

**PERFIL DEL PROYECTO DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE  
CUENCAS ABASTECEDORAS DE AGUA: CASO CUENCA ALTA  
DEL RIO GUARICO (CARG). VENEZUELA**

**INFORME FINAL**



**Caracas, 15-04-2020**

**PERFIL DEL PROYECTO DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS  
ABASTECEDORAS DE AGUA: CASO CUENCA ALTA DEL RIO GUARICO (CARG).  
VENEZUELA**

**EDITORES:**

PEDRO GARCIA MONTERO (Coordinador)

LAILA ISKANDAR NAHAS

ANIBAL ROSALES HERNANDEZ

**AUTORES\*:**

LUIS ARIAS

JOSE RAFAEL CORDOVA

PEDRO GARCIA MONTERO

JULIO GONZÁLEZ AGUIRRE

LAILA ISKANDAR NAHAS

DIEGO MACHADO

YENNY MENDEZ

MARIA VIRGINIA NAJUL

ANIBAL ROSALES HERNANDEZ

JESUS VILORIA

**EDITORA DE TEXTOS:**

DILIA ROMERO MARIN

\*Orden alfabético por apellido

Foto de portada: paisaje de subcuenca del río San Juan (Pedro García)

## TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pág.
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	a
<b>Executive Summary</b> .....	e
<b>1. Introducción</b> .....	1
1.1. La cuenca alta del río Guárico (CARG) .....	1
1.2. Localización del proyecto .....	3
<b>2. Justificación</b> .....	4
2.1. Algunos antecedentes .....	5
2.2. Beneficios esperados de la implantación de un Plan Integral De Gestión de la CARG y una institucionalidad permanente .....	6
<b>3. Objetivos del perfil de proyecto “Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Rio Guárico (CARG)”</b> .....	7
3.1. Objetivo general .....	7
3.2. Objetivos específicos .....	7
3.3. Organización del perfil del Proyecto de Gestión Integral de la CARG.....	8
3.4. El perfil del Proyecto de Gestión Integral de la CARG .....	9
3.5. Alcance del proyecto .....	12
3.6. Marco conceptual del Proyecto de Gestión Integral de la CARG .....	12
3.7. Marco institucional y jurídico ambiental Proyecto de Gestión Integral de la CARG .....	13
3.8. Horizonte de planificación .....	13
<b>4. Caracterización físiconatural y socioeconómica de la CARG</b> ...	14
4.1. Reconocimiento de campo de las subcuencas de la CARG .....	16
4.1.1. Qué Observar en el reconocimiento preliminar de campo.....	16
4.1.2. Información previa.....	17
4.1.3. Productos esperados .....	17
4.2. Recopilación y análisis de información existente .....	18
4.2.1. Recopilación de Información Bibliográfica .....	18

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
4.2.2. Recopilación de información a partir de informantes calificados .....	18
4.3. Actualización de la información planoaltimétrica. Estándares cartográficos	19
4.3.1. Definición escalas de trabajo .....	20
4.3.2. Definición del sistema de proyección cartográfico .....	20
4.3.3. Características de los productos vectoriales .....	21
4.3.4. Características de los productos raster .....	21
4.3.5. Fuentes primarias de información para la actualización de la cartografía básica y los mapas temáticos .....	22
4.3.6. Actualización de la base cartográfica y elaboración de mapas temáticos ...	27
4.3.7. Elaboración mapa base cartográfico .....	29
4.3.8. Actualización de los mapas temáticos .....	30
4.3.9. Actualización de Información Temática .....	31
4.3.10. Actualización de la Información Geoespacial .....	31
4.3.11. Productos esperados .....	32
4.4. Caracterización morfométrica de la cuenca y subcuencas .....	33
4.4.1. Parámetros asociados a la forma de la cuenca .....	33
4.4.2. Parámetros relativos al relieve .....	35
4.4.3. Parámetros relativos al drenaje .....	36
4.4.4. Producto esperado .....	38
4.5. <b>Caracterización hidroclimática. El uso de la aplicación “The Soil And Water Assessment Tool” (SWAT)</b> .....	39
4.5.1. Descripción del Modelo SWAT .....	40
4.5.2. Recopilación y procesamiento de la información básica, para aplicar el modelo SWAT .....	43
4.5.3. Climatología .....	47
4.5.4. Hidrometría.....	53
4.5.5. Sedimentología .....	62
4.5.6. Cobertura vegetal y uso de la tierra .....	62
4.5.7. Características físicas de los suelos .....	65

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
4.5.8. Uso actual del agua en la cuenca .....	69
4.5.9. Aguas subterráneas .....	74
4.5.10. Información contenida en estudios anteriores .....	75
4.5.11. Productos esperados .....	76
4.6. Caracterización de la calidad del agua .....	78
4.6.1. Importancia del componente calidad del agua en el Plan de Gestión Integral de la CARG .....	78
4.6.2. Objetivos del componente calidad del agua .....	80
4.6.3. Marco metodológico para el desarrollo del componente calidad del agua ..	80
4.6.4. Productos esperados .....	89
4.7. Caracterización de los componentes físico-naturales .....	92
4.7.1. Geología .....	92
4.7.2. Geomorfología y morfodinámica .....	94
4.7.3. Suelos .....	97
4.8. Caracterización de los componentes bióticos y uso de la tierra .....	101
4.8.1. Cobertura y uso de la tierra.....	101
4.8.2. Caracterización de la fauna silvestre de la cuenca .....	111
4.8.3. Caracterización de la ictiofauna presente en la cuenca .....	113
4.8.4. Productos esperados de la caracterización de la cobertura y uso de la tierra, de la fauna silvestre e ictiofauna .....	114
4.9. Caracterización socioeconómica y cultural .....	115
4.9.1. Objetivos .....	115
4.9.2. Marco metodológico .....	117
4.9.3. Productos esperados .....	129
4.10. Caracterización de los Sistemas de Producción Agrícola (SPA) .....	130
4.10.1. Objetivos .....	130
4.10.2. Metodología para la caracterización de los Sistemas de Producción Agrícola (SPA) de la CARG .....	131

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
4.10.3. Productos esperados .....	137
4.11. Conflictos de uso de la tierra .....	138
4.11.1. Objetivos .....	138
4.11.2. Marco metodológico .....	139
4.11.3. Productos esperados .....	141
<b>5. Diagnóstico ambiental de la CARG .....</b>	<b>142</b>
5.1. Objetivos .....	142
5.2. Marco metodológico .....	142
5.2.1. Análisis de la situación ambiental Actual .....	143
5.2.2. Análisis de potencialidades .....	143
5.2.3. Análisis de limitantes y condicionamientos .....	144
5.2.4. Degradación ambiental .....	144
5.2.5. Diagnóstico funcional de la CARG.....	145
5.2.6. Identificación de áreas de criticidad ambiental .....	146
5.3. Productos esperados .....	146
<b>6. Escenarios y planificación del uso de la tierra aplicando el modelo SWAT .....</b>	<b>147</b>
6.1. Aplicación del modelo SWAT en la CARG .....	147
6.2. Objetivos .....	148
6.3. Metodología. El modelo SWAT y la simulación de escenarios de uso de la tierra y cambio climático .....	149
6.3.1. Aplicación del modelo SWAT. Cambios deseables de los patrones de uso de la tierra en la CARG .....	149
6.3.2. Aplicación del modelo considerando el efecto del cambio climático .....	150
6.4. Productos esperados .....	153
<b>7. Bases para la evaluación integral de la tierra de la cuenca alta del río Guárico (CARG) .....</b>	<b>154</b>
7.1. Objetivos .....	154
7.2. Marco metodológico .....	155

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
7.2.1. Evaluación ambiental .....	158
7.3. Productos esperados .....	168
<b>8. Lineamientos para el diseño y desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) .....</b>	<b>169</b>
8.1. Lineamientos metodológicos .....	169
8.1.1. Análisis y diseño de la mapoteca digital .....	169
8.1.2. Desarrollo del Sistema de Información Geográfico (SIG) .....	173
8.1.3. Instalación, implementación y evaluación de la aplicación .....	175
8.2. Productos esperados .....	175
<b>9. Bases para el Plan de Ordenación del Territorio (POT) y gestión de las áreas naturales protegidas de la CARG .....</b>	<b>176</b>
9.1. Objetivos .....	176
9.2. El plan de ordenación de la CARG .....	177
9.2.1. Directrices derivadas del plan de ordenación .....	177
9.2.2. Marco legal para el POT .....	178
9.3. Marco metodológico para la propuesta de plan de ordenación de la CARG	179
9.3.1. Fase preliminar o preparatoria .....	179
9.3.2. Formulación de escenarios de planificación.....	180
9.3.3. El marco metodológico para la zonificación .....	182
9.3.4. Formulación del decreto de creación de nuevas ABRAE .....	187
9.3.5. La gestión del riesgo .....	188
9.3.6. Estrategias ambientales para la implantación del plan de ordenación .....	189
9.4. Gestión de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) de la CARG .....	189
9.4.1. Áreas naturales protegidas existentes con base en la Ley Orgánica Para la Ordenación Del Territorio (LOPOT) y la ley forestal de suelos y aguas	190
9.4.2. Zonas protectoras de cuerpos de agua, con base en la ley de aguas .....	191
9.4.3. ABRAE por crear en el marco del proyecto CARG .....	192

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
9.5. Productos esperados .....	193
<b>10. Bases del Plan de Gestión Integral de la CARG .....</b>	<b>195</b>
10.1. Objetivos .....	196
10.2. Componentes y alcances del Plan de Gestión Integral de la CARG .....	196
10.3. Premisas para la formulación de los programas de gestión .....	197
10.4. La dimensión temporal y espacial de los programas de gestión .....	198
10.5. Criterios para la formulación de los programas de gestión .....	199
10.6. Los programas del Plan de Gestión Integral .....	199
10.6.1. Programa de implementación de la institucionalidad propuesta .....	201
10.6.2. Programa de evaluación, prevención y control de la calidad de las aguas .	201
10.6.3. Programa de conservación de suelos .....	202
10.6.4. Programa de extensión agrícola y asistencia técnica para la producción ambientalmente sustentable .....	203
10.6.5. Programa de infraestructura y equipamiento ambiental .....	204
10.6.6. Programa de apoyo a las comunidades .....	205
10.6.7. Programa de normativa ambiental .....	206
10.6.8. Programa de estudios e investigaciones .....	206
10.6.9. Programa de educación ambiental .....	207
10.6.10. Programa de monitoreo, vigilancia y control .....	207
10.6.11. Programa de control y prevención de riesgos naturales .....	208
10.6.12. Programa de seguimiento, control y evaluación del plan de gestión .....	209
10.7. Propuesta de contenido de los programas de gestión para la CARG .....	209
10.8. Productos esperados .....	210
<b>11. Bases para el modelo de gestión integral de la CARG .....</b>	<b>211</b>
11.1. Objetivos .....	212
11.2. Premisas para diseñar un modelo de gestión integral de la CARG .....	213
11.3. El modelo de gestión integral de la CARG .....	214
11.3.1. Requisitos fundamentales .....	214



<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
11.3.2. Temas prioritarios en la gestión integral de la CARG .....	215
11.3.3. Los componentes del modelo preliminar de gestión .....	217
11.4. Bases para un modelo de agricultura de ambientes montañosos en la CARG .....	219
11.4.1. Objetivos del modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos .....	220
11.4.2. La situación de la agricultura en la CARG: el conflicto entre agricultura y la producción de agua .....	221
11.4.3. Las bases conceptuales para un modelo de agricultura sustentable en ambiente montañoso .....	222
11.5. Fundamentos y técnicas generales para diseñar el modelo de agricultura sustentable de montaña .....	225
11.5.1. Los fundamentos técnicos generales para la actividad agrícola.....	225
11.5.2. Principios y prácticas para la actividad ganadera .....	226
11.5.3. Principios y prácticas para la producción de cultivos .....	229
11.5.4. Productos esperados vinculados al modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos .....	232
11.6. La gestión integral y la institucionalidad .....	232
11.7. Productos esperados del modelo de gestión integral .....	233
<b>12. Bases para un modelo de institucionalidad para la gestión integral de la CARG .....</b>	<b>234</b>
12.1. Objetivos .....	235
12.2. Premisas para el diseño de la institucionalidad para la CARG .....	235
12.3. Propuesta de la estructura organizativa .....	236
12.3.1. Estructura organizativa de la gestión de cuencas a nivel nacional .....	237
12.3.2. La unidad de gestión de la cuenca: la agencia de la CARG .....	237
12.3.3. Los actores relevantes .....	238
12.3.4. El núcleo del modelo propuesto de la institucionalidad .....	246
12.3.5. Los instrumentos normativos .....	248
12.3.6. el financiamiento de la agencia de la CARG .....	249

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
12.3.7. El marco metodológico para el modelo de institucionalidad .....	250
12.4. Productos esperados .....	250
<b>13. Estructura de costos .....</b>	<b>251</b>
<b>14. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>252</b>
Anexos .....	265
Anexo 1. Glosario de términos. Cobertura y Uso de la Tierra (4.8.1.) .....	266
Anexo 2. Matriz de estimación de costos .....	269

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
Figura 1.1a. Ubicación relativa de la cuenca alta del río Guárico .....	3
Figura 1.1b. Área de estudio. Cuenca alta del río Guárico: subcuencas y municipios .....	4
Figura 4.1. Georreferenciación de mapas en formato raster .....	22
Figura 4.2. Cubrimiento de cartas topográficas, escala 1:100.000, del área de estudio .....	23
Figura 4.3. Cubrimiento de cartas topográficas, escala 1:25.000, del área de estudio .....	23
Figura 4.4. Cubrimiento de imágenes Landsat 8, del área de estudio.....	24
Figura 4.5. Cubrimiento de imágenes Sentinel 2, de ventanas relevantes....	25
Figura 4.6. MDE SRTM, del área de estudio.....	26
Figura 4.7. Simbología de los elementos gráficos, en base a la providencia 046 del IGVSB.....	28
Figura 4.8. Ejemplo de especificaciones para codificación de la toponimia, en base a la providencia 05 del IGVSB .....	29
Figura 4.9. Actualización área de estudio .....	31
Figura 4.10. Ejemplo de índices morfométricos (pendientes, índices de humedad) .....	32
Figura 4.11. Cuenca alta del río Guárico .....	40
Figura 4.12. Componentes del ciclo hidrológico. Modelo SWAT .....	41
Figura 4.13. Modelo digital de elevación (resolución 30m x 30 m). Cuenca alta del río Guárico .....	46
Figura 4.14. Ubicación de las estaciones pluviométricas. Cuenca alta del río Guárico .....	48
Figura 4.15. Ubicación de las estaciones climatológicas. Cuenca alta del río Guárico .....	51
Figura 4.16. Ubicación de las estaciones hidrométricas. Cuenca alta del río Guárico .....	54
Figura 4.17. Características del embalse y la presa de Camatagua .....	57
Figura 4.18. Embalse y sitio de presa de Camatagua .....	57

<b>FIGURAS</b>		<b>Pág.</b>
Figura 4.19.	Aportes medios mensuales al embalse Camatagua .....	60
Figura 4.20.	Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra. Cuenca alta del río Guárico .....	63
Figura 4.21.	Tabla de identificadores de los tipos de cobertura/ uso, contenidos en el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra (raster), respecto a los códigos de la base de datos del SWAT. Cuenca del río Robit. ....	64
Figura 4.22.	Texturas de los suelos de la cuenca alta del río Guárico .....	66
Figura 4.23.	Archivo Robit_Usersoil. Cuenca del río Robit .....	67
Figura 4.24.	Identificadores y nombres de las clases de suelos. Cuenca del río Robit .....	68
Figura 4.25.	Ubicación de los sitios de derivación directa sobre los ríos Guárico y cerro Pelao, sitio del embalse Tierra Blanca .....	70
Figura 4.26a.	Cuenca de la quebrada Corozal tributaria al embalse Tierra Blanca .....	71
Figura 4.26b.	Embalse tierra blanca. Coordenadas (x, y) del sitio de Presa: - 67.417; 9.979 .....	71
Figura 4.27.	Características del embalse y la presa Tierra Blanca .....	72
Figura 4.28.	Obra de derivación en el sitio río Guárico en las vegas .....	73
Figura 4.29.	Obra de derivación en el sitio río cerro Pelao en Las Guamitas ..	74
Figura 4.30.	Archivo de salida output.std del modelo SWAT .....	77
Figura 4.31.	Subcuencas de la cuenca alta del río Guárico .....	79
Figura 4.32.	Aspectos conceptuales y operativos a considerar en un programa de monitoreo .....	87
Figura 4.33 (a y b).	Mapa de vegetación y uso de la tierra de la sub- cuenca del río Caramacate .....	104
Figura 4.34a.	Mapa de formaciones vegetales de Venezuela. Huber y Oliveira, 2010 .....	105
Figura 4.34b.	Mapa de formaciones vegetales de Venezuela. Huber y Oliveira, 2010. Detalle .....	105
Figura 4.35.	La región como sistema .....	131

<b>FIGURAS</b>		<b>Pág.</b>
Figura 4.36.	Representación de un Sistema de Producción Agrícola (SPA) ...	132
Figura 4.37.	Criterios base para la identificación y caracterización de los sistemas de producción agrícola .....	134
Figura 7.1.	Área de estudio: cuenca alta del río Guárico .....	155
Figura 7.2.	Esquema de evaluación y planificación integral de cuencas. Delimitación y caracterización de unidades de tierra (ut) .....	156
Figura 7.3.	Ejemplo de unidades geopedológicas, cuenca alta del río Guárico .....	157
Figura 7.4.	Esquema conceptual para la definición de unidades de tierra ....	158
Figura 7.5.	Esquema de evaluación ambiental .....	159
Figura 8.1.	Ejemplo de interface con el usuario .....	173
Figura 8.2.	Ejemplo de aplicación SIG para usuarios especialistas .....	174
Figura 8.3.	Ejemplo de geoportal web para consulta de información .....	175
Figura 10.1.	Lineamientos estratégicos de los programas de gestión .....	200
Figura 10.2.	Integración e interrelación de los programas de gestión de la CARG .....	200
Figura 11.1.	Componentes del modelo preliminar de gestión integral de la CARG .....	218
Figura 11.2.	Principales formas de capital para estudiar la sustentabilidad de la agricultura en la CARG .....	223
Figura 12.1.	Propuesta de la estructura organizativa para la CARG .....	247

## LISTA DE TABLAS

	<b>TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
Tabla 4.1.	Características de las estaciones pluviométricas. Cuenca alta del río Guárico .....	48
Tabla 4.2.	Características de las estaciones hidrométricas. Cuenca alta del río Guárico .....	55
Tabla 4.3.	Caudales medios mensuales del río Guárico en el embalse Camatagua según SIMCA (1960) (m <sup>3</sup> /s) .....	58
Tabla 4.4.	Caudales medios mensuales del río Guárico en el embalse Camatagua según Inchausti (1981) (m <sup>3</sup> /s) .....	59
Tabla 4.5.	Caudales medios mensuales del río Guárico en el embalse Camatagua según MARNR (1997) (m <sup>3</sup> /s) .....	60
Tabla 4.6.	División política-administrativa de la CARG .....	116
Tabla 7.1.	Criterios de clasificación de agua para uso humano .....	161
Tabla 7.2.	Variables a considerar para la definición de los TUT .....	163
Tabla 7.3.	Cualidades socioeconómicas a considerar en la evaluación .....	165
Tabla 7.4.	Clases de aptitud de la tierra .....	166
Tabla 12.1.	Ejemplo de matriz de identificación de actores clave .....	243
Tabla 13.1.	Resumen estimación de costos Plan de Gestión Integral de la CARG .....	252

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento, trata de definir y proponer una modalidad de gestión de cuencas hidrográficas para las cuencas abastecedoras de agua a ciudades de Venezuela, utilizando la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), como una referencia.

