméstico y riego. Cabe señalar que este comportamiento se mantiene en la actualidad,



destacándose el poco o ningún uso de las aguas del río Uribante, aguas abajo de la Presa La Honda.

CADAFE (1973) describe el Sistema de Aprovechamiento Integral de los ríos Uribante-Caparo, el cual tiene como objetivo fundamental la producción de energía eléctrica, a través del uso progresivo y repetido de los recursos hidráulicos disponibles en los ríos Uribante, Doradas, Camburito y Caparo, mediante la construcción de tres embalses y una obra de derivación, que complementados con tres túneles de trasvase, permitirán la generación de energía en tres centrales interconectadas. El embalse Uribante, puesto en funcionamiento en 1985, está diseñado para una vida útil de 100 años, con un volumen anual de sedimentos de  $105 \text{ m}^3$ , siendo el acarreo de sedimentos unitario de  $725 \text{ Ton/Km}^2$ .

INOS (1977), realizó el proyecto del Acueducto Regional del Táchira (ART), para abastecer a varias de las poblaciones del estado Táchira y determinó los gastos de diseño de las conducciones y obras de derivación del sistema de captación sobre los ríos Bobo, Queniquea y San Antonio, evaluando (de acuerdo con los datos de caudales disponibles de cada fuente), los gastos garantizables desde cada derivación, con un 90% de seguridad a partir de las curvas de duración de caudal, llegando a la conclusión que el caudal de diseño para las tuberías era de 1,1; 1,5 y  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  para los ríos Bobo, Queniquea y San Antonio, respectivamente. Con este caudal total de diseño de  $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , se debía suplir la demanda hasta el 2010, lo que significaba el abastecimiento del 70% de la población del estado Táchira.

Dicho estudio, planteó cinco alternativas para seleccionar la capacidad de conducción más adecuada de los ríos Bobo, San Antonio y Queniquea y de las quebradas La Jabonosa, La Cachicama y La Verdosa, con objeto de tomar en cuenta las condiciones diferenciales de longitud de cada aducción.

También se estimó la disponibilidad de aguas superficiales y un inventario del potencial hidroeléctrico en la vertiente sur oriental del estado Táchira, hasta un horizonte de planificación de 25 años. Se consideraron los sitios que presentaban condiciones topográficas favorables y se estimó la disponibilidad sobre la base de la información hidroclimática existente en la región. Con el apoyo de modelos de simulación, se determinó la demanda agrícola, urbana y eléctrica de algunas comunidades presentes la zona. Con esta información se realizó la operación (movimiento de embalse) de cada uno de los 17 sitios de embalse seleccionados y estableció el balance disponibilidad-demanda (López, 1982).

En el año de 1982 el MARNR estudió preliminarmente la geología de los sitios de Presa en la cuenca del río Quinimarí, como parte del inventario Nacional del Potencial Hidroeléctrico, Económico y Técnicamente Factible. Encontró, que la mayor parte de los sitios de presa se encuentran sobre el río Quinimarí, entre río Chiquito y el caserío La Revancha de San Vicente. Se ubicaron dos sitios de presa antes de la

confluencia del río Quinimarí con la quebrada Babilonia. Un tercer sitio se ubicó a un (1) Km. aguas abajo después de la confluencia mencionada. El cuarto sitio se encuentra situado en frente del poblado La Providencia, después de la confluencia de la quebrada Colorada, con el río Quinimarí y el quinto sitio de presa está situado aguas abajo de la confluencia del río Chiquito con el Quinimarí.

MARNR (1982), presenta las características geológicas y geotectónicas de cada uno de los sitios de presa seleccionados en la cuenca del río Quinimarí, con fines de aprovechamiento hidroeléctrico. En el estudio se detallan las condiciones de acceso, características geológico-estructurales, obras de desvío, materiales de construcción, condiciones de las aguas subterráneas en rocas y aluviones, así como las condiciones de excavación y un análisis somero del vaso de almacenamiento en cuanto a estabilidad y permeabilidad. Ninguno de los cinco embalses propuestos en el estudio han sido construido, debido a problemas económicos y a la decisión de construir el desarrollo Hidroeléctrico Uribante-Caparo.