El énfasis o atención al tema de cuencas hidrográficas se origina de los graves problemas de abastecimiento y calidad de agua potable del país. En respuesta a esto, el Grupo Orinoco (Grupo de reflexión y pensamiento en Ambiente y Energía), ha formulado una Hoja de Ruta para Recuperar los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Venezuela, como una contribución a la reconstrucción de este importante servicio, a iniciarse con un nuevo gobierno democrático. En esta ruta, el tema de la conservación de cuencas ocupa un espacio relevante.

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), manifestó su interés en apoyar al Grupo Orinoco para la preparación de esta propuesta, en el marco del Fondo Institucional de Preinversión para la Gestión de Oportunidades de Financiamiento Externo (FonPri).

El Perfil del Proyecto conjuga cuatro aspectos principales: (i) una descripción de la CARG, (ii) sus principales problemas, (iii) sus posibles soluciones, y (iv) las especificaciones de las actividades que se necesitan realizar para diseñar la modalidad de gestión integral de la CARG.

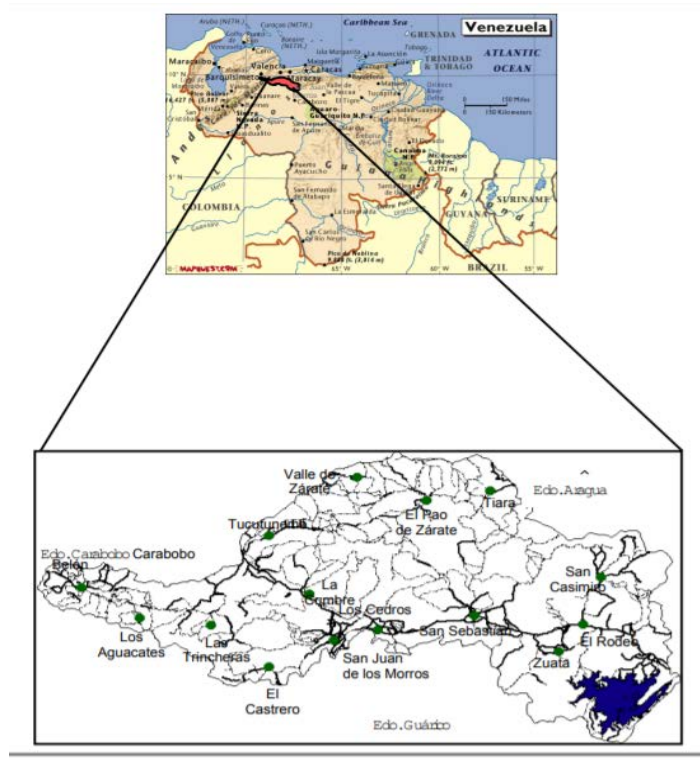
### **1. La Cuenca Alta del Río Guárico (CARG) como referencia**

La CARG fue seleccionada como referencia para desarrollar el Proyecto de Gestión Integral de cuencas hidrográficas debido a: (i) es una cuenca abastecedora de más del 60 % del agua del área Metropolitana de Caracas, desde el embalse Camatagua, (ii) presenta una degradación severa de sus recursos naturales, que compromete los servicios ambientales, en particular la disponibilidad y calidad del agua para la región capital, y para los habitantes de la cuenca, (iii) cuenta con información básica disponible para este trabajo, (iv) los profesionales participantes del Grupo Orinoco en la elaboración del Perfil del Proyecto poseen experiencia de trabajo en la CARG.

La Cuenca Alta del Río Guárico tiene una superficie aproximada de 212.000 ha y sus límites se encuentran en la jurisdicción de los estados Aragua, Carabobo y Guárico (Figura 1). El río Guárico es un río de los Llanos Centrales de Venezuela y es el colector principal de las aguas de escorrentía de las 9 subcuencas que conforman la CARG (Figura 2). La cuenca alta se encuentra seriamente afectada por procesos de degradación ambiental, lo cual es de significativa importancia por ser una de las principales fuentes de agua para la Región Capital. El río Guárico recibe, antes de su captación en el embalse de Camatagua, aguas residuales de las poblaciones de San Juan de los Morros, San Sebastián de los Reyes, San Casimiro y Güiripa. La cuenca alta

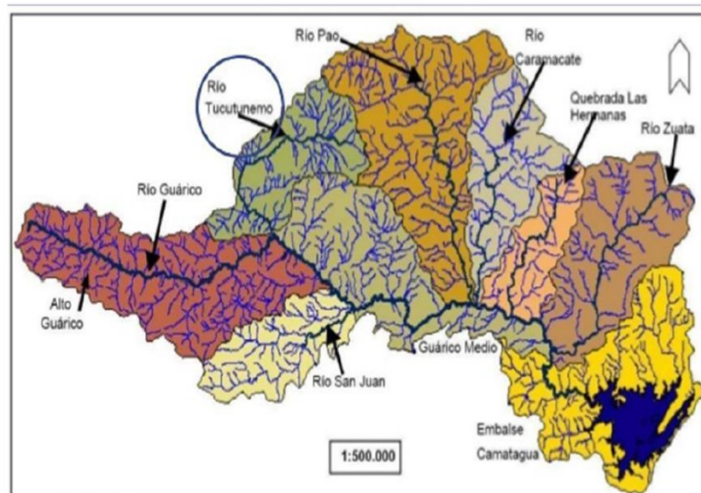
tiene un uso agrícola y pecuario generalizado, con deficiencias en la escogencia de rubros y suelos, y ausencia de prácticas de conservación de suelos y aguas. Esta situación ha generado ambientes agrícolas de intensa erosión, pérdidas de suelos, deforestaciones e incendios de vegetación, asociado al uso del fuego en el aprovechamiento de pastizales, una baja productividad y poca adaptación a los actuales y previsibles cambios climáticos.

**Figura 1. Ubicación relativa de la CARG**



Fuente: SIACARG (Jácome, Aguerrevere y López, 2001).

**Figura 2. Subcuencas de la CARG**



b



## 2. ¿Qué significa definir una modalidad de gestión integral de una cuenca hidrográfica?

- a. Formular un Plan Integral de Gestión para la cuenca alta, que esencialmente incluye:
  - Caracterizarla, para conocer sus potencialidades, limitaciones y degradación de ecosistemas naturales y sus recursos.
  - Preparar el Plan de Ordenación del Territorio.
  - Diseñar los Programas de Gestión específicos que sean necesarios para superar los problemas detectados en la caracterización y diagnóstico ambiental (p.e. el Programa de Conservación de Suelos).
- b. Desarrollar un modelo de Gestión Integral para la CARG, cuyos elementos constructivos pudieran ser replicados -con los ajustes pertinentes- en otras cuencas abastecedoras de agua a centros poblados en el país, cuyo componente fundamental es la participación de los actores clave de la cuenca alta en las decisiones institucionales.
- c. Crear una institucionalidad de carácter permanente en la cuenca alta, que lleve adelante la implementación del Plan de Gestión Integral.
- d. Proponer las Áreas Naturales Protegidas (ANP) necesarias para contribuir a alcanzar los objetivos del Proyecto de Gestión Integral de la CARG, en particular el de abastecer de agua a Caracas y mejorar el bienestar de los habitantes de la cuenca alta. Así mismo, gestionar la creación, el ordenamiento y reglamentación de uso de las ANP propuestas.
- e. Proponer un plan de uso sustentable de la tierra de la cuenca, promoviendo un cambio en el actual patrón degradante de agricultura por un modelo diferente de agricultura, ajustado a los ambientes montañosos de las regiones intertropicales.
- f. Vincular los objetivos del Proyecto con aquellos del Desarrollo Sustentable (ODS) de la Agenda 2030 de Naciones Unidas, puesto que el tema de la gestión de cuencas hidrográficas se inscribe perfectamente en la Agenda, dada la complejidad y la diversidad de temas a ser abordados en el proceso de Gestión Integral. Similarmente, considerar los acuerdos del Cambio Climático (COP21) que promueven la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación), y la aplicación de medidas adaptativas, especialmente importantes en la CARG por la degradación de los ecosistemas boscosos y la erosión de suelos, que conllevan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y contribuyen con el cambio climático que afectan al ciclo hidrológico y la producción de agua.

## 3. Propósitos del Perfil de Proyecto

En este documento, esencialmente se proponen, para la CARG, las bases para preparar los siguientes componentes:

- a. El Plan de Gestión Integral

- b. El Modelo de Gestión
- c. El Modelo de Agricultura Sustentable de Ambientes de Montaña
- d. Modelo de Institucionalidad

El propósito ulterior es presentarlo a agencias internacionales de desarrollo, para obtener financiamiento como preinversión para la ejecución del estudio.

## EXECUTIVE SUMMARY

This document is intended to define and propose a model of hydrographic watershed management for the water supply watersheds to cities in Venezuela, using the Upper Watershed of the Guárico River (CARG), as a reference.

The emphasis on watersheds issues originates from the serious problems of drinking water supply and quality in the country. In response to this, the Orinoco Group (A Venezuelan Think Tank on Environment and Energy) has formulated a Route Map to “Recover Drinking Water and Sanitation Services in Venezuela”, as a contribution to the reconstruction of this service in the country. In this Route, the issue of watershed conservation occupies a relevant space.

The Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture (IICA), expressed its interest in supporting the Orinoco Group in preparing this proposal, within the framework of its Institutional Preinvestment Fund for the Management of External Financing Opportunities (FonPri).

The Project Profile combines four main aspects: (i) a general description of the CARG, (ii) its main problems, (iii) its possible solutions, and (iv) the specifications of the activities that need to be carried out to design of the Integrated Watershed Management model of CARG.

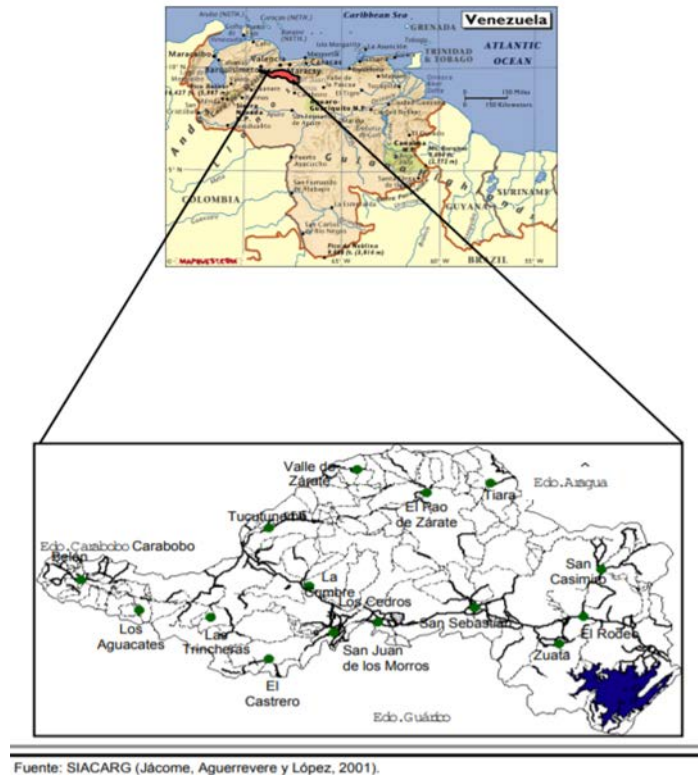
### **1. The Upper Guárico River Watershed (CARG) as a reference**

The CARG was selected as a reference to develop the Integrated Management Watersheds Project due to: (i) it is a watershed supplying more than 60% of the water of the Caracas Metropolitan area, since the Camatagua reservoir; (ii) its natural resources are under intense degradation processes, which compromises environmental services, in particular the availability and quality of water for the Capital Region, and the watershed inhabitants; (iii) it has basic information available; and (iv) Orinoco Group members have work experience in the CARG.

The Upper Guárico River Watershed has an approximate surface of 212,000 ha and its limits are in the jurisdiction of Aragua, Carabobo and Guárico states (Figure 1). The Guárico River is a river in the Central Plains of Venezuela and is the main collector of runoff waters from the 9 sub-watersheds that make up the CARG (Figure 2). The upper watershed is seriously affected by environmental degradation processes, which is of significant importance as it is one of the main sources of water for the Capital Region. The Guárico river receives untreated wastewater from the cities of San Juan de los Morros, San Sebastián de los Reyes, San Casimiro and the town of Güiripa, before it is collected in the Camatagua reservoir. The upper watershed has a general agricultural and livestock use, with deficiencies in the choice of crops and soils, and the absence of soil and water conservation practices. This situation has generated an intense soil

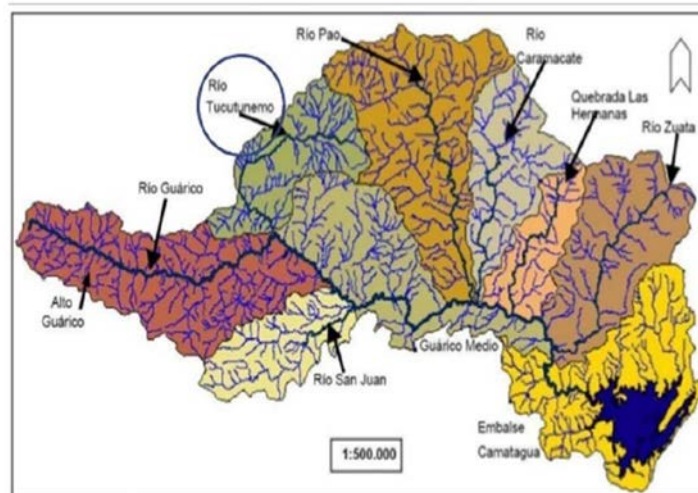
erosion and losses, deforestation and vegetation fires, associated with the frequent use of fire in grasslands management, low productivity, and low adaptation to current and foreseeable climatic changes.

**Figure 1. Relative location of CARG**



Fuente: SIACARG (Jácome, Aguerrevere y López, 2001).

**Figure 2. CARG sub-watersheds and Camatagua reservoir**



## **2. What does it mean to define a model of integral management of a hydrographic watershed?**

- a. To prepare a Comprehensive Management Plan for the CARG, which essentially includes:
  - Characterize it, to know its potential, limitations and degradation state of natural ecosystems and their resources.
  - To prepare a sustainable Land Use Plan.
  - To prepare Specific Management Programs necessary to overcome watershed detected problems in the environmental diagnosis phase (eg the Soil Conservation Program).
- b. To develop a Comprehensive Management Model for the CARG, whose constructive elements could be replicated -with the appropriate adjustments- in other water supply watersheds to cities in the country.
- c. To establish a permanent organization in the upper watershed, to carry out the implementation of the Comprehensive Management Plan.
- d. To propose Natural Protected Areas (ANP) to contribute to achieving the objectives of the CARG Comprehensive Management Project, in particular that of supplying water to Caracas and improving the well-being of the inhabitants of the upper watershed. Likewise, manage the proposition, ordering and use regulation of ANPs.
- e. To propose a plan for the watershed sustainable land use, promoting a change in the current degrading pattern of agriculture for a different model of agriculture, adjusted to the tropical mountainous environments.
- f. To link Project objectives with those of Sustainable Development Objectives (SDO) of the United Nations 2030 Agenda, since the issue of watershed management fits perfectly into that Agenda, given the complexity and diversity of issues to be addressed in the Integral Management process. Similarly, consider Climate Change agreements (COP21) that promote the reduction of greenhouse gas emissions (mitigation), and the application of adaptive measures, especially critical in the Guárico watershed due to the degradation of forest ecosystems and soil erosion. , which entail the emission of greenhouse gases (GHG), and contribute to climate change that affect the hydrological cycle and water production.

## **3. Purposes of the Project Profile**

In this document, the bases for preparing the following components are essentially proposed for CARG:

- a. The Comprehensive Management Plan
- b. The Management Model

- c. The Model of Sustainable Agriculture of Mountain Environments
- d. Institutional Model

The subsequent purpose is to present it to international development agencies, to obtain financing as a pre-investment for the execution of the study.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El Perfil del Proyecto del Plan de Gestión Integral de Cuencas Abastecedoras de Agua: Caso Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), Venezuela, consiste en un documento comprehensivo que plantea tres componentes principales: (i) el concepto del Proyecto y los aspectos relevantes de la Cuenca Alta del Río Guárico, su importancia en el abastecimiento de agua del área metropolitana de Caracas; sus principales problemas, incluyendo los procesos actuales de degradación de sus recursos naturales, que afectan la producción de agua segura para el abastecimiento y el bienestar de la población asentada en la cuenca alta; (ii) las bases para orientar las posibles soluciones a los problemas planteados (Plan de Ordenamiento del Territorio y Reglamento de Uso, el Plan de Gestión, el Modelo de Institucionalidad y el de Gestión Integral de la CARG) y (iii) los términos de referencia preliminares para preparar el Proyecto CARG. El presente documento se refiere al Perfil del Proyecto de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG).

Es así como el Proyecto CARG, consiste esencialmente en convertir el Perfil de Proyecto, comprendido en este documento, en un proyecto con contenido y forma aceptables para la negociación con una agencia financiera internacional. Para lograr este objetivo, formalmente, el Proyecto Plan de Gestión Integral de la CARG debe tener como contrapartida nacional, al ente oficial responsable de la autoridad de las aguas y cuencas hidrográficas, designado por las autoridades de un nuevo gobierno democrático. Para ello, tendrían que darse tres condiciones: (i) el advenimiento del gobierno democrático con autoridad y control de las instituciones jurisdiccionales; (ii) aprobarse el Proyecto CARG por la institución responsable de la autoridad de las aguas y cuencas hidrográficas; y (iii) la aprobación de la operación de crédito internacional por el más alto nivel del nuevo gobierno.

Asumiendo la conformidad del Proyecto CARG por la agencia de financiamiento internacional, la responsabilidad de su ejecución, estaría en el ente responsable de la autoridad de las aguas y cuencas hidrográficas del país (decisión del nuevo gobierno). Así mismo, la coordinación técnica y administrativa, será competencia del ente institucional creado para la gestión de la CARG, según las normas de ejecución de proyectos de la agencia financiera internacional.

En este orden de ideas, en el presente Perfil del Proyecto se desarrollan los aspectos conceptuales y metodológicos a seguir para la formulación del Plan de Gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), la cual ha sido seleccionada en virtud de su importancia nacional como abastecedora de agua.