Dentro del estudio sobre el Manejo Ambiental del proyecto Uribante-Caparo (CIDIAT, 1983), se subdividió la cuenca del Uribante en unidades hidrológicas. La subcuenca del río Tenegá, afluente del río Uribante, se sectorizó como ejemplo a seguir de cómo deben sectorizarse las restantes subcuencas y vertientes. Se establecieron las restricciones físicas a las actividades, bajo un sofisticado esquema sistemático de evaluación y se estudiaron todas las alternativas factibles para cada sector y la evaluación, incluyendo los riesgos económicos y ambientales de cada alternativa considerada.

Para la implementación de una red hidrometeorológica en las cuencas del Sistema de Aprovechamiento Hidroeléctrico Uribante-Caparo, con el fin de obtener información que permitiera profundizar el conocimiento del régimen hidrometeorológico del área del proyecto y llevar a cabo una operación óptima de los embalses CADAFFE (1983), desarrolló un programa de actividades a corto y mediano plazo, en el que evaluó el comportamiento de las estaciones pluviométricas frente a la predicción del caudal, usando lluvias históricas y un modelo de lluvia - escorrentía,

En la actualización del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (MARNR-INOS, 1985), con el objetivo de orientar y sustentar técnicamente las decisiones a tomar en los conflictos generados por el aprovechamiento del agua, se reportaron los rendimientos de las fuentes usadas para abastecimiento de las ciudades de San Cristóbal, Táriba, Palmira, Independencia y Libertad. Estas fuentes estaban conformadas por el río Quinimarí y las quebradas La Bermeja, La Parada, Las Cumbas, La Huérfana, La Maravilla, La Peña, El Toro, la Blanquera y La Cordera. Además, se consideraron las obras correspondientes al Acueducto Regional del Táchira.

Igualmente, en este estudio (MARNR-INOS, 1985) se hace referencia, a las estructuras de captación de las derivaciones sobre la quebrada La Jabonosa y el río

Queniquea diseñadas con un caudal con un 70% de garantía de 1000 l/s. y 1700 l/s., respectivamente, y las conducciones de estas tomas a la aducción que estaban diseñadas para 1000 l/s. y 1100 l/s., correspondiente al caudal con 90% de garantía. Por lo tanto la disponibilidad de éstas sería de 2.100 l/s. que sumada a una disponibilidad en las fuentes actuales de 1.040 l/s. permite contar con 3.140 l/s. en las fuentes destinadas a San Cristóbal.

La Actualización del Plan de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (1985), confrontó la disponibilidad de agua en las fuentes con las demandas y se determinó que la disponibilidad en fuentes no sería capaz de cubrir la demanda para el año 2010 y por lo tanto se debía estudiar la posibilidad de aumentar la disponibilidad para ese año con la construcción de los aprovechamientos proyectados sobre el río Bobo, Queniquea y San Antonio. Teniendo la precaución que se considerarán las demandas de Táriba, Palmira, Independencia, Libertad, San Antonio, Ureña, Aguas Calientes y San Cristóbal y que por lo tanto cualquier otro núcleo urbano que se pensara incorporar agotaría, antes de la mencionada fecha, la disponibilidad.

CIDIAT (1986), elaboró un método de Ordenamiento de la Cuenca del río Uribante. Usó como sistema a tratar, el conjunto de represas y embalses interconectados para producir energía eléctrica y eventualmente suministrar agua para usos múltiples; es decir, los embalses Uribante, Doradas y Camburito-Caparo. Para la delimitación de las unidades hidrológicas se analizaron los criterios que definen la distribución o arreglo geométrico de la red hidrográfica. Se subdividió la cuenca del Uribante en nueve unidades hidrológicas a nivel de subcuencas y en siete unidades hidrológicas a nivel de vertiente. Sin embargo, con la finalidad de aplicar el enfoque sistémico para la solución del problema ambiental, se tomó para el estudio la subcuenca del río Tenegá. En esta subcuenca, se realizó una estructuración jerárquica de objetivos y sistema de evaluación, se generaron y evaluaron las alternativas y finalmente se realizó un análisis de riesgos.