### **1.1. LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUÁRICO (CARG)**

La Cuenca Alta del río Guárico tiene una superficie aproximada de 212.000 ha y sus límites se encuentran en la jurisdicción de los estados Aragua, Carabobo y Guárico. Es la principal fuente de abastecimiento de agua del acueducto del área metropolitana de

Caracas (65 %) desde el embalse de Camatagua. La cuenca media, aguas abajo del embalse de Camatagua, supe agua para riego de ambas márgenes del río, hasta llegar al embalse del sistema de riego río Guárico, donde se regaban entre 20.000 y 25.000 ha principalmente de arroz. Aguas abajo del embalse del sistema de riego, el río Guárico continúa su curso hasta desembocar con otra denominación en el río Orinoco. El río Guárico, colector principal de todas las aguas de escorrentía de las 9 subcuencas que conforman la CARG, es un río de los Llanos Centrales de Venezuela, fundamental en el sistema de embalses de regadío del estado Guárico para diversos cultivos (Calabozo) y para el abastecimiento de agua potable de Caracas desde el embalse de Camatagua y para los centros urbanos emplazados en la cuenca.

El río Guárico recibe antes de su captación en el embalse de Camatagua aguas residuales de las poblaciones de San Juan de los Morros, San Sebastián de los Reyes, San Casimiro y Güiripa; por lo que se visualiza un nuevo enfoque de economía circular, en el cual se consideren como recursos hídricos aquellas aguas residuales debidamente tratadas, que hasta entonces se consideraban desperdicios contaminantes.

La CARG, se encuentra seriamente afectada por procesos de degradación ambiental, lo cual es de significativa importancia por ser una de las principales fuentes de agua para la Región Capital. Tiene un uso agrícola y pecuario generalizado con deficiencias en la escogencia de rubros, suelos y prácticas de conservación de suelos y aguas, lo que genera ambientes agrícolas de intensa erosión, pérdidas de suelos, deforestaciones, incendios de vegetación asociados al uso del fuego en la agricultura y en el aprovechamiento de pastizales naturales, baja productividad y poca adaptación a los actuales y previsibles cambios climáticos. La cuenca tiene una parte de su superficie bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE): dos Monumentos Naturales y la Zona Protectora del Río Guárico (denominada Protección de las Márgenes del río Guárico y del Embalse Camatagua). Estas áreas son espacios naturales protegidos y con algunos usos restringidos para conservar los recursos naturales, incluyendo el agua. Sin embargo, no se cumple con las disposiciones de la normativa legal vigente de ordenamiento (p.e. no poseen planes de ordenamiento ni reglamentos de uso). Igualmente, ni los mismos organismos oficiales cumplen con la normativa ambiental, ni las personas, ni organizaciones privadas asentadas en esta parte de la cuenca del río Guárico. Esta situación refleja claramente una falta de gobernanza lo cual ha permitido la ocurrencia de estos conflictos de uso, la degradación de la cuenca y la poca participación de los actores que hacen vida en este territorio.

A pesar de esta crítica situación ambiental, es oportuno señalar que la CARG dispone de información sobre aspectos físico-naturales y socioeconómicos, que pudiera contribuir a definir cursos de acción y contenidos en la propuesta del Perfil del Proyecto objeto de este documento. Dentro de esta plataforma de información, destaca el estudio de la CARG, desarrollado por la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de

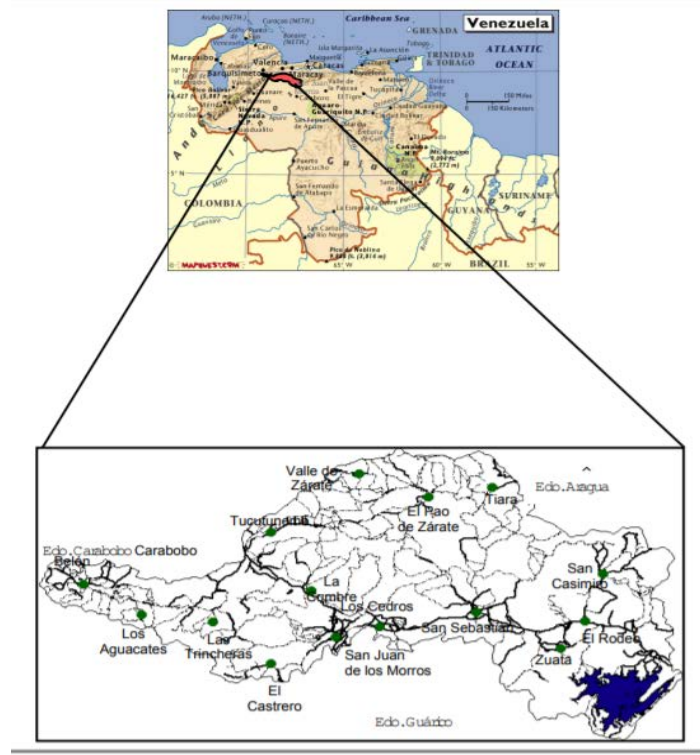


Venezuela (Instituto de Edafología), que puede suministrar información valiosa al Proyecto (Casanova y Vilorio, 2004). No obstante, se demandan esfuerzos adicionales para generar, sistematizar y actualizar la información territorial y socio ambiental de este espacio, a los fines de conceptualizar y materializar un Plan de Gestión Integral para esta cuenca.

## 1.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

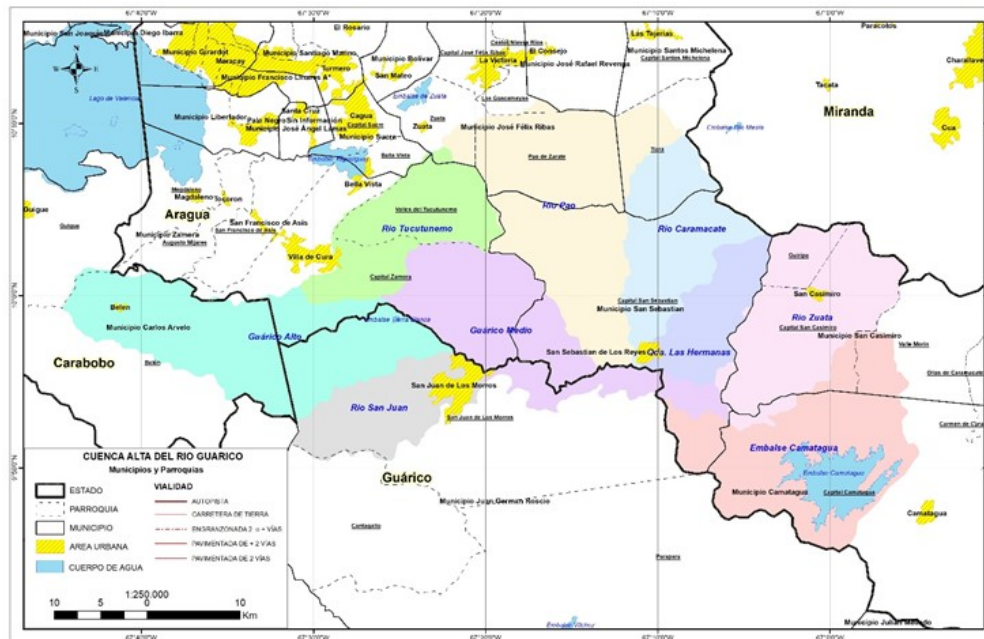
Las nacientes del río Guárico se ubican cerca de la población de Belén, estado Carabobo, en la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa; luego el río discurre en sentido este-sureste recibiendo las aguas de los ríos Tucutunemo, San Juan, Pao, Caramacate, la quebrada Las Hermanas y el río Zuata, hasta llegar al embalse Camatagua. El propósito más importante de este embalse es el abastecimiento de agua a la Región Capital, suministrándole un caudal del orden de los 9 m<sup>3</sup>/s, además de proveer de aguas para el riego de zonas agrícolas que se ubican aguas abajo del embalse (SIMCA, 1960). La cuenca alta hasta el embalse, que se conoce en este documento como la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), tiene un área tributaria del orden de los 2.185 km<sup>2</sup> y un caudal medio de unos 16 m<sup>3</sup>/s. Esta cuenca contiene dentro de sus límites seis municipios de los estados Aragua, en su mayor proporción, y otros en jurisdicción de Guárico y Carabobo (Figura 1.1a y 1.1b). Geográficamente, se encuentra localizada entre los 9°45' y 10°12' de latitud Norte y los 66°54' y 67°45' de longitud oeste.

**Figura 1.1a. Ubicación Relativa de la Cuenca Alta del Río Guárico**



Fuente: SIACARG (Jácome, Aguerrevere y López, 2001).

**Figura 1.1b. Área de Estudio. Cuenca Alta del Río Guárico: Subcuencas y Municipios**



## 2. JUSTIFICACIÓN

El Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, permitirá dictar los lineamientos y directrices para un uso sustentable de los recursos naturales, con énfasis en el abastecimiento de agua y para la propuesta de otros usos de la tierra compatibles con éste, con miras a propiciar un desarrollo sustentable y mejoras en la calidad de vida de la población asentada en la CARG.

Esta propuesta de Plan de Gestión Integral de la CARG se justifica debido a las siguientes razones:

- Hacer sostenible la producción de agua, en cantidad y calidad, la cual es una línea de acción estratégica para el abastecimiento sostenible de agua a la región metropolitana de Caracas y a otros emplazamientos urbanos y rurales de la cuenca, así como para sustentar el desarrollo regional y local.
- Velar por la integridad de los ecosistemas y los recursos naturales que rigen el ciclo hidrológico, para hacer sostenible la principal vocación de la CARG: la producción de agua.
- Reducir la producción de sedimentos y la contaminación, los cuales impactan negativamente la calidad de las aguas.
- Propiciar políticas públicas y acciones de conservación de cuencas y desarrollo regional, al promover la participación de los actores sociales, la integración y complementariedad de recursos para consolidar una gestión integral de desarrollo

en la CARG, con el fin ulterior de mejorar la calidad de vida de la población de la cuenca.

## **2.1. ALGUNOS ANTECEDENTES**

Entre 1999 y 2001, un equipo de investigadores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV), PDVSA-PALMAVEN y la Fundación Instituto de Ingeniería, crearon el Sistema de Información Ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico (SIACARG). El proyecto SIACARG, financiado por CONICIT (hoy FONACIT), recopiló y generó información básica sobre la cuenca, a escala 1:100.000, y la organizó en un sistema de información geográfica (Jácome, A. et al. 2001).

En el periodo 2002-2004, se formó el Núcleo de Investigación de la Cuenca, con sede en la Facultad de Agronomía de la UCV (Maracay), como parte del Proyecto Iniciativa Científica del Milenio promovido por FONACIT. Este núcleo de investigación recopiló y generó información básica adicional a la contenida en SIACARG, y realizó una evaluación ambiental y de aptitud agrícola de la cuenca. Como producto de esta evaluación se identificaron áreas con prioridad de preservación y rehabilitación, áreas con posibilidades de uso agrícola y tipos de utilización de la tierra aptos desde el punto de vista ecológico. (Casanova y Vilorio. 2004).

En el decenio entre 2004 y 2014, la Facultad de Agronomía de la UCV y la Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG) realizaron nuevos proyectos de investigación, en las subcuencas de los ríos Caramacate y San Juan, con financiamiento limitado. Estas investigaciones aportaron nuevos conocimientos sobre la cartografía digital de suelos en áreas montañosas, la susceptibilidad y riesgos de deslizamientos en las laderas de la cuenca y la influencia de la orientación de las laderas sobre la formación de suelos.

Hoy en día se dispone de la información contenida en el SIACARG, y de aquella recopilada y generada por el núcleo de investigación de la cuenca, además de la generada por otras instituciones. Sin embargo, esta información debe ser complementada, actualizada y organizada, para ser utilizada como un insumo para los propósitos del Proyecto de CARG.

Aun cuando se cuenta con estos valiosos esfuerzos en términos de información, la Cuenca Alta del Río Guárico, carece de un Plan de Gestión Integral y de una institucionalidad permanente, que permita implementarlo a través de un modelo de gestión, que establezca la participación de los actores relevantes y con una gobernanza efectiva.

Como se describe en la propuesta de este Perfil del Proyecto, esta cuenca fue seleccionada por estar “afectada por procesos de degradación ambiental de significativa importancia y por ser una de las principales fuentes de agua para la Región Capital de

Venezuela”. Se presume que el embalse principal de esta cuenca -Camatagua- además de un proceso de contaminación, está siendo colmatado por procesos de producción, transporte y deposición de sedimentos originados por erosión de suelos, lo que constituye para algunos expertos, un fracaso de la gestión de la cuenca (De Jesús Gaspar, 2003).

## **2.2. BENEFICIOS ESPERADOS DE LA IMPLANTACIÓN DE UN PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LA CARG Y UNA INSTITUCIONALIDAD PERMANENTE**

La implantación de un Plan de Gestión Integral y una Institucionalidad permanente en la Cuenca Alta del Río Guárico, traería consigo consecuencias positivas para la región capital y para la propia Cuenca Alta del Río Guárico, ya que se verían beneficiadas al recibir un agua de mejor calidad suministrada desde el embalse de Camatagua.

Otros impactos positivos esperados incluirían, además:

- Ambientales/Ecológicos (Conservación, preservación y restauración de ecosistemas y recursos naturales).
- Mayor bienestar para la población de la cuenca, al mejorarse sus condiciones socioeconómicas.
- Proyectos y emprendimientos para las comunidades que viven en la cuenca.
- Aumento de la productividad agrícola al mejorar los sistemas de producción y los agricultores recibir asistencia técnica.
- Oportunidades de empleo en actividades agrícolas y de conservación y restauración de la cuenca.
- Alargamiento de la vida útil del embalse de Camatagua, al reducirse los aportes de sedimentos.
- Participación de actores clave en las decisiones gerenciales.
- Viabilidad política al Proyecto CARG.

### **3. OBJETIVOS DEL PERFIL DE PROYECTO “PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA ALTA DEL RIO GUARICO (CARG)”**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Preparar un Perfil de Proyecto de la Cuenca Alta del Rio Guárico (CARG) contentivo de:

- a. Las bases para:
  - Formular la caracterización y diagnóstico ambiental
  - Formular un Plan de Ordenamiento de la cuenca con base en información disponible.
  - Diseñar un Modelo de Gestión de la cuenca con la participación de actores clave y el principio de cogestión.
  - Formular un Plan de Gestión de la cuenca constituido por Programas de atención específicos.
  - Proponer un Modelo Institucional apropiado para adelantar el Modelo de Gestión diseñado.
- b. La promoción de acciones de conservación y gestión de cuencas que contribuyan a sostener la producción de agua para la Zona Metropolitana de Caracas y centros urbanos de la cuenca, en cantidad y calidad, y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca.
- c. El suministro de información, bases técnicas y propuestas de medidas, que permitan convertirlo en un Proyecto Bancable, para ser sometido a agencias internacionales de financiamiento, y adelantado desde una entidad gubernamental de un nuevo gobierno democrático que posea la adscripción de la autoridad de las aguas y las cuencas hidrográficas.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Formular las bases para:
  - La caracterización y diagnóstico ambiental de la CARG, con el fin de describir y tipificar sus componentes ambientales principales, conocer sus condiciones de conservación, de deterioro, sus potencialidades y otros atributos sobresalientes.
  - La generación de la información para el diagnóstico, donde se identifiquen y prioricen los principales problemas más relevantes de la cuenca, se identifiquen sus causas, consecuencias, tendencias espacio-temporales y potenciales soluciones, para abordarlas con la más alta prioridad en el marco de un Plan de Gestión desde corto a largo plazo.
  - La identificación y análisis de los actores y asuntos clave, con fines de facilitar su participación en la gestión de la cuenca y la gobernanza en la misma.

- La elaboración de un Plan de Ordenación del Territorio de la cuenca alta, con base en información básica disponible y en los resultados derivados de la aplicación del modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) y de un proceso de evaluación de tierras.
  - La preparación de un Plan de Gestión de la Cuenca Alta con base en Programas específicos diseñados para superar los problemas del contexto biofísico y socioeconómico de la CARG.
- b. Proponer un marco institucional cuya implementación procure la gobernanza y promueva el desarrollo sustentable de la cuenca, mediante la participación de los actores clave, y la autonomía, entre otros componentes.
- c. Proponer un Modelo Preliminar de Gestión Integral para la CARG, en el cual se considere un modelo de agricultura sustentable en ambiente montañoso, de potencial aplicación en otras cuencas del país con los ajustes pertinentes.

### **3.3. ORGANIZACIÓN DEL PERFIL DEL PROYECTO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

El documento está organizado en ocho componentes principales a desarrollar para preparar el Proyecto CARG, que se indican a continuación:

- A. Caracterización y diagnóstico ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico.
- B. Escenarios de planificación del uso de la tierra mediante el modelaje (SWAT) y evaluación ambiental integral de la CARG.
- C. Plan de Ordenación y Reglamento de uso de la CARG.
- D. Plan de Gestión Integral y sus Programas para la Cuenca Alta del Río Guárico.
- Programa de implementación de la institucionalidad propuesta.
  - Programa de evaluación, prevención y control de la calidad de las aguas.
  - Programa de conservación de suelos.
  - Programa de extensión y asistencia técnica para la producción ambientalmente sustentable.
  - Programa de infraestructura y equipamiento ambiental.
  - Programa de apoyo a las comunidades.
  - Programa de normativa ambiental.
  - Programa de estudios e investigaciones.
  - Programa de educación ambiental.
  - Programa de monitoreo, vigilancia y control.
  - Programa de control y prevención de riesgos naturales.
  - Programa de seguimiento, control y evaluación del plan de gestión.

- E. Un Modelo de Institucionalidad para la Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.
- F. Un Modelo de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, incluyendo el modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos.
- G. Un Modelo Preliminar de Institucionalidad para la Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.
- H. Una propuesta de financiamiento del Plan de Gestión Integral de la CARG para un periodo de 5 años.

### **3.4. EL PERFIL DEL PROYECTO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

Este Perfil del Proyecto de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, constituye el producto central del trabajo. El Perfil del Proyecto consta de seis módulos principales a desarrollar, que guardan similitud con los componentes expuestos en la Sección anterior (3.3), tal como se indica-a continuación:

- a. Caracterización y diagnóstico ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico.

En el Perfil del Proyecto, la caracterización ambiental tendrá un carácter general y estará orientada a recabar y utilizar información disponible, y se actualizará algún componente muy esencial. El equipo de trabajo realizará las siguientes actividades:

- El reconocimiento de la Cuenca.
- La recopilación y evaluación de información básica.
- El diagnóstico físico natural: hidroclimatología, geología, geomorfología, suelos, calidad de agua y cobertura y uso actual de la tierra. Identificación de las potencialidades, vulnerabilidad y principales problemas ambientales de la cuenca.
- El diagnóstico socioeconómico: caracterización de la población y sus actividades económicas, el estado actual de los servicios públicos. Identificación, caracterización y evaluación de los sistemas de producción agrícola. La identificación de los conflictos de uso de las tierras. Revisión y evaluación de la institucionalidad existente. Revisión y evaluación de propuesta de desarrollo para el área.
- La evaluación general del estado de las ABRAE presentes en la cuenca.
- La evaluación general de los Planes de Ordenación de las ABRAES de la Cuenca Alta del Río Guárico (si estuviesen disponibles).
- El diagnóstico general de la normativa legal e institucional.

- b. Escenarios de planificación del uso de la tierra mediante el modelaje (SWAT) y evaluación ambiental integral de la CARG.
- c. Plan de Ordenación y Reglamento de uso.
- d. Plan de Gestión Integral y sus Programas para la Cuenca Alta del Río Guárico.