De los registros de sedimentos acarreados registrados en la estación sitio de presa, por el río Uribante, en el período de 1973, se encontró un valor de 2714,5 toneladas para un rendimiento anual de 1542 Ton/Km<sup>2</sup>. Para este mismo año, el caudal medio anual por este río en sitio de presa era de 67,88 m<sup>3</sup>/s, con un volumen escurrido de 2140,563 millones de m<sup>3</sup> (Péfaur, 1989).

El MARNR (1990) realizó, a través de la División de Planificación y Ordenación del Ambiente, el Plan de Ordenamiento del Territorio del estado Táchira. En este plan se reportó, que los problemas en cuanto a los recursos hídricos en el municipio Libertad, pueden enfocarse desde dos puntos de vista, por una parte, las limitaciones naturales de los cuerpos de agua para satisfacer la demanda de agua de riego y urbana

de la ciudad capital y de una gran mayoría de caseríos y, por la otra, los peligros que ocasiona la contaminación de los ríos y quebradas. Con respecto al municipio Uribante, se indicaba que presenta una alta disponibilidad de recursos hídricos, representado por el río Uribante, quien dispone de volúmenes de agua muy importantes, medidos en el sitio de presa La Honda de hasta  $1463 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ ; lo que permite satisfacer la demanda de agua, con obras de derivación de fuentes superficiales locales. En el Plan se afirmaba, que la alta humedad de la cuenca del río Uribante y la densidad de la red hidrográfica garantizan la disponibilidad de agua superficial para riego en todo el municipio.

En el estudio, se elaboró una propuesta de manejo para las cuencas altas de los ríos Uribante y Caparo, enmarcadas dentro del programa de planes integrales conservacionistas de cuencas altas prioritarias del estado Mérida. Destacándose, entre las acciones prioritarias a implementar, la realización de estudios detallados sobre el comportamiento hidrológico, producción de sedimentos y niveles de contaminación de los cauces, a fin de conocer la disponibilidad real de agua aprovechable.

Castro (1996) identificó áreas susceptibles a la erosión hídrica a través de un sistema de Información Geográfico (SIG) en la cuenca alta del río Uribante. Se identificó la problemática existente en la cuenca, la cual está referida a la pérdida de suelo y productividad de cultivos que se presenta "in situ", aunada a la sedimentación de los embalses ubicados aguas abajo, inundaciones y alteración de la calidad del agua.

Las variables consideradas para determinar las áreas susceptibles a la erosión hídrica fueron: clima, suelos, relieve, uso y cobertura de la tierra. Para abordar la variable climática se tomó como patrón de calificación el índice de degradación específico, calculado a partir de once (11) estaciones influyentes en el área, basándose en el índice de Fournier. Los tipos de erosión hídrica actual, se obtuvieron a partir de la sobreposición de cuatro mapas base: relieve (pendiente), clima (precipitación), características físicas del suelo, uso y cobertura (factor C).

En el año 1996, la Hidrológica del Suroeste (HsO), contrató los servicios de la AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional), con el objetivo de definir los programas necesarios para la rehabilitación y modernización de los sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y depuración de las aguas residuales de la ciudad de San Cristóbal. Se describen las cuencas abastecedoras del Acueducto Regional del Táchira y las conducciones de la Bermeja. De igual manera, los problemas más significativos y las líneas de acción para resolverlos.