El Perfil del Proyecto incluirá los lineamientos de un Plan de Gestión Integral para la Cuenca Alta, el cual estará conformado por un grupo de Programas. Preliminarmente, con base a los conocimientos que se tiene, se delinearán algunos de los programas dentro del plan de gestión. Los mismos serán confirmados posterior al análisis de la información recabada de la cuenca, y de ser necesario, divididos en subprogramas. Así mismo, cada uno de estos Programas, debe incluir un número de indicadores, para evaluar sus avances:

- Programa de implementación de la institucionalidad propuesta.
  - Programa de evaluación, prevención y control de la calidad de las aguas.
  - Programa de conservación de suelos.
  - Programa de extensión y asistencia técnica para la producción ambientalmente sustentable.
  - Programa de infraestructura y equipamiento ambiental.
  - Programa de apoyo a las comunidades.
  - Programa de normativa ambiental.
  - Programa de estudios e investigaciones.
  - Programa de educación ambiental.
  - Programa de monitoreo, vigilancia y control.
  - Programa de control y prevención de riesgos naturales.
  - Programa de seguimiento, control y evaluación del plan de gestión.
- e. Un Modelo de Institucionalidad para la Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.

En el Perfil del Proyecto, el Modelo de Institucionalidad estará ajustado al modelo de gestión preliminar, propuesto en el acápite 3.1. La institucionalidad se considera uno de los elementos clave de la gestión integral de cuencas, especialmente los aspectos referidos a la gobernanza y la participación activa de los actores (cogestión).

- f. Un Modelo de Gestión Integral de cuencas hidrográficas.

Este modelo se construirá bajo las siguientes premisas:

- El agua es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el ambiente natural y el desarrollo. El agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos, incluyendo los usos no extractivos (ecológicos, recreacionales).



- El enfoque debe estar basado en los principios de la gestión integrada de Cuencas Hidrográficas, que conlleva a la sustentabilidad de su funcionalidad y de los servicios ambientales de sus ecosistemas; así como también los principios de la Cogestión, que implica una participación activa de los actores clave, (sector público, privado y la sociedad civil), el fortalecimiento del rol de los usuarios de la cuenca, la resolución de conflictos y los mecanismos de coordinación intra e inter- institucionales.
- Reconocimiento de la planificación como elemento base para la gestión de cuencas a proponer (corto, mediano y largo plazo). Para ello es necesario disponer y actualizar los sistemas de información y comunicación.
- La sujeción a los Objetivos del Desarrollo Sustentable 2030 y los acuerdos de la COP21.
- La conceptualización de un Modelo de Agricultura Sustentable en Ambientes Montañosos.

Así mismo, el modelo de gestión a desarrollar, descansará sobre cuatro elementos clave:

- i. Asegurar la producción de agua, en cantidad y calidad, lo cual está supeditado a las siguientes condiciones:
  - La conservación de ecosistemas naturales presentes en la cuenca hidrográfica. Para ello, se requiere desarrollar acciones asociadas a los problemas vinculados con el uso de la tierra, que afectan el estado de los ecosistemas, tal como:
    - La reducción de la deforestación.
    - La prevención y control de los incendios de vegetación.
    - La prevención y control de la erosión de suelo.
    - La restauración de áreas degradadas.
  - La promoción de una agricultura sustentable en ambiente de montaña.
    - Un modelo de agricultura sustentable de montaña.
    - Programa de extensión en agricultura de montaña.
  - Una sistematización de las acciones de sensibilización y formación en conservación de cuencas y uso del servicio de agua.
  - El control de la contaminación de las aguas (puntual y difusa).
- ii. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca, lo que implica una disminución los niveles de pobreza existentes, la dotación o mejora de los servicios públicos y la diversificación económicas de los habitantes de la cuenca.
- iii. Adelantar una institucionalidad para la gestión integral de cuencas, con gobernabilidad, fortaleza, capacidad y autonomía, incluyendo una gestión participativa de todos los actores (cogestión), una normativa ambiental afín a la gestión integrada de cuencas, así como la transparencia, continuidad y el seguimiento a lo largo de todo el plan de gestión.

- iv. Asegurar el financiamiento de la gestión integrada de la cuenca hidrográfica, que incluye la identificación de las opciones de asistencia financiera.

### **3.5. ALCANCE DEL PROYECTO**

Este documento contiene una propuesta elaborada por algunos miembros del Grupo Orinoco (Venezuela), al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), referida a la preparación de un Perfil del Proyecto de Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, tomando como escenario de trabajo, la Cuenca Alta del río Guárico.

El propósito general del trabajo es elaborar el Plan de Gestión Integral de la CARG, en concordancia con las aptitudes y vocaciones de sus recursos y en sujeción con las políticas, estrategias, planes de ordenación, el marco jurídico ambiental vigente y con aquellas leyes y protocolos que son refrendadas por Venezuela internacionalmente, para alcanzar el desarrollo sustentable del área.

La intención es que, como producto central de esta iniciativa, se establezcan los criterios, contenidos y formatos que debe contener el proyecto para ser presentado a agencias internacionales de desarrollo y financiamiento, para su posterior implementación en campo, por la organización que ejercerá la autoridad de las aguas y las cuencas hidrográficas que decida un nuevo gobierno democrático.

El Plan deberá contener las responsabilidades institucionales, los programas de gestión prioritarios, así como una propuesta de zonificación y reglamentación (o normativa) para el uso de los recursos naturales y para la ocupación del territorio en concordancia con la vocación principal de la CARG, la producción de agua para abastecimiento urbano, uso agrícola y ambiental.

### **3.6. MARCO CONCEPTUAL DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

Para lograr el desarrollo sustentable se parte de las premisas que, deben preverse un proceso de ocupación territorial y unas modalidades de aprovechamiento de los recursos naturales sobre una base ecológica, en función de las particularidades del contexto social y biofísico de la CARG. En este sentido, el marco conceptual del Plan debe darle relevancia a un proceso de planificación y uso del espacio que garantice el ciclo hidrológico, la producción sostenida de agua y, por lo tanto, la integridad de los recursos naturales que lo gobiernan. Bajo estas premisas, la cuenca debe ser considerada como un sistema en el cual se conjugan factores físico-naturales, biológicos, socio-económicos, culturales, políticos e institucionales, interactuando en el espacio y en el tiempo bajo una dinámica generada internamente en la cuenca o por factores externos a ella. De la misma manera, el Plan debe perseguir un objetivo económico, el cual está asociado a la productividad de la cuenca, y para usos múltiples, siempre y cuando sean compatibles con la producción de agua.

### **3.7. MARCO INSTITUCIONAL Y JURÍDICO AMBIENTAL DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

La formulación del Plan de Gestión Integral de la CARG, debe inscribirse en el contexto de objetivos, acciones y propuestas de otros planes formulados para la región y particularmente para los estados Aragua, Carabobo y Guárico. Por consiguiente, el Plan de Gestión que se proponga debe conciliar sus alcances y propuestas con los planes existentes o en proceso de actualización, la normativa ambiental vigente y las propuestas sectoriales de desarrollo (regional o local) concebidas por los organismos públicos y/o privados para la Cuenca Alta del Río Guárico.

En virtud de la diversidad de organizaciones que actúan en el territorio de la cuenca, tanto gubernamentales como no-gubernamentales, se contemplarán en el Plan el diseño de los mecanismos de coordinación y la trama organizacional para vincular e integrar dichas organizaciones, a fin de que las orientaciones y propuestas del Plan sean compartidas y apoyadas interinstitucionalmente y cumplan con el objetivo final, es decir, conservación de recursos naturales y el desarrollo sustentable de la cuenca. La integración de estas organizaciones desde las fases iniciales de la formulación del plan, minimizaría los conflictos y evitaría falsas suposiciones y posiciones contrarias al Plan.

### **3.8. HORIZONTE DE PLANIFICACIÓN**

El horizonte que se prevé para la conceptualización e implementación del Plan de Gestión Integral de la CARG será a largo plazo (20-30 años). Sin embargo, la formulación de algunos programas de gestión, así como la instrumentación de ciertas acciones, deberán ser contempladas para el corto plazo (1-3 años) y mediano plazo (3-10 años), principalmente para aquellos espacios o subcuencas que muestran tendencias aceleradas y sostenidas en cuanto a ocupación del territorio, tipos de uso de la tierra y problemas ambientales.

#### **4. CARACTERIZACIÓN FISICONATURAL Y SOCIOECONOMICA DE LA CARG**

El enfoque integral y conocimiento sistémico de la cuenca sirve de referencia para determinar los impactos ambientales derivados de la ocupación del territorio, el cambio de uso del suelo, la afectación de los recursos naturales y la variabilidad climática, así como para proyectar el desarrollo local y regional. En general, la disponibilidad y calidad del agua representan importantes indicadores del estado de conservación de la cuenca, lo cual es de relevancia en el caso de la Cuenca Alta del Río Guárico, abastecedora de más del 60% del agua para el Área Metropolitana de Caracas.

Por tales razones, es de suma importancia para la gestión de las cuencas conocer sus características biofísicas, ecológicas y socioeconómicas, incluida la información cartográfica asociada para la planificación de los usos de las tierras, la ordenación del territorio y su zonificación, y conocer las condiciones de vida de la población asentada en sus territorios. Además, para hacer frente a los eventos extremos (sequías e inundaciones, movimientos en masa, etc.) y tomar las medidas de prevención y adaptación adecuadas.

La caracterización es el primer componente de la gestión de cuencas hidrográficas y constituye, por lo tanto, el componente de base sobre el cual se empieza a edificar toda la planificación e implementación de la intervención técnica de la cuenca. Es el gran generador de insumos de información para todas las fases que comprende el Plan de Gestión Integral de la CARG. La caracterización está dirigida fundamentalmente a describir y cuantificar las variables que tipifican a la cuenca, con el fin de establecer sus aptitudes, potencialidades y limitaciones de sus recursos naturales y las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan y finalmente su vocación de uso. La caracterización es conocida como la fase de inventarios, evaluaciones e interpretaciones, en la cual se adelantan los estudios básicos necesarios que constituyen el marco biofísico, social, económico y administrativo de todos los recursos, que ulteriormente sustentan el diagnóstico de la cuenca alta. Para el caso de la CARG, la caracterización necesaria para la formulación del Plan de Gestión Integral, se hará mayormente a partir de un proceso de recopilación y análisis de la información existente. Sin embargo, en algunos aspectos específicos se requiera un levantamiento de información para actualizar alguna data, tal como puede ser para algunas variables del ámbito socioeconómico y eventualmente para suelos y calidad de las aguas.

La caracterización deberá generar los elementos para analizar los problemas presentes y potenciales (tendencias) y las posibles causas asociadas (Diagnóstico o Síntesis Ambiental). La caracterización debe ser interpretativa y vinculante, en el sentido de identificar las relaciones que puede darse entre las distintas variables y componentes que conforman el Plan de Gestión, así como para identificar las relaciones causa-efecto. El presente capítulo contiene los lineamientos para la Caracterización Ambiental de la CARG y constituye el primer componente del Perfil de Proyecto del Plan de Gestión

Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG). Este componente contempla la recopilación, homogeneización, análisis y síntesis de la mayor parte de la información multidisciplinaria generada en la cuenca, en tiempos diferentes y con metodologías y enfoques distintos.

Para tal fin, la caracterización físiconatural y socioeconómica de la CARG deberá establecer las bases para:

- Conocer y diagnosticar las características geológicas, geomorfológicas, edáficas, climáticas, hidrográficas e hidrológicas y topográficas del área de la cuenca alta.
- Conocer y diagnosticar las características bióticas y ecológicas de la cuenca (Vegetación, Fauna, Ecosistemas).
- Conocer y diagnosticar las características socioeconómicas y culturales de la población.
- Evaluar las cualidades y potencialidades de los recursos naturales renovables.
- Caracterizar los sistemas de producción agrícola (SPA).
- Conocer la localización, características y mantenimiento de las obras de infraestructura física existentes en el área de la cuenca para el abastecimiento de agua, tratamiento de aguas residuales, riego, drenaje, etc.
- Identificar las fuentes de contaminación puntual y difusa, el manejo de residuos sólidos, tóxicos y peligrosos, la disposición final de residuos sólidos, y el impacto sobre las aguas subterráneas y superficiales, entre otras.
- Generar la información básica para la formulación de la propuesta de ordenación del territorio y el diseño de los Programas que forman parte del Plan de Gestión Integral de la CARG y para el diseño de la institucionalidad y gobernanza requerida.

Para la caracterización físiconatural, socioeconómica y cultural de la cuenca del río Guárico se tienen previstos los siguientes componentes o fases, los cuales se describen en las Secciones que siguen a continuación.

#### **4.1. RECONOCIMIENTO DE CAMPO DE LAS SUBCUENCAS DE LA CARG**

Este componente del Proyecto, representa el primer contacto con la cuenca y sus 9 subcuencas y la primera oportunidad para percibir el estado de la cuenca alta, y obtener alguna información y datos de informantes que hacen vida en la cuenca o que tienen incidencia en ella.

Esta fase debe ser debidamente planificada, para garantizar que sea adecuada y suficiente. En tal sentido debe recopilarse información sobre la cuenca previamente para planificar los itinerarios de las visitas de campo posteriores.

##### **Objetivo general**

Obtener una visión preliminar y rápida de la CARG a través de un reconocimiento de campo que permita obtener una idea del estado actual de la cuenca, sus condiciones ambientales y orientar el proceso de recopilación de información secundaria necesaria para la ejecución de las distintas etapas del Proyecto.

##### **4.1.1. Qué Observar en el Reconocimiento Preliminar de Campo**

A manera de guía preliminar, se indican algunos aspectos a ponerle atención durante el recorrido de campo del grupo que participe en este reconocimiento inicial:

- Evaluar las condiciones de acceso y trafabilidad de las vías que penetran las subcuencas.
- Georeferenciar sitios o posibles estaciones para la obtención de información físiconatural, socioeconómica y cultural, en las visitas de campo subsiguientes de los grupos de trabajo.
- Identificar, georeferenciar y fotografiar fuentes fijas o presumiblemente difusas de contaminación de cuerpos de agua (ríos, embalses, lagunas, etc).
- Identificar y fotografiar formaciones vegetales intervenidas y no intervenidas y modalidades de uso de la tierra.
- Georeferenciar y fotografiar sitios de saque de materiales
- Identificar, georeferenciar y fotografiar:
  - Actividad morfodinámica: erosión, movimientos en masa
  - Áreas afectadas por incendios de vegetación
  - Áreas de criticidad ambiental (por ejemplo, sitios de bote de materiales tóxicos o peligrosos, cursos de gua contaminados, etc)
- Centros poblados:
  - Identificar, georeferenciar y fotografiar centros urbanos, infraestructura de servicio y equipamiento ambiental.
  - Identificar, fotografiar y georeferenciar fuentes de contaminación (vertidos de aguas residuales, de desechos sólidos).
  - Realizar una inspección visual del tipo de vivienda, vialidad, servicios, recreación.

- Identificar infraestructura pública.
- Agricultura:
  - Identificar y fotografiar principales sistemas agrícolas (uso agrícola de la tierra).
  - Identificar, fotografiar y georeferenciar sitios de vertidos de aguas residuales (corrales, galpones, etc).
  - Identificar los cultivos representativos e infraestructura agrícola.
  - Determinar las condiciones y el tipo ganadería que se practica.
  - Fotografiar y georeferenciar el tipo de ganado representativo y la infraestructura ganadera existente.
  - Identificar impactos ambientales generados por la actividad ganadera.
  - Identificar impactos ambientales causados por los cultivos.
- Grado de Intervención o degradación de las subcuencas:
  - Grado de deforestación.
  - Realizar una inspección visual de zonas deforestadas: fotografiar y georeferenciar.
  - Degradación de los suelos por impactos ambientales de origen natural y antrópico.
  - Cambios en la hidráulica de los ríos afectados por extracción de materiales.
  - Identificación preliminar de los principales conflictos del uso del suelo en las diferentes subcuencas, por cambios de zonas de protección a cultivos, ganadería, zonas de pastoreo, entre otras.
  - Grado y tipo de afectación de las ABRAE (Registro fotográfico).
- Tipos de obras hidráulicas:
  - Georreferenciar y describir las obras hidráulicas observadas durante el recorrido de reconocimiento. Por ejemplo: embalses, puentes, tuberías, caminos, descargas, obras de toma, protecciones marginales.

#### **4.1.2. Información Previa**

Previo a la salida de campo se debe recolectar información existente que se perciba pueda contribuir en el reconocimiento inicial de la cuenca (informes técnicos, mapas base, mapas temáticos de estudios previos, imágenes de percepción remota, fotografías aéreas, etc), la existencia de estaciones de medición (hidrológicas, climatológicas, etcétera), oficinas públicas, organizaciones de producción, entre otras.

#### **4.1.3. Productos Esperados**

El Producto a generar para este componente corresponde a un informe técnico, debidamente complementado con fotografías, donde se detalle la información recabada en las observaciones de campo.

## **4.2. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE**

Esta fase del trabajo, aunque está tratada de manera general en esta Sección, es la primera actividad de cada uno de los componentes de la caracterización físico-natural y socioeconómica de la CARG, y será desarrollada desde de las secciones 4.3., hasta la 4.11. Esta fase incluye, para cada área temática, dos modalidades:

### **4.2.1. Recopilación de Información Bibliográfica**

A los fines de caracterizar los diferentes componentes ambientales, se consultarán y recopilarán diversas fuentes secundarias de información durante esta fase del trabajo. Esta información incluye clima, zonas de vida, hidrología, geología, geomorfología, suelos, cobertura vegetal, ecología, ABRE y uso de la tierra, socio economía, entre otras.

Una fuente de información bibliográfica de primer orden y disponible, es la generada en el estudio de la UCV Agronomía de la Cuenca “Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico” (Casanova y Vilorio, 2004) y la almacenada en el Sistema de Información Ambiental de la Cuenca Alta del Río Guárico-SIACARG- (Jácome et al., 2001).

### **4.2.2. Recopilación de Información a Partir de Informantes Calificados**

La información referida en esta sección corresponde a la generada a través de encuestas, cuestionarios, entrevistas semiestructuradas con informantes clave, tales como funcionarios de los servicios de salud, educación, ambiente, vivienda, obras públicas y transporte, comunicaciones, agua, energía, del sector agrícola, así como representantes de los sectores comercial, minero, industrial, turismo, profesionales universitarios, centros de investigación, asociaciones de desarrollo, grupos organizados, líderes locales, la iglesia, ONG y funcionarios municipales y estatales.

La información obtenida será objeto de análisis, procesamiento y organización, a los fines de ser incorporada en la Base de Datos Documental prevista para el Proyecto.



### **4.3. ACTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PLANOALTIMÉTRICA. ESTÁNDARES CARTOGRÁFICOS**

La elaboración de una base cartográfica actualizada, siguiendo la normativa técnica y legal establecida por el Instituto Cartográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), ente rector de esta materia en el país, es fundamental para asegurar el desarrollo exitoso del Plan de Gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG).