García (1997), desarrolló un diagnóstico básico de los recursos hídricos en el estado Táchira, estableciendo un listado de estudios, proyectos y obras prioritarias para la toma de decisiones en el manejo integral del recurso hídrico del Estado. Dentro de las conclusiones destaca la ausencia de una cultura hídrica, generalizada a casi todos los niveles de la población y niveles gerenciales. Además, señala, la distribución del potencial hídrico medio anual en las cuencas del estado Táchira, utilizando datos recopilados en el MARNR y los obtenidos a partir del modelo SIHIM. En el estudio, se muestran los datos de escurrimiento anual de los ríos que componen la cuenca del Uribante, por ser la principal del estado. En los datos obtenidos se muestra que los escurrimientos anuales de los ríos Pereño, Grita y Carapo, drenan aproximadamente un volumen total anual de  $14.086 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ .

HsO (2002), realizó la Solicitud de Aprovechamiento de los recursos hídricos del río San Antonio, Acueducto Regional del Táchira (Decreto 1400). En este estudio, se muestra los diferentes mediciones realizadas en el río San Antonio en puente San Antonio, seleccionando como caudal de diseño 2.100 l/s, obteniéndose un volumen anual de aprovechamiento de  $66.225.600 \text{ m}^3/\text{año}$ . Se describen las obras de captación, regulación, conducción, tratamiento y distribución. Además, se identifican y describen las medidas de prevención, protección y corrección contra: contaminación de la fuente de agua, deterioro de las áreas vinculadas al proyecto, pérdidas y/o tomas no autorizadas y los mecanismos e instrumentos para estimular el uso racional y eficiente del recurso.

El MARN-HsO (2003), actualmente, desarrollan un Proyecto sobre la Gestión Integral y Sustentable de la cuenca del río Pereño y la quebrada La Jabonosa, con la finalidad de mantener la capacidad productiva en las cuencas antes mencionadas, para satisfacer la demanda del ART. El propósito es generar un modelo de Gestión Ambiental para mantener la cantidad y calidad de agua a los usuarios y mejorar las condiciones de vida de los habitantes. Entre los proyectos más importantes de esta Gestión Integral, se encuentra: Elaboración de un Diagnóstico del área, proyectos educativos, inventario de las captaciones, monitoreo del agua, alinderamiento de ABRAE, determinación de áreas críticas, evaluación de predios rurales, establecimiento de fincas pilotos y formación de guardacuencas.

El MARN (2004a), elaboró un Convenio para Operación y Mantenimiento de estaciones Climáticas e Hidrométricas, entre el MARN y DESURCA. En el cual se celebran un contrato de prestación de servicio referido a la operación y mantenimiento de estaciones climatológicas e hidrométricas, ubicadas en las cuencas de los ríos Uribante, Negro, Caparo, Camburito y Doradas, así como el procesamiento de datos. El MARN, Región Suroeste, a través de la

Coordinación de Gestión de Agua, se compromete a operar, mantener y supervisar 22 estaciones climáticas y 9 estaciones hidrométricas, ubicadas en las cuencas antes mencionadas. Con la información climatológica e hidrométrica, el MARN, elaborará mensuarios hidroclimáticos incluyendo el procesamiento de la información hidrometeorológica, mapa de isopletas, isolíneas, curvas de gasto, climogramas, curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F) y presentación de boletines meteorológicos de cada mes. DESURCA, se compromete a aportar a la Dirección Estatal 28.360.962 Bs/año. Los cuales serán utilizados para el funcionamiento de las estaciones.

MARN (2004b), desarrolla actualmente, un proyecto titulado Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas, cuya misión es propiciar el uso del recurso agua en cantidad y calidad adecuadas a las exigencias del desarrollo social y económico del país; conservar y aprovechar integralmente las cuencas hidrográficas y gerenciar el proceso de gestión ambiental. En este proyecto se identificaron como problemas actuales de gestión de agua: la sobreexplotación y deterioro de la calidad de las aguas, deterioro ambiental de cuencas hidrográficas, falta de conciencia colectiva en relación con la escasez del recurso y la necesidad de conservarlo, limitado acceso al recurso, falta de información básica, escasa coordinación institucional y con comunidades, debilidad institucional y organismos públicos, ineficiencia en el uso de las aguas y en la prestación de servicios asociados (agua potable y saneamiento), limitaciones para financiamiento de grandes obras, escasez del recurso humano especializado y limitada participación de comunidades.

En el trabajo titulado "Experiencias derivada del diseño y aplicación de encuestas para la conservación de cuencas de Venezuela usando el método de valoración contingente", desarrollado por el CIDIAT (2004), muestra la experiencia obtenida en el diseño de las encuestas piloto y la encuesta definitiva a aplicar en el estudio de valoración de los beneficios económicos del servicio ambiental "protección de los recursos hídricos" provisto por las subcuencas del río Pereño y la quebrada La Jabonosa, ubicadas en el Occidente de Venezuela. Los resultados de aplicar el método de Valoración contingente permiten definir el monto de pago dentro de un rango cuyo valor mínimo corresponde al costo de contribuir en la generación del servicio ambiental y cuyo valor máximo corresponde al beneficio generado por el servicio ambiental, además de detectar claves sobre los mecanismos de pago más convenientes y aceptables por los usuarios, el grado de apropiación y derecho que tienen sobre el recurso hídrico, los factores que influyen su disposición a pagar y la estimación de tarifas diferenciadas de acuerdo a los estratos de ingreso de la población.

CIDIAT (2004), comprobó que el uso de encuestas como medio de valoración de servicios ambientales en general es útil, aplicable y factible en los países de América Latina, requiriendo de recursos humanos y financieros totalmente al alcance de nuestras economías. Además, se comprobó que si se cuenta con un conjunto de condiciones favorables al proyecto, esto es, voluntad política, motivación de los

usuarios e instituciones para entender la importancia del proyecto y preferiblemente contando con campañas de información para que los usuarios se enteren del tipo de estudio en realización y sus objetivos.

### **2.2.2. Antecedentes de Calidad de Agua**

- ***Cuenca alta del río Uribante***

Constituida por las nacientes del río Uribante y numerosos cursos de agua que drenan directamente a este río; entre ellos los ríos Negro, Puya, Pedernales y algunas quebradas de importancia como La Colorada (sitio de descarga de la Población de Pregonero) y La Blanca (sitio de toma), incluyendo el embalse La Honda.

Los estudios de calidad de agua en la cuenca del río Uribante se encuentran bastante localizados, específicamente en los sitios que corresponden al área de influencia del primer desarrollo Uribante - Caparo, conocido como presa La Honda. En este sector de la cuenca, la empresa DESURCA mantiene (por medio de la unidad de ecología y calidad ambiental), adscrita a la gerencia de cuencas de esta empresa, puntos de muestreos permanentes en los ríos Pedernales, Uribante, Negro, San Agatón, San Buenas y las quebradas La Colorada y La Raya. La calidad del agua en este sector de la cuenca se ha evaluado con cierto orden cronológico.

Durante el trabajo realizado por Hinojosa (1985) se diagnosticó la calidad del agua en los ríos afluentes al embalse Uribante. Menciona, como principales amenazas a la vida útil de presa La Honda, las actividades de origen antrópicas, como sustitución de la vegetación natural por áreas de cultivos y ganadería en altas pendientes. La denudación de los suelos, producto de incendios recurrentes, con un aumento del potencial erosivo de estos, originando un continuo acarreo de materiales y aportes de sedimentos a los cursos de agua.

El uso indiscriminado de biocidas y fertilizantes químicos puede constituirse en una amenaza potencial para los cursos de aguas receptores. Se han reportado ocho tipos diferentes de biocidas usados en la zona: manzate, paratión, ridonil, ambush, furán, antracol, dithane M-45, Z-78 y dicterex (Hinojosa, 1985).

Las aguas residuales de origen doméstico e industrial, constituyen otro factor a considerar en este sector de la cuenca. Estas provienen por lo general de la localidad de Pregonero y son vertidas al Uribante y sus quebradas afluentes, sin tratar.