El mapa base no solo provee una localización geográfica a la que se georeferencia la información temática, sino que se constituye como la principal fuente cartográfica, para delinear y representar las variables espaciales que se requieren elaborar. Entre los beneficios de contar con un buen mapa base se tiene:

- Definir de forma precisa los límites de la cuenca y subcuencas y sus superficies.
- Garantizar, que la ubicación de las variables temáticas representadas, están localizadas posicionalmente de forma precisa, de acuerdo a la escala del mapa.
- Asegurar la concordancia espacial, entre las diferentes variables temáticas a generar; esto facilita la integración y análisis geoespacial de las mismas.
- Mantener la relación espacial entre la variable temática representada y la base cartográfica. Por ejemplo, al delinear un bosque ribereño, se debe asegurar que este bordea un cauce de agua.
- Servir de fuente, para generar numerosos mapas temáticos. Por ejemplo a partir de la base altimétrica se generan los mapas de pendiente y otras variables morfométricas que caracterizan la cuenca.
- Facilitar el cumplimiento de la normativa legal vigente en materia cartográfica; por tanto asegura la certificación de los productos cartográficos resultantes por parte del IGVSB.
- Facilitar al usuario la comprensión e interpretación del mapa; dado que ayuda a los elementos de la componente temática a transmitir mejor la información que contiene.
- Presentar una serie de elementos como la red fluvial, el relieve, las vías de comunicación, las poblaciones, toponimia, etc; que se constituyen como buenos elementos de referencia para permitir situar en base a ellos cualquier tipo de información temática.

#### a. Objetivo general

Establecer los lineamientos técnicos y legales, que se deben cumplir, para la elaboración de todos los productos cartográficos (mapa base y mapas temáticos) requeridos por el Proyecto.

#### b. Objetivos específicos

- Revisar y actualizar los límites de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG).

- Corregir y actualizar los mapas base que comprenden la cuenca.
- Incorporar los productos cartográficos generados, recopilados y actualizados en la Base de Datos Documental del Proyecto CARG

#### **4.3.1. Definición Escalas de Trabajo**

Se propone levantar y/o actualizar la información cartográfica y temática del área de estudio, la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), a una escala 1:100.000.

Sin embargo, de ser necesario, se sugiere en la fase de interpretación de sensores remotos y de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), realizar ventanas a mayor detalle (Escala 1:50.000) en aquellas áreas que revistan una importancia especial, donde se requiera precisar algún tipo de información (atributos espaciales). Por ejemplo, las zonas de mayor vocación de uso agrícola a los fines de delinear áreas con límites de pendiente más precisos, delimitación de bosques de galería, ABRAE, ecosistemas relevantes, y en subcuencas con alta criticidad ambiental por actividad morfoodinámica (movimientos en masa), erosión actual, afectaciones o actividad minera actual o pasada, etc.

#### **4.3.2. Definición del Sistema de Proyección Cartográfico**

La representación cartográfica de la información generada en el Proyecto, se realizará siguiendo la normativa establecida por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB). En este sentido, la resolución N° 10, del 22 de enero de 1.999, publicada el 03 de marzo de 1.999 en la Gaceta Oficial N° 36.653, establece como datum oficial para Venezuela el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS), del cual forma parte la Red Geodésica Venezolana (REGVEN). Este datum se denomina SIRGAS-REGVEN. Por tanto, toda la información de carácter geoespacial, utilizada en el proyecto debe estar representada cartográficamente en proyección Universal Transversal de Mercator UTM, Huso 19; Datum SIRGAS REGVEN, elipsoide GRS80.

Para la escala manejada en el proyecto (1:100.000), se considera el Datum WGS84 equivalente al SIRGAS-REGVEN.

En caso de información representada en el datum anterior para Venezuela, La Canoa-Hayford (PSAD-56; Provisional South American 1956), se transformará a REGVEN, usando los lineamientos establecidos en la norma: Algoritmo de Molodensky-Badekas, con los 10 parámetros oficiales PATVEN\_98 (Hoyer et al., 2001).

*DX (m)-270,933*  
*DY (m) 115,599*  
*DZ (m)-360,226*  
*EX (") -5,266*

EY (") -1,238  
EZ (") -2,381  
DM (PPM) -5,109  
XM (m) 2.464.351, 594  
YM (m) -5.783.466,613  
ZM (m) 974.809,808

#### **4.3.3. Características de los Productos Vectoriales**

Los objetos representados cartográficamente de forma vectorial (puntos, líneas y polígonos), serán presentados en formato "*shape*".

La unidad mínima de representación cartográfica es de 0,25 cm<sup>2</sup> de la escala de mapeo. Es decir, que para escala 1:100.000 la unidad mínima de mapeo debe ser de 25 ha y para la escala 1:50.000 de 6,25 ha.

El error máximo de desplazamiento de los objetos representados en formato vectorial, con respecto a su posición real en el terreno, debe ser de 0,3 mm de la escala de representación. Lo que es equivalente a 15 m y 30 m para productos a escala 1:50.000 y 1:100.000, respectivamente.

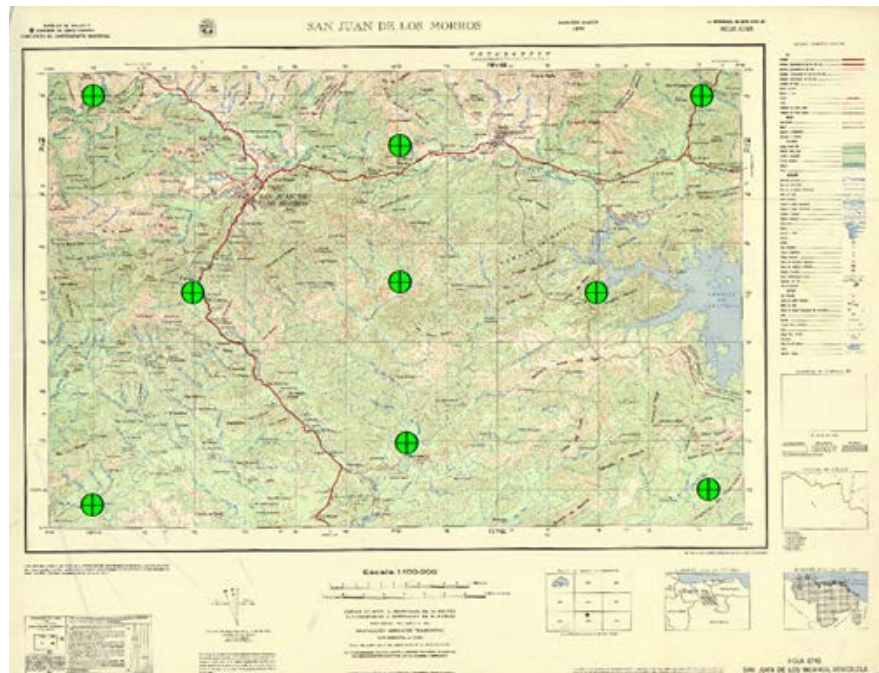
#### **4.3.4. Características de los Productos Raster**

Los objetos representados cartográficamente en raster (Imágenes de Sensores Remotos, Mapa imágenes, Modelos Digitales de Elevación, etc), se presentarán en formato "*geotiff*".

El tamaño de la celda para los productos raster a generar en el Proyecto, será menor o igual a 0.3 mm de la escala. Es decir, que para escala 1:100.000 el tamaño de celda debe ser de 30 cm y para la escala 1:50.000 de 15 cm.

Los productos raster estarán georeferenciados con un error mínimo cuadrado (RMS) menor de 30 m para objetos representados a escala 1:100.000 y 15 m para 1:50.000. Para los temas raster que requieran de corrección geométrica, se utilizará un mínimo de nueve (9) puntos bien distribuidos en toda la imagen (Figura 4.1).

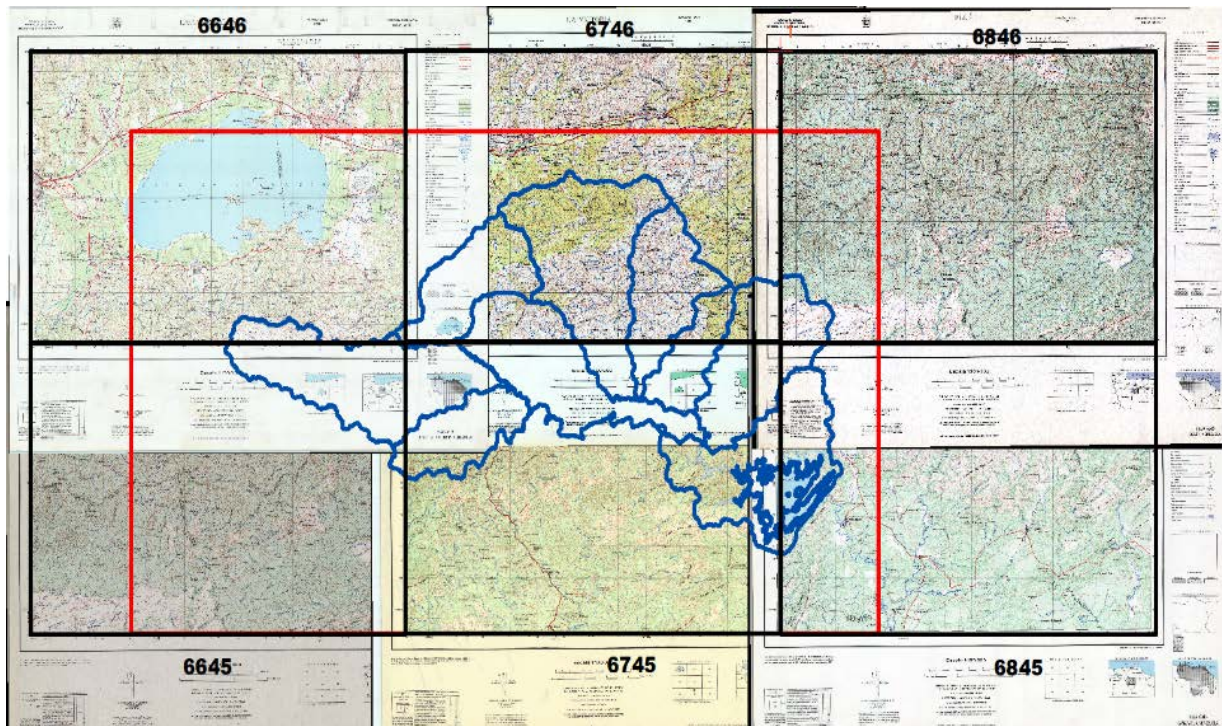
**Figura 4.1. Georreferenciación de Mapas en Formato Raster**



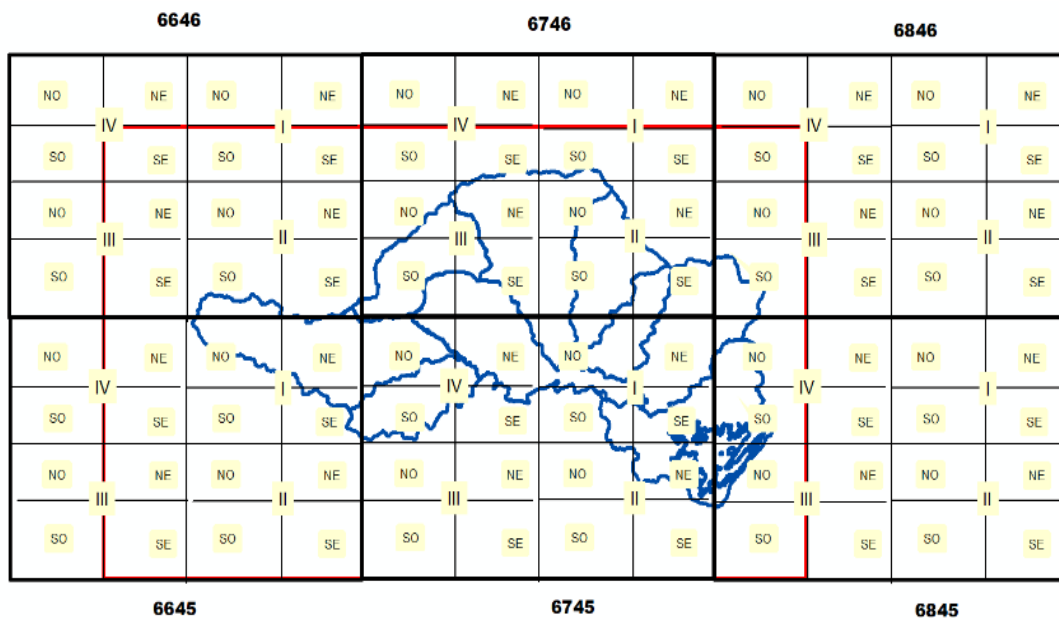
#### **4.3.5. Fuentes Primarias de Información para la Actualización de la Cartografía Básica y los Mapas Temáticos**

- a. Cartas topográficas oficiales: los mapas bases a utilizar, para el vaciado de la información temática e interpretativa, tendrán como fuente las cartas topográficas escala 1:25.000 y 1:100.000, producidos por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB).
- b. Cartas a escala 1:100.000: se deben adquirir las cartas topográficas que cubren la Cuenca Alta del Río Guárico, a saber: 6645, 6745, 6845, 6646, 6746, 6846 (Figura 4.2).
- c. Cartas a escala 1:25.000: si fuesen necesarias se deben seleccionar y adquirir las cartas 1:25.000 (Figura 4.3), que cubran las superficies de las áreas relevantes, donde se establecerían las ventanas a escala 1:50.000.

**Figura 4.2. Cubrimiento de Cartas Topográficas, Escala 1:100.000, del Área de Estudio**



**Figura 4.3. Cubrimiento de Cartas Topográficas, Escala 1:25.000, del Área de Estudio**



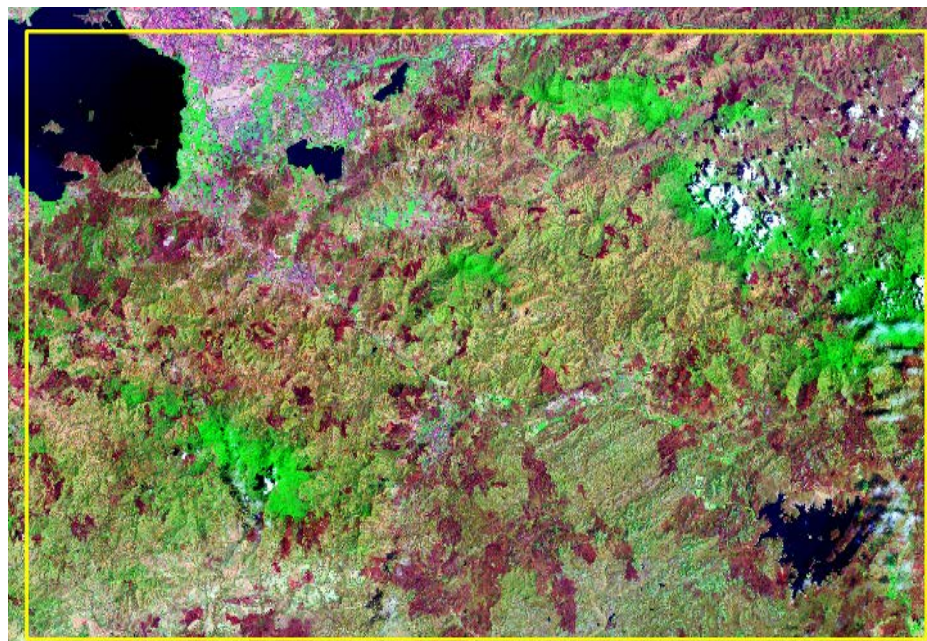
#### d. Imágenes de Sensores Remotos

Para la actualización de la planimetría, se contempla utilizar imágenes de satélite con un tamaño de celda de 0,3 mm de la escala de representación de los objetos. Las imágenes empleadas deben tener menos de 10% de cobertura de nubes y deben haber sido tomadas con un máximo de 2 años de anterioridad a la fecha de inicio del Proyecto; deben corresponder a un periodo climático similar. Se sugiere adquirir dos grupos de imágenes, una en el periodo seco (Enero-Abril) y otra de ser posible en el periodo húmedo (Junio-Agosto).

Basados en el requerimiento anterior del tamaño de celda de 0,3 mm, para la escala 1:100.00, el tamaño de celdas de las imágenes a emplear debe ser menor o igual a 30 m. En este sentido, se recomienda usar imágenes Landsat 8 que presentan una resolución espacial de 15 cm en la banda pancromática y 30 cm en las bandas multiespectrales (Figura 4.4).

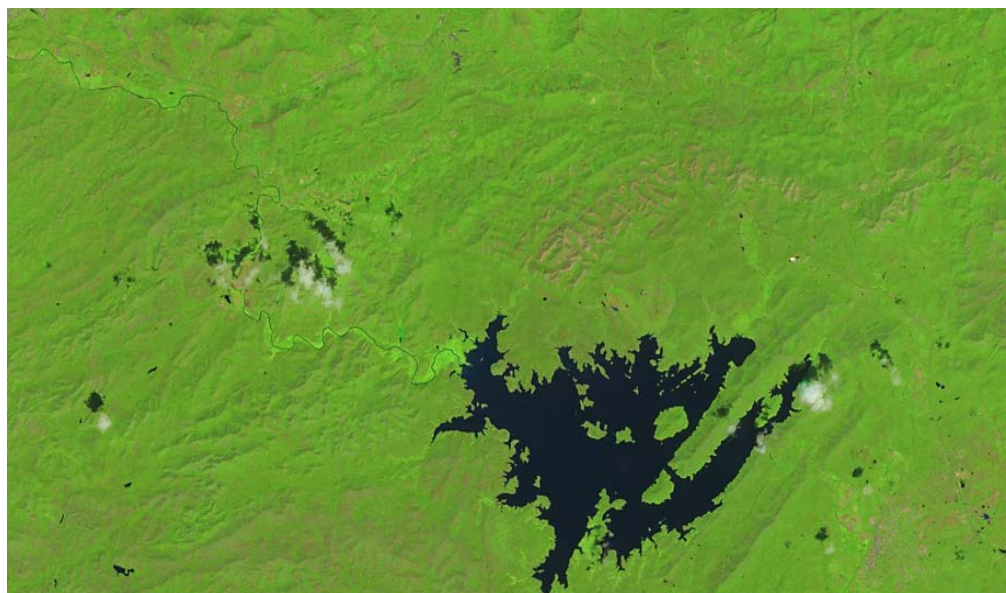
El satélite Landsat 8 es operado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS); sus imágenes están proyectadas en UTM, referidas al Datum WGS84 y su geolocalización presenta 12 metros de error circular, con un 90% de confianza en exactitud global. Este producto se puede descargar de forma gratuita de la página del USGS por sus siglas en inglés “United States Geological Survey” (<https://earthexplorer.usgs.gov>).

**Figura 4.4. Cubrimiento de Imágenes Landsat 8, del Área de Estudio**



Para la escala 1:50.000, el tamaño de celdas de las imágenes a emplear debe ser menor o igual a 15 cm. Por tanto, se considera factible emplear imágenes Sentinel 2, que presentan una resolución de 10 m en las bandas multispectrales: azul (490 nm), verde (560 nm), roja (665 nm) e infrarroja cercana (842 nm); sin puntos de control terrestre, presenta un error de geolocalización menor de 20 m (Figura 4.5).

**Figura 4.5. Cubrimiento de Imágenes Sentinel 2, de Ventanas Relevantes**



Las imágenes Copernicus Sentinel 2, del programa “Global Monitoring for Environment and Security” (GMES) administrado por “the European Commission” (EC) y “The European Space Agency” (ESA) se pueden descargar a través del siguiente enlace: <https://scihub.copernicus.eu>.

Para ambas escalas se deben realizar mosaicos con las Escenas Satelitales, que cubran la totalidad del área en estudio. Es importante ejecutar las correcciones espectrales necesarias que permitan homogenizar la radiometría de todo el mosaico.

Es necesario aclarar que además de Imágenes de Satélite Landsat 8 y Sentinel 2, se puede utilizar cualquier otro tipo de imágenes de sensores remotos que cumplan con los requerimientos técnicos establecidos.

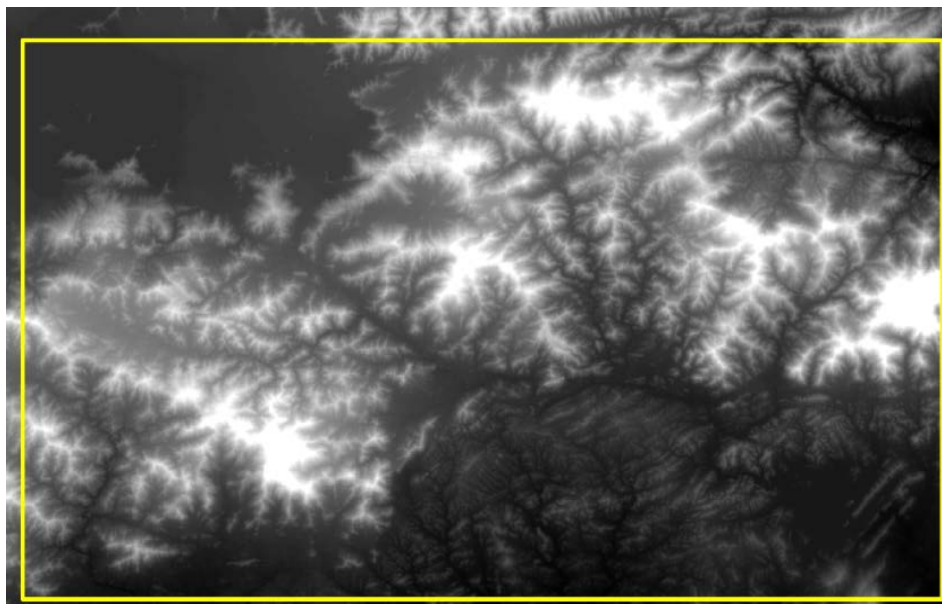
e. Modelos Digitales de Elevación (MDE)

Para la actualización de la altimetría y la generación de variables morfométricas a escala 1:100.000 para la Caracterización Hidrológica de la cuenca del río Guárico (Sección 4.5) y sus subcuencas, se utilizará el Modelo Digital de Elevación (MDE), producido por la misión SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission), elaborado el año 2000, entre la

Agencia Nacional de Inteligencia-Geoespacial (NGA) y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA).

El referido MDE (Figura 4.6), presenta una resolución de 1 arco-segundo (aproximadamente 30 m en el Ecuador), con un error de altitud vertical medio de 6,2 m (nivel de confianza de 90%) y un error de geoubicación de 9 m para Suramérica (Rodríguez et al, 2006). El Modelo está representado en coordenadas geográficas, referido al datum WGS84 y las elevaciones al geoide EGM96 (Earth Gravitational Model 1996). Este producto se puede descargar a través del siguiente vínculo: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.

**Figura 4.6. MDE SRTM, del Área de Estudio**



Para la escala 1:50.000, de ser necesario, se utilizará el MDE de la misión ALOS PALSAR, lanzado en enero del 2006 por la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA). El satélite ALOS (Advanced Land Observation Satellite) a través de su radar de apertura sintética PALSAR (Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar), permite generar un MDE de 12,5 m de resolución con un error lineal medio en altura de 5,5 m a un intervalo de confianza de 90%. <https://search.asf.alaska.edu>.

Al igual, que para el caso de las imágenes obtenidas de sensores remotos, se evaluará la utilización de otras fuentes de MDE, siempre que satisfagan las especificaciones técnicas establecidas.



#### **4.3.6. Actualización de la Base Cartográfica y Elaboración de Mapas Temáticos**

La actualización de la base cartográfica y los mapas temáticos asociados para el desarrollo del Proyecto a escala 1:100.000, cumplirán las especificaciones técnicas contempladas en la “Norma técnica para la verificación y certificación de la base cartográfica de productos temáticos”, Providencia Administrativa 046 del IGVS, Gaceta Oficial No. 41.083, del 26 de enero de 2017. A continuación se remarcan algunos aspectos relevantes de la norma.

Con base a los Artículos 8 y 9 de la referida norma, todo producto cartográfico temático deberá contener los siguientes elementos:

- Sistema de coordenadas: con un distanciamiento de las cuadrículas de 2.000 m para los productos a escala 1:50.000 (de ser necesarios) y 4.000 m para los 1:100.000.
- Simbología de los elementos gráficos, con sus respectivos atributos de color, grosor, estilo y tamaño.
- Nombres geográficos o topónimos, respetando su ubicación, orientación y la estructura gráfica y fonética de su idioma de origen.
- Título del documento cartográfico.
- Signos convencionales.
- Leyenda temática.
- Fuente de la base cartográfica utilizada en su elaboración.
- Fuente temática.
- Sistema de proyección y datum geodésico asociado.
- Situación relativa nacional; y según el área a representar regional y local.
- Escala gráfica y numérica.
- Distintivo del ente productor o autor.
- Año de elaboración.
- Año y número de la edición.
- Índice de hojas adyacentes (en caso de series).
- Depósito legal.

Los elementos a representar en la cartografía se simbolizarán con base a lo establecido en el artículo 13 de la norma (Figura 4.7).

**Figura 4.7. Simbología de los Elementos Gráficos, en base a la Providencia 046 del IGVS**

**HIDROGRAFÍA**

Elemento	Símbolo
Río, caño y quebrada	
Embalse	
Océano, mar, lago y laguna	
Raudal	
Salto	
Terreno anegadizo	
Ciénaga	
Salina	

**VÍAS DE COMUNICACIÓN**

Elemento	Símbolo
Autopista	
Carretera pavimentada	
Carretera engrazonada	
Carretera de tierra	
Línea férrea	
Ferry	
Teleférico/funicular	
Puente	
Túnel	
Canal de navegación	

**OROGRAFÍA- LÍNEA**

Elemento	Símbolo
Curva de nivel principal	
Curva de nivel intermedia	
Cota altimétrica	
Curva de nivel de depresión	

**OROGRAFÍA O HIPSOMETRÍA-POLÍGONO**

Elemento (Rangos): m.s.n.m	Símbolo
≥ a 4 000	
3 000 a 4 000	
2 000 a 3 000	
1 000 a 2 000	
500 a 1 000	
250 a 500	
100 a 250	
0 a 100	

**CENTROS POBLADOS**

Elemento	Símbolo
Área urbana	
Capital de país (Mapas Físico y Político de Venezuela)	
Capital de país	
Capital de estado	
Capital de municipio	
Capital de parroquia	
Centro poblado	
Haciendas, fincas y otros	

**LÍMITES POLÍTICO TERRITORIALES**

Elemento	Símbolo
Tratado internacional	
Límite internacional	
Límite de estado	
Límite de municipio	
Límite de parroquia	
Límite de territorios insulares	
Zona de sobreposición de jurisdicción	
Zona sin jurisdicción	
Zona en reclamación	

**BATIMETRÍA- LÍNEA**

Elemento	Símbolo
Curva batimétrica	
Cota batimétrica	

**BATIMETRÍA-POLÍGONO**

Elemento (Rangos): m.b.n.m	Símbolo
0 - 200	
200 - 1000	
1000 - 2000	
2000 - 3000	
3000 - 4000	
4000 - 5000	
5000 - 6000	
6000 - 7000	
> 7000	

Para agregar la toponimia a la base cartográfica y los mapas temáticos desarrollados en el Proyecto, se aplicarán las especificaciones contempladas en el Artículo 47 (Figura 4.8), de las “Normas técnicas para los nombres geográficos o topónimos”, Providencia Administrativa 05 del IGVS, Gaceta Oficial No. 40782, del 05 de noviembre de 2015.

**Figura 4.8. Ejemplo de Especificaciones para Codificación de la Toponimia, en base a la Providencia 05 del IGVS**

**Artículo 47. Especificaciones Técnicas para la Codificación Toponímica en Productos Cartográficos Topográficos a Diferentes Escalas**

MAPAS TOPOGRÁFICOS A ESCALA 1:100.1000					HIDROGRAFÍA CORRIENTES DE AGUA				
CENTROS POBLADOS					TIPO DE LETRA: <i>TIMES NEW ROMAN</i>				
TIPO DE LETRA: <i>CENTURY SCHOOLBOOK</i>									
Elementos	Tamaño	Color	Color	Modo					
Capital de la república	12	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May.	Ríos y caños permanentes grandes (doble línea)	10	Azul (100/42/0/0)	Azul (0/148/255)	May.
Capital de estado	11	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May.	Ríos permanentes medianos (doble línea) morichales, caños, brazos, raudales, saltos y bocas.	8	Azul (100/42/0/0)	Azul (0/148/255)	May.
Capital de municipio	10	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May.					
Capital de parroquia	10	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May./ Minúsc.					
Poblaciones mayores a 1001 habitantes	8	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May./ Minúsc.	Ríos, caños, brazos, madre vieja, morichales, raudales, saltos y bocas (línea sencilla)	8	Azul (100/42/0/0)	Azul (0/148/255)	May./ Minúsc.
Sitios y poblaciones menores de 1000 habitantes (comunidades, barrios, áreas, parcelamientos, vecindarios y caseríos)	6	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May./ Minúsc.	Quebradas, caños, cañadas, zanjones, raudales, saltos y bocas (elementos pequeños)	6	Azul (100/42/0/0)	Azul (0/148/255)	May./ Minúsc.
Haciendas, fincas y otros (fundos, materas, granjas, vaqueras y haras)	5	Negro (0/0/0/100)	Negro (0/0/0)	May./ Minúsc.					

**4.3.7. Elaboración Mapa Base Cartográfico**

Los mapas bases a utilizar (1:100.000), para el vaciado de la información temática e interpretativa, tendrán como fuente las Cartas Topográficas, consideradas oficiales por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVS). El mapa base debe contener, el 100 % de la superficie de las cartas que cubra.

Es así que para la escala 1:100.000, se deben actualizar las 6 cartas topográficas ubicadas en el área de influencia de la cuenca: 6645, 6745, 6845, 6646, 6746, 6846 (Figura 4.2). Para el caso de las ventanas, de ser necesarias, a escala 1:50.000, se deben actualizar las cartas 1:25.000 que sean cubiertas parcial o totalmente por las ventanas seleccionadas como prioritarias.

La información planimétrica contenida en las cartas topográficas tales como: Hidrografía, Centros poblados, División política administrativa (estado, municipio, parroquia), Vialidad, ABRAE, etc.; será actualizada con base a las imágenes de satélite recientes, descritas en la Sección 4.3.5 referida a “Fuentes primarias de información para la actualización de la cartografía básica y los mapas temáticos”.

Para la actualización de la red hidrográfica, se contemplará adicionalmente el flujo acumulado, derivado de la aplicación de los Algoritmos propuestos por Hutchinson, 2008 y Hutchinson and Stein, 2011 (ANUDEM) sobre los MDE recomendados.

Para el caso de la división política administrativa y ABRAE, considerar la declaratoria de las referidas figuras establecidas en las respectivas Gacetas Oficiales.

#### **4.3.8. Actualización de los Mapas Temáticos**

Para este componente cartográfico del Proyecto, se contempla ejecutar las siguientes fases:

a. Recopilación de información

Entre la información temática disponible de la Cuenca Alta del Río Guárico, se recomienda revisar la información de los Sistemas Ambientales de Venezuela (MARNR) y la contenida en el MARNOT y en el SIGOT, estos dos últimos productos desarrollados por el IGVS. De forma especial se recomienda revisar la información compilada y actualizada por la Facultad de Agronomía de la UCV (2004), en el marco del proyecto “Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico” (Casanova y Vilorio, 2004). Los mapas recopilados igualmente serán incorporados a la Base de Datos Documental del Proyecto CARG.

b. Diagnóstico y edición de información disponible

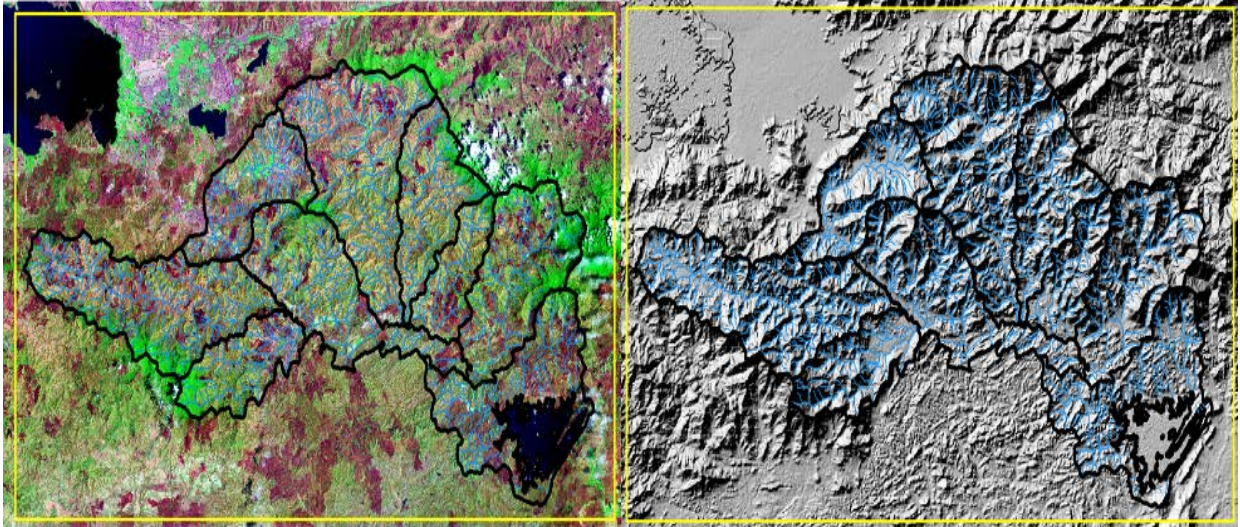
Este punto contempla la revisión y corrección de la calidad e integridad geoespacial y atributiva de las diversas fuentes (analógicas y digitales) y diversas escalas de la información cartográfica y temática disponible, fundamentalmente en cuanto a sistemas de proyección cartográfico, desplazamientos horizontales-verticales, toponimia, calidad de los datos atributivos y vacíos de información, entre otros.

c. Delimitación del área de estudio

Se actualizará la delimitación de la cuenca alta del río Guárico, con base a la nueva base cartográfica propuesta (Figura 4.9).

En este sentido, se establece que se delimitarán las cuencas en tres niveles: (i) Cuenca Alta Río Guárico, (ii) subcuencas y (iii) microcuencas.

**Figura 4.9. Actualización Área de Estudio**



#### **4.3.9. Actualización de Información Temática**

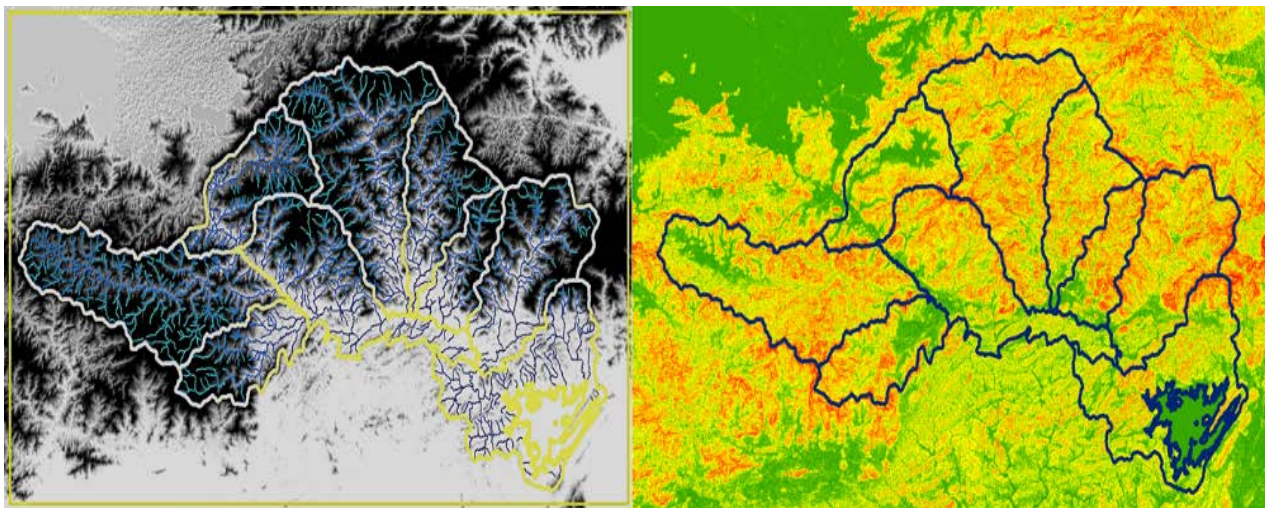
La actualización de la información temática se realizaría en dos etapas:

- a. Análisis y actualización de la información atributiva:
  - Normalización de información atributiva, en base a catálogo de datos.
  - Transcripción de la información atributiva en la base de datos.
  - Correlación y normalización de la denominación de las unidades cartográficas y de la información asociada.
  - Solución a los vacíos de información y corrección de datos a partir de juicios de expertos, relación con temas afines, estadística e interpretación de imágenes de satélite.
- b. Recolección de información en campo y análisis de laboratorio (si fuese necesario).

#### **4.3.10. Actualización de la Información Geoespacial**

- Ajuste de desplazamientos de las unidades cartográficas en función de la base cartográfica (planimétrica y altimétrica) actualizada, generada para la cuenca y de las imágenes de satélite.
- Integración cartográfica de los diferentes mapas temáticos a fin de garantizar concordancia entre los datos espaciales de los diversos temas considerados.
- Clasificación de imágenes (no supervisada, supervisada, segmentada), geoestadística y modelos de inteligencia artificial.
- Generación de índices morfométricos a partir de los MDE (Figura 4.10).

**Figura 4.10. Ejemplo de Índices Morfométricos (Pendiente, Índices de Humedad)**



#### **4.3.11. Productos Esperados**

- a. Actualización de la base cartográfica.
- b. Elaboración de Mapa Base de la CARG a escala 1:100.000.
- c. Actualización de los Mapas Temáticos.
- d. Ajustes de los límites de la cuenca, subcuencas y microcuencas.
- e. Actualización de información temática básica.

#### **4.4. CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA Y SUBCUENCAS**

Según (Gaspari, 2012), el análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, relieve y drenaje, que permite conocer las características físicas de una cuenca, permitiendo hacer comparaciones entre varias cuencas, así como contribuir en la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.

Las características físicas (relieve, pendiente, desniveles, configuración de las geoformas, etc) de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Es deseable que toda la información morfométrica de las 9 subcuencas a caracterizar en el estudio se pueda obtener en una misma escala y así disminuir el grado de incertidumbre sobre la confiabilidad de los parámetros o índices estimados y sobre los pronósticos o análisis del comportamiento hidrológico de la CARG y sus subcuencas.

La caracterización morfométrica de la CARG y de sus 9 subcuencas, se basará en el cálculo de varios índices o parámetros citados por Gaspari (2012), los cuales se señalan a continuación.

##### **4.4.1. Parámetros Asociados a la Forma de la Cuenca**

La forma de la cuenca condiciona de manera importante la velocidad del escurrimiento superficial y las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, y es particularmente importante, junto con las características del relieve, en los eventos de crecidas máximas. Es conocido que en general, las cuencas de igual área pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes.

Se calcularán los siguientes parámetros:

##### **Área (A)**

Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; éste parámetro se expresa normalmente en  $\text{km}^2$ . Este valor es de suma importancia porque hasta un pequeño error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor.

##### **Perímetro (P)**

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

### **Longitud de la cuenca (L)**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura (o sitio de aforo) de la cuenca hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca, y se expresa normalmente en metros o kilómetros.

### **Ancho de la cuenca (B)**

Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca, se expresa en metros o kilómetros, dependiendo de las unidades usadas en (A) y (L).

$$B = A/L$$

### **Factor de Forma de Horton (Kf) (1945)**

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = A/L^2$$

Intenta medir cuan cuadrada (o alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Kf es un indicador adimensional.

### **Coefficiente de compacidad (kc) (Gravelius)**

Se define así, al cociente que existe entre el perímetro (P) de la cuenca (longitud de la línea parteaguas) respecto al perímetro de un círculo de la misma área (Pc). Kc es un indicador adimensional y nos da una idea de la forma de la cuenca. Si Kc = 1 la cuenca será de forma circular.

$$k_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R}$$

### **Razón de Elongación (Re)**

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud de la misma. La fórmula es la propuesta por Shumm (1956):

$$Re = D/L_c = 1.1284\sqrt{A_c} / L_c$$

Dónde:

Re: relación de elongación

Ac: área de la cuenca en km<sup>2</sup>

D: diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca en km

Lc: longitud de la cuenca en km



## 4.4.2. Parámetros Relativos al Relieve

### Altura y elevación

A continuación, se señalan los indicadores más representativos a ser estimados, asociados a la elevación:

- Cota mayor de la cuenca (CM): la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca (msnm).
- Cota menor de la cuenca (Cm): cota sobre la cual la cuenca entrega sus aguas a un cauce superior o el punto de cierre de la cuenca (msnm). En el Proyecto CARG sería la cota de entrega del río Guárico al embalse Camatagua.
- Elevación promedio del relieve: elevación promedio de la cuenca referida al nivel del mar (msnm).
- Pendiente media de la cuenca (S): valor medio de la inclinación del terreno, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca.
- Cota mayor de cauce (CMc): elevación del punto más alto del cauce (msnm).
- Cota menor de cauce (Cmc): coincide con la cota menor de la cuenca (msnm).
- Pendiente promedio del cauce (Sc): determinar el desnivel H entre los puntos más elevado y más bajo del río en estudio y luego dividirlo entre la longitud del mismo cauce Lc, lo que se expresa como:

$$Sc = (CMc - Cmc) / Lc = H / Lc$$

- Pendiente media de la cuenca (J): es el valor medio de la inclinación del terreno, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca.

La fórmula, es:

$$J = 100 * (\sum Li)(E) / A$$

Donde:

J: pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$ : suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

E: equidistancia entre curvas de (desnivel) (km).

A: superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).

- Histograma de pendientes: permite conocer la distribución del porcentaje asociado a cada tipo de pendientes. (Tabla de clasificación de pendientes).
- Curva Hipsométrica.  
Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE 1:50.000 y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota.

#### 4.4.3. Parámetros Relativos al Drenaje

Se estimarán los que se indican a continuación:

- Longitud del cauce principal (Lc): corresponde a la longitud del cuerpo de agua que le da nombre a la cuenca de estudio, en este parámetro se tienen en cuenta la sinuosidad del cauce; se expresa normalmente en kilómetros.
- Orden de los cauces, según Horton, referido por (Rosales y García, 2015), quien propone una clasificación jerárquica de los cauces de una cuenca hidrográfica de acuerdo al número de orden de los cauces o ríos. Un río o quebrada de primer orden es un primer tributario de pequeña dimensión, sin ramificaciones. Un río de segundo orden solo tiene tributarios de primer orden; uno de tercer orden, solo tiene tributarios de segundo y primer orden, y así sucesivamente. De esta manera, el orden de una cuenca se establece por el número de orden del cauce principal. ¿Qué significado o importancia tiene determinar el orden en una cuenca? El orden de una cuenca expresa, entre otras: (i) la densidad de drenaje jerarquizada por la importancia de los cauces; (ii) capacidad de evacuación de las aguas de escorrentía de la cuenca; a mayor orden, mayor capacidad de evacuación y mayor tiempo de residencia en la cuenca; y (iii) mayor posibilidad de recarga de acuíferos
- Longitud de los cauces de orden uno (L1): una vez establecidos los cauces de orden uno, se miden las longitudes de dichas corrientes. Las longitudes de los cauces de orden mayor a uno se establecen en forma similar.
- Densidad de drenaje (Dd) (Horton, 1945): este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca.

$$Dd = L / A$$

Donde L es la longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en (km) y A es el área de la cuenca en (km<sup>2</sup>).

- Coeficiente de torrencialidad (Ct): índice que mide el grado de torrencialidad de la cuenca, por medio de la relación del número de cauces de orden uno con respecto al área total de la misma. A mayor magnitud, mayor grado de torrencialidad presenta una cuenca.

$$Ct = No.C1 / A$$

Donde:

Ct: coeficiente de torrencialidad

No.C1: número de cauces de orden 1

A: área de la cuenca en km<sup>2</sup>

- Tiempo de concentración (Tc): tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida, calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$Tc = (4\sqrt{S} + 1.5 L) / (0.8 \sqrt{H})$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración (h).

S: área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

L: longitud del cauce principal (km).  
H: elevación media de la cuenca (km).

En la literatura se encuentran otras expresiones para determinar el tiempo de concentración de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. Se estimarán al menos 3 y se hará un análisis comparativo de los valores resultantes.

- Tiempo de Retardo (Tr): tiempo que transcurre desde el centro de gravedad (máximo) del hietograma de precipitaciones al centro de gravedad (máximo) del Hidrograma de caudales. La relación propuesta por el Soil Conservation Service (USDA- SCS) es 0,6 veces el tiempo de concentración:

$$Tr=0,6 \times Tc.$$

Donde;

Tr: tiempo de en horas

Tc: tiempo de en horas

### **Scs-Ranser**

$$Tc= 0.97K^{0.385}$$

Donde  $K= Lc^3/H$

Tc: es el tiempo de concentración (horas).

H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menor de la cuenca (m).

Lc: es la longitud del cauce principal (km)

### **California Culvert Practice (1942):**

$$Tc= (0,870 Lc^3/H)^{0.385}$$

Tc: es el tiempo de concentración (horas).

H: es la diferencia entre la cota mayor y la cota menos de la cuenca (m).

Lc: es la longitud del cauce principal (km)

**Otros:** Témez (1978), Giandotti, Kirpich (1942), V.T Chow, Ventura-Heron (1949), Clark y Passini:

- Relación de bifurcación (Rb)

Es el cociente entre el número de cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauce de orden (u) del siguiente orden superior, es decir:

$$Rb= Nu / Nu+1$$

Donde:

Rb: relación de bifurcación

Nu: número total de cauces con orden "u"

Nu + 1: número total de cauces del orden superior

#### **4.4.4. Producto Esperado**

El análisis y evaluación de estos parámetros será reportado en un informe, con sus respectivos mapas y gráficos, donde se analice su contribución al comportamiento hidrológico de las 9 subcuencas y de la cuenca del río Guárico como un todo, incluyendo las amenazas y riesgos potenciales.

#### 4.5. CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMÁTICA. EL USO DE LA APLICACIÓN “THE SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL” (SWAT)

Entre los principales problemas que afectan la CARG, se encuentran las frecuentes talas y quemas de árboles en nacientes y lechos de ríos y quebradas, deforestación, áreas sobre pastoreadas, siembra de cultivos limpios en laderas empinadas; generando la degradación del suelo por erosión hídrica y posterior sedimentación del embalse de Camatagua (Rosales A., 2003).

Como se describe en el *Perfil del Proyecto de Gestión de Cuencas abastecedoras de agua. Caso Cuenca Alta del Río Guárico* (Grupo Orinoco, 2019), esta cuenca fue seleccionada por estar “afectada por procesos de degradación ambiental y de significativa importancia por ser una de las principales fuentes de agua para la Región Capital en Venezuela. Se presume que el embalse principal de esta cuenca – Camatagua- están siendo colmatado por procesos de erosión de suelos, que desencadena procesos de producción, transporte y deposición de sedimentos, lo que constituye para algunos expertos (De Jesús Gaspar, 2003), el indicador más ilustrativo de la falla de la gestión de cuencas.”

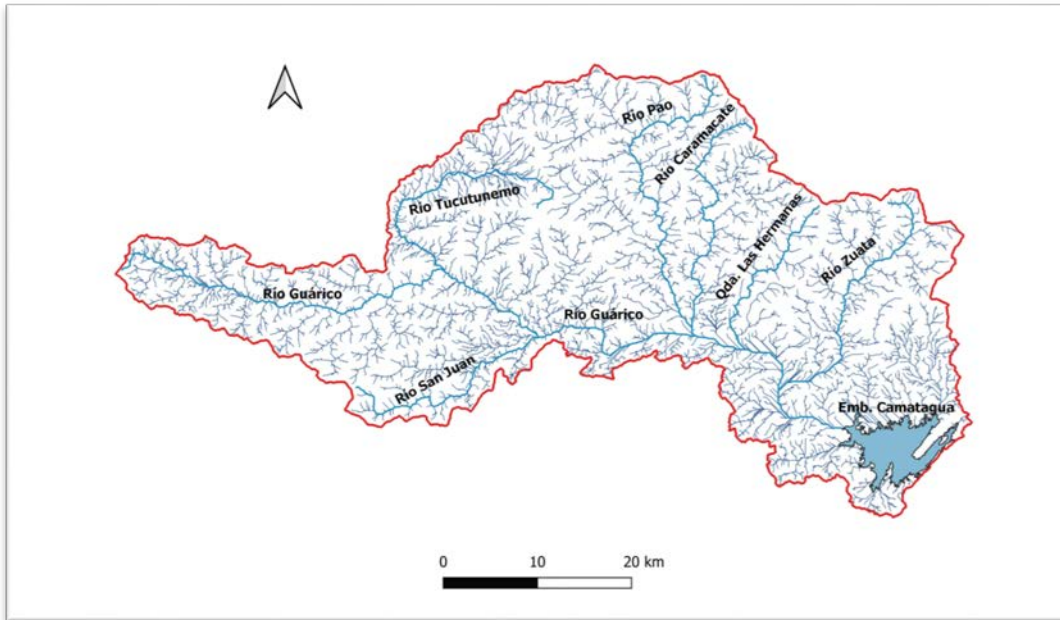
##### **Objetivos**

Para el desarrollo de los aspectos hidroclimatológicos de importancia en dicha cuenca, se establecieron los siguientes objetivos:

- Caracterización hidroclimática de la cuenca y sus subcuencas, como uno de los componentes más importantes de las cuencas abastecedoras de agua a poblaciones, la cual incluye los elementos meteorológicos que determinan el comportamiento hidrológico.
- Definir y desarrollar el contenido de los aspectos hidrometeorológicos, el desarrollo de los marcos metodológicos, la simulación de los escenarios de uso de la tierra a través de la aplicación de la herramienta SWAT, y otros aspectos relevantes a ser realizados en el Proyecto.
- Generar información básica hidroclimatológica para la formulación de algunos de los Programas de Gestión y para el proceso de Evaluación Ambiental de la CARG.
- Diagnosticar el estado de funcionamiento de la red hidrometeorológica actual y evaluar su grado de suficiencia o necesidad de ampliación.

En la Figura 4.11, se muestra la delimitación de la Cuenca Alta del Río Guárico, la hidrografía, así como la ubicación del embalse Camatagua.

**Figura 4.11. Cuenca Alta del Río Guárico**



Tal como se establece en los objetivos, descritos en párrafos anteriores, la actividad central que ocupa el desarrollo de los aspectos hidrológicos del Proyecto se realizará a través de la aplicación del modelo SWAT en la Cuenca Alta del Río Guárico hasta el embalse Camatagua.

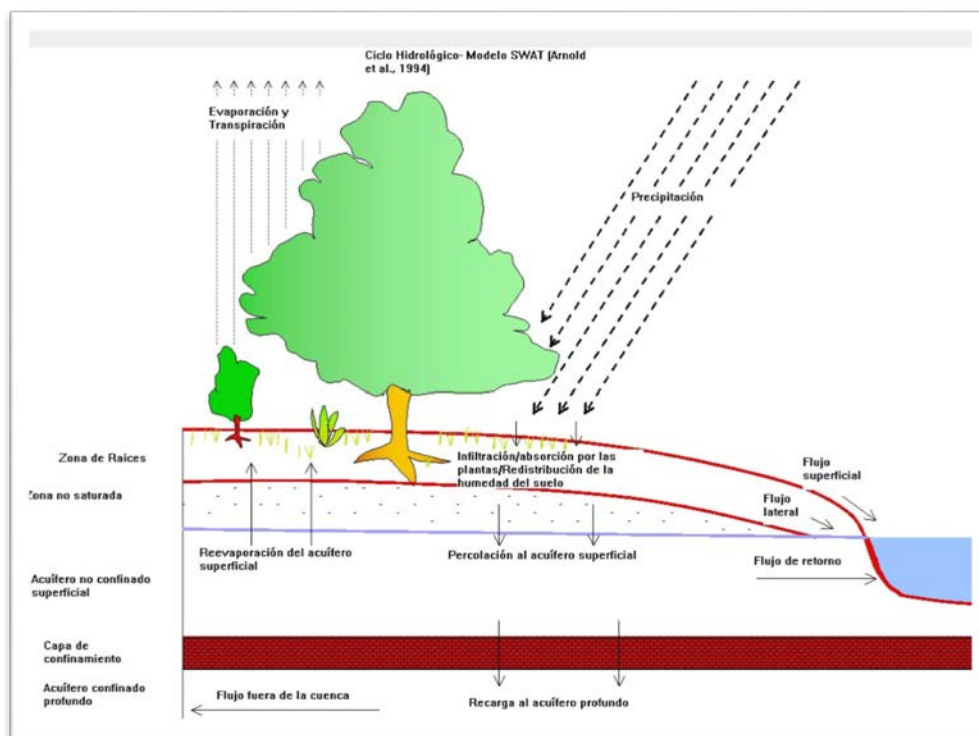
En la Sección que sigue a continuación se incluye una descripción de las capacidades que tiene este modelo en la Caracterización Hidroclimática, mientras que en secciones posteriores (ver Capítulo 6 de este documento) se establecen los lineamientos correspondientes para llevar a cabo su aplicación, considerando cambios futuros de los patrones de uso de la tierra, implementación de prácticas de conservación de suelos y el efecto del cambio climático sobre las variables temperatura, precipitación y concentración de CO<sub>2</sub>, y sus consecuencias prácticas en el escurrimiento de agua y en la producción de sedimentos.

#### **4.5.1. Descripción del Modelo SWAT**

En la naturaleza, la cuantificación de los diferentes componentes que integran el ciclo hidrológico y la definición de la interrelación que existe entre ellos, es algo extremadamente complejo, dada la variación tanto temporal como espacial de todos estos procesos. Por eso, una forma de abordar este problema es simplificarlo, aplicando los conceptos de modelos y sistemas. Según esta metodología, los componentes se agrupan en subsistemas que se analizan separadamente y luego se combinan los resultados de acuerdo con las interacciones conocidas que existen entre ellos.

Este tipo de representación es la que se utiliza en el desarrollo de los llamados modelos lluvia-escorrentía. En estos modelos, se aplican ecuaciones matemáticas para representar cada uno de los procesos que integran el ciclo del agua (Figura 4.12) y para definir la interrelaciones que existen entre ellos, permitiendo así la transformación de información de lluvia en la escorrentía superficial que ella produce. Las características de las cuencas, en términos de suelos, geomorfología, vegetación y uso actual de la tierra, se les introducen a estos modelos a través de los llamados parámetros, ya que afectan decididamente esa relación lluvia-escorrentía. El uso más importante de este tipo de modelos está en la estimación de la escorrentía superficial y el acarreo de sedimentos en suspensión, en sitios de aprovechamiento hidráulico (embalses, derivaciones directas, etc.).

**Figura 4.12. Componentes del Ciclo Hidrológico. Modelo SWAT**



Fuente: Neitsch, Arnold, Kiniry and Willimas (2011)

El modelo que se propone implementar en la Cuenca Alta del Río Guárico es el SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*), desarrollado por J. G. Arnold, J. R. Williams y S. L. Neitsch, investigadores del "Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agriculture Research Service, USDA" (Neitsch, Arnold, Kiniry and Willimas, 2011).

Además de estimar el escurrimiento que se genera en una cuenca debido a la ocurrencia combinada de los procesos de precipitación y evapotranspiración, el modelo también tiene la capacidad de estimar la producción de sedimentos, debido a la erosión laminar, socavación de lechos y márgenes de ríos, etc. Es un modelo que se puede aplicar a cuencas y subcuencas, con el fin de predecir el impacto de la cobertura y uso de la tierra, y las prácticas de manejo de aguas y suelos, sobre la producción de sedimentos.

Las principales características del Modelo SWAT son las siguientes:

- Tiene una base física, ya que en vez de utilizar modelos de regresión que relacionan los datos de entrada con los de salida, el modelo requiere de información específica sobre clima, suelos, topografía, vegetación, uso de la tierra, y sobre prácticas de manejo aplicadas a sectores de la cuenca. Todos los procesos físicos asociados con el movimiento del agua y sedimentos son directamente modelados por SWAT utilizando los correspondientes datos de entrada.
- Los datos de entrada se encuentran disponibles en la mayoría de las cuencas, incluyendo la CARG, con una superficie mayor de 200.000 ha
- Simula el comportamiento de cuencas grandes y complejas, con gran variedad de suelos, usos, climas y prácticas de manejo.
- Permite el estudio de impactos a largo plazo como puede ser el azolvamiento de embalses.
- Tiene la capacidad para determinar el efecto del cambio climático sobre las variables temperatura, precipitación y concentración de CO<sub>2</sub>; y, por lo tanto, sobre la producción de agua, el escurrimiento y la erosión-producción de sedimentos-colmatación de embalses, que se genera en la cuenca, debido a la ocurrencia combinada de los procesos de precipitación y evapotranspiración.

Desde el punto de vista de la modelación, la cuenca se subdivide en varias subcuencas tomando en cuenta la variabilidad del uso de la tierra, suelos, topografía, clima y la existencia de estaciones de medición de caudales sólidos y líquidos (estaciones hidrométricas).

Para cada subcuenca es necesario suministrarle al modelo los siguientes conjuntos de datos de entrada:

- Datos climáticos.
- Cobertura vegetal y uso de la tierra.
- Características de los suelos.
- Datos geomorfológicos, longitudes, áreas, pendientes, rugosidades, etc.
- Prácticas de manejo de suelos y aguas.
- Características de los flujos subterráneos.
- Características de las posibles lagunas y/o embalses que existan en la subcuenca.
- Escenarios de cambio climático.



El componente más importante del modelo SWAT corresponde a la simulación de todos los procesos que constituyen el ciclo hidrológico, lo cual permite realizar un balance hídrico en toda la cuenca. El ciclo hidrológico controla la cantidad de agua y sedimento que fluye a través de las vertientes de la cuenca hacia la red de drenajes, una vez en la red comienza el tránsito tanto de agua como de sedimentos a lo largo de ella.

Cada subcuenca se divide en Unidades de Respuesta Hidrológica (HRU), combinando los tipos de suelos, vegetación, uso de la tierra y pendientes, en proporciones definidas por el usuario. La simulación hidrológica se realiza en dos fases, en la primera se lleva a cabo a través de todos los componentes del ciclo hidrológico, determinando la cantidad de agua y sedimentos que alcanza la red de drenajes o canal principal de cada subcuenca. La segunda fase se lleva a cabo a través del tránsito hidrológico tanto del agua como del sedimento a través de la red de canales que integran la cuenca hidrográfica, hasta su descarga o sitio de cierre.

La versión del modelo SWAT que se recomienda usar es la que utiliza el Sistema de Información Geográfica QGIS, la cual se identifica como QSWAT. Esta versión se instala dentro de QGIS como uno de sus complementos (*plugin*). A continuación, se incluye el enlace que permite bajar la versión de QSWAT y la de QGIS que es compatible con ese complemento.

<https://swat.tamu.edu/software/qswat/>

Las ventajas de usar QGIS como plataforma de aplicación del modelo SWAT son las siguientes:

- Es un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizado mundialmente en este tipo de aplicaciones, con muchos grupos de apoyo, tutoriales y una buena documentación.
- Compatible con otros SIGs.
- Código Abierto.
- Libre y gratuito.

#### **4.5.2. Recopilación y Procesamiento de la Información Básica Necesaria para Aplicar el Modelo SWAT**

A continuación, se describen todas las actividades que se deben llevar a cabo a los fines de realizar tanto la recopilación como el procesamiento de toda la información básica necesaria para aplicar el modelo SWAT.

##### **4.5.2.1. Modelo digital de elevación**

En la literatura especializada, la mayoría de los proveedores de datos como el USGS, ERSDAC, CGIAR, *Spot Image*, etc., usan el término Modelo Digital de Elevación en

forma genérica para referirse a Modelos Digitales de Superficie (DSM, *Digital Surface Model*) y a Modelos Digitales de Terreno (DTM, *Digital Terrain Model*). Sin embargo, existen casos donde se usa el término DEM para referirse a los DTM. Los DSM representan la superficie de la tierra incluyendo todos los objetos que contiene, reflejando las cotas de los topes de los árboles, de los edificios, etc.; mientras que los DTM representan la superficie del suelo sin ningún objeto. Los datos que se capturan utilizando satélites, aviones, drones etc., originalmente son DSM; como es el caso de los resultados que originalmente generan las misiones SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) o ASTER-GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer - Global Digital Elevation Model*). Los DTM se obtienen a partir de DSM de alta resolución usando algoritmos complejos. En el caso del modelo SWAT se requiere de un DTM, referenciado a sistemas de coordenadas planas (UTM, *Universal Transverse Mercator*).

#### **4.5.2.2. Recopilación de la información disponible referente a modelos digitales de elevación DEM.**

Como modelo digital de terreno (DEM) de la Cuenca Alta del Río Guárico, se puede utilizar el de la misión STRM (*Shuttle Radar Topography Mission*) con una resolución de 30m x 30m (1 arco segundo). Es conveniente también revisar y comparar el de la misión ASTER (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>) con el de la misión STRM, a los fines de definir el modelo a utilizar en la aplicación del modelo SWAT.

Para la obtención del modelo digital de terreno (DEM) de la CARG, se pueden bajar los modelos Ráster obtenidos por la NASA (*U.S. National Aeronautics and Space Administration*) y la NGA (*U.S. National Geospatial-Intelligence Agency*), a través de la misión STRM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Esta misión permitió obtener una base de datos topográficos que cubre una franja terrestre que se ubica entre las latitudes de 56°S a 60°N, bajo el sistema de proyección WGS84, y con una resolución de 30m x 30m (1 arco segundo). El enlace del sitio donde se puede bajar este DEM, corresponde al USGS (*United States Geological Survey*), y es el siguiente:

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

La información disponible en este enlace ha sido obtenida a través de un esfuerzo conjunto de la NASA y la NGA, con la participación de agencias espaciales alemanas e italianas. Esta colaboración tuvo como objetivo generar modelos de elevación digital de casi toda la tierra (80% de la masa terrestre) utilizando interferometría de radar.

En el siguiente enlace, se muestra las características de la misión ASTER, que contiene la información de DEM mejorados, que es conveniente revisar y comparar con los obtenidos con la misión STRM, a los fines de definir el modelo a utilizar en la aplicación del modelo SWAT.

<https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>

#### **4.5.2.3. Procesamiento del DEM seleccionado para representar el mapa de elevaciones de la cuenca**

Para poder usar el DEM, que se baja desde el enlace del USGS, en el modelo SWAT, hay que realizar las siguientes actividades:

- Para extraer el DEM de la cuenca hay que crear una máscara rectangular que incluya los límites de la cuenca hasta el sitio de cierre, la presa de Camatagua.
- Con esta máscara se extrae el DEM de la Cuenca Alta del Río Guárico, pero en coordenadas geográficas (WGS84). Por lo tanto, hay que cambiar este sistema de coordenadas a coordenadas planas que, en el caso de la cuenca, cuando se usa QGIS, corresponde al sistema *EPSG: 2202 - REGVEN/UTM zone 19N – Projected*. Este sistema utiliza como unidad de medición el metro.
- Posteriormente, se debe utilizar una aplicación de QGIS, que permita rellenar y corregir el DEM. Por ejemplos en la librería SAGA de QGIS, se puede ir a *Terrain Analysis – Hydrology* y Seleccionar *Fill sinks (Wang and Liu)*.

En la Figura 4.13, se muestra un ejemplo del DEM (STRM), que tiene una resolución de 30 metros, correspondiente a la Cuenca Alta del Río Guárico hasta la ubicación de la presa de Camatagua.

#### **4.5.2.4. Delimitación de la cuenca total del río Guárico hasta el embalse Camatagua, así como sus principales subcuencas, utilizando el modelo SWAT**

Esta será una delimitación inicial que debe ser mejorada posteriormente, cuando se tenga toda la información climatológica, de uso de la tierra y características de los suelos; Pero que servirá para ubicar las estaciones meteorológicas e hidrométricas representativas de las subcuencas que integran la cuenca total.

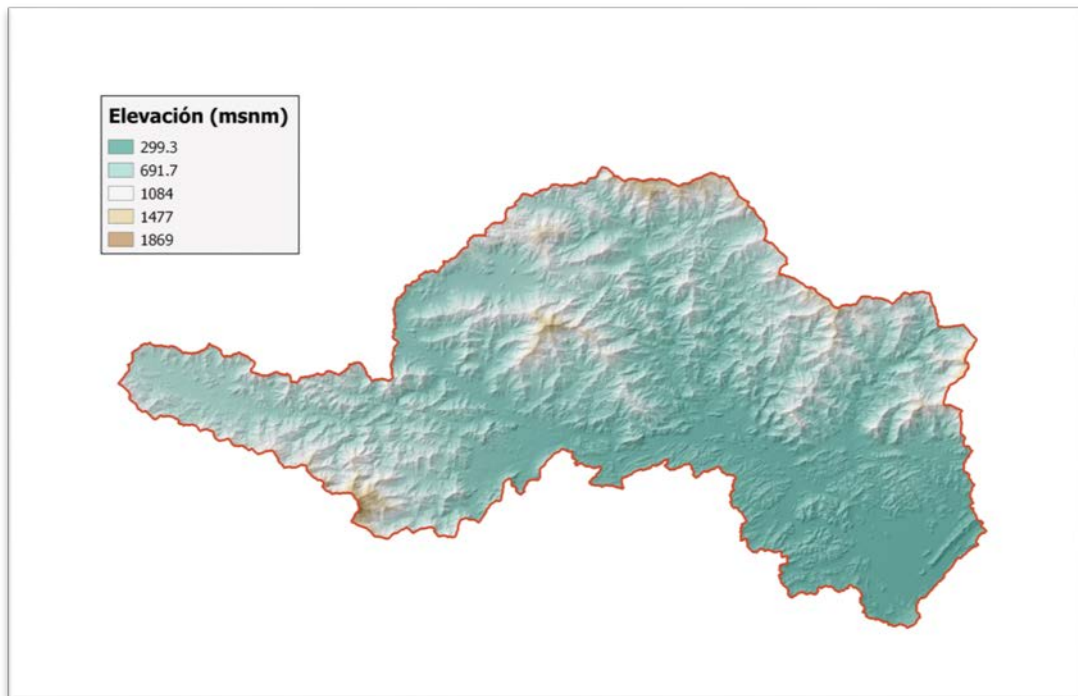
Esta delimitación la lleva a cabo el modelo SWAT utilizando el DEM corregido y referido al sistema de coordenadas *Regven Zona 19*. Adicionalmente, es conveniente que previamente se defina la red de drenajes de la cuenca total utilizando el sistema de ordenamientos de cauces propuesto por *Strahler*, así como la identificación de las coordenadas del sitio de cierre, que en este caso es el sitio de la presa de Camatagua.

Utilizando QGIS, la red de drenajes de la cuenca se puede definir utilizando los siguientes complementos de la librería SAGA:

- *Strahler Order*, ubicada en *Terrain Analysis-Channels*.
- Luego, utilizando la calculadora raster, se pueden eliminar los cauces de órdenes inferiores a 4.
- Posteriormente, utilizando el componente *Channel network and Drainage Basins*, ubicada en *Terrain Analysis-Channels*, se puede obtener la capa vectorial de la red de drenajes y la delimitación de las cuencas.

Finalmente, usando la herramienta *Upslope área*, ubicada en *Terrain Analysis-Hydrology* y las coordenadas (UTM) del sitio de presa, se obtiene la delimitación de la cuenca total, que permite cortar la red de drenaje obtenida con anterioridad a los fines de definir la correspondiente a esta cuenca.

**Figura 4.13. Modelo Digital de Elevación (Resolución 30m x 30 m).  
Cuenca Alta del Río Guárico**



En la Figura 4.11, mostrada anteriormente, se presenta la delimitación de la Cuenca Alta del Río Guárico, su red de drenajes y la ubicación del embalse Camatagua.

#### **4.5.2.5. Descripción de las principales características de las cuencas y subcuencas**

Luego de aplicar el módulo de delineación de cuencas y subcuencas del SWAT, se puede realizar la caracterización de las principales subcuencas que conforman la Cuenca Alta del Río Guárico hasta el embalse Camatagua.

### **4.5.3. Climatología**

El modelo SWAT utiliza la data de los procesos de precipitación y temperatura del aire, valores máximos y mínimos, a nivel diario. En el caso de precipitación también requiere de los valores máximos mensuales, durante el período de registros, de la lámina de lluvia registrada para una duración de media hora (30 minutos). Adicionalmente, requiere de datos de radiación solar, humedad relativa y velocidad de viento, que pueden ser series observadas de valores diarios, o pueden ser generados por el modelo.

SWAT tiene tres opciones para calcular la tasa de evapotranspiración potencial: (i) Hargreaves (Hargreaves et al., 1985), (ii) Priestley and Taylor (Priestley and Taylor, 1972), and (iii) Penman-Monteith (Monteith, 1965).

#### **4.5.3.1. Recopilación de toda la información climatológica disponible en estaciones ubicadas dentro de la cuenca o cercanas a ella**

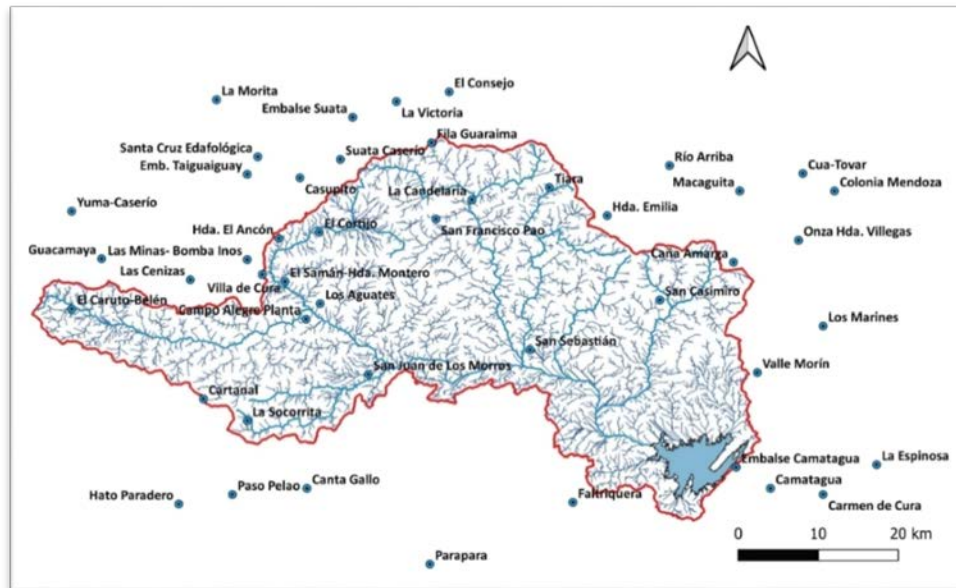
##### **a. Series de lluvias diarias**

Se debe recopilar toda la información de lluvia diaria disponible en todas las estaciones que se ubican dentro de la cuenca tributaria al sitio del embalse, así como en aquellas estaciones cercanas a la cuenca que permiten expandir (ampliar) la zona de monitoreo, mejorando la estimación de la variación espacial y temporal del proceso de precipitación.

En la Figura 4.14, se presenta la ubicación de las estaciones pluviométricas que se encuentran dentro o cercanas a la Cuenca Alta del Río Guárico, mientras que en la Tabla 4.1 se resumen las principales características de estas estaciones en términos de seriales, nombres, coordenadas geográficas y período de registros, según se muestra en la base de datos del INAMETH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Venezuela).

Toda esta información debe ser actualizada y verificada con el INAMETH, durante el desarrollo del estudio.

**Figura 4.14. Ubicación de las Estaciones Pluviométricas  
Cuenca Alta del Río Guárico**



**Tabla 4.1. Características de las Estaciones Pluviométricas  
Cuenca Alta del Río Guárico**

Serial	Nombre	Longitud	Latitud	Período de registros
414	San Francisco Pao	-67.285	10.096	1966-2003
415	Los Marines	-66.844	9.975	1966-1997
417	Santa Cruz Edafológica	-67.488	10.167	1964-1997
424	La Morita	-67.535	10.232	1968-1984
427	La Espinosa	-66.783	9.817	1968-1997
480	Yuma-Caserío	-67.700	10.105	1957-2007
487	Guacamaya	-67.666	10.051	1951-1983
495	El Caruto-Belén	-67.700	9.994	1939-1983
497	Las Cenizas	-67.565	10.027	1960-2003
499	Las Minas- Bomba Inos	-67.500	10.05	1951-1972
570	Macaguita	-66.939	10.128	1961-
582	Cua-Tovar	-66.867	10.148	1951-
585	Caña Amarga	-66.946	10.047	1960-
588	Onza Had. Villegas	-66.872	10.072	1959-
589	Río Arriba	-67.019	10.157	1959-

Serial	Nombre	Longitud	Latitud	Período de registros
590	San Casimiro	-67.030	10.004	1961-1983
594	Colonia Mendoza	-66.831	10.128	1959-1984
1465	El Consejo	-67.270	10.241	1953-1994
1475	Embalse Suata	-67.380	10.212	1944-1988
1483	Casupito	-67.440	10.143	1944-
1484	Suata Caserío	-67.394	10.164	1945-1967
1487	Tiara	-67.156	10.132	1952-2003
1488	Had. Emilia	-67.090	10.100	1959-
1492	El Samán-Had. Montero	-67.457	10.025	1940-1983
1493	Los Aguates	-67.417	10.000	1944-1964
1494	Emb. Taiguaiguay	-67.500	10.147	1951-
1497	Hacienda El Ancón	-67.464	10.074	1951-1983
2405	Campo Alegre Planta	-67.433	9.983	1940-1951
2409	San Sebastián	-67.178	9.948	1951-2003
2417	San Juan de Los Morros	-67.362	9.920	1950-1986
2423	Canta Gallo	-67.432	9.790	1961-1983
2424	Paso Pelao	-67.517	9.783	1961-1983
2427	Hato Paradero	-67.578	9.772	1961-1998
2429	La Socorrita	-67.500	9.867	1967-1994
2430	Parapara	-67.292	9.703	1961-2006
2483	Faltriquera	-67.129	9.774	1967-1998
2501	Cartanal	-67.550	9.892	1966-2007
2511	Valle Morín	-66.919	9.922	1961-2003
2520	Embalse Camatagua	-66.943	9.814	1971-2003
2521	Camatagua	-66.904	9.790	1943-1983
2522	Carmen de Cura	-66.844	9.783	1950-1983
9301	La Candelaria	-67.244	10.118	1972-1984
9303	Fila Guaraima	-67.290	10.183	1972-1994
9350	El Cortijo	-67.418	10.081	1971-
9366	La Victoria	-67.330	10.230	1948-1983
9392	Villa de Cura	-67.483	10.033	1952-1972

Fuente: (INAMETH)

- b. Series de láminas máximas anuales asociadas a duraciones de lluvia desde 5 minutos hasta 24 horas

El SWAT solo requiere del valor máximo mensual, durante todo el período de registros de precipitación de la lámina de lluvia ocurrida durante una duración de treinta minutos; a los fines de estimar el pico del escurrimiento superficial a nivel diario. Para llevar a cabo esta estimación adicionalmente se requiere del número de años de registro utilizados en la determinación de esos valores máximos mensuales, la precipitación media de cada mes, el promedio del número de días lluviosos en el mes y la serie de datos diarios de precipitación.

Sin embargo, a los fines de caracterizar las tormentas que ocurren en la Cuenca Alta del Río Guánico, adicionalmente se debe recopilar toda la información referente a la profundidad máxima anual de lluvia asociada a diferentes duraciones de tormenta, incluyendo 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360, 540, 720 y 1.440 minutos. Por otra parte, es conveniente mostrar los mapas de isoyetas, eventos históricos de tormentas extremas, así como los hietogramas asociados a estos eventos.

- c. Series diarias de temperaturas máximas y mínimas, y de otras variables climáticas como radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación en tina evaporimétrica Tipo A, necesarias para aplicar los métodos de estimación de la tasa de evapotranspiración potencial

Al igual que en el caso de la precipitación diaria, se debe recopilar toda la información disponible del resto de las variables climáticas (temperatura, radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación en tina Tipo A, etc.), en todas las estaciones climatológicas representativas de la cuenca bajo estudio, que dispongan de este tipo de información. Es conveniente la recopilación de la información de temperaturas máximas y mínimas a nivel diario, mientras que, en el resto de las variables climáticas, si no se dispone de información diaria, se debe recopilar la información a nivel mensual.

En la Figura 4.15, se incluyen las estaciones climatológicas ubicadas dentro o cercanas a la CARG.

- d. Evaluación del posible uso del generador de series climáticas que dispone el modelo SWAT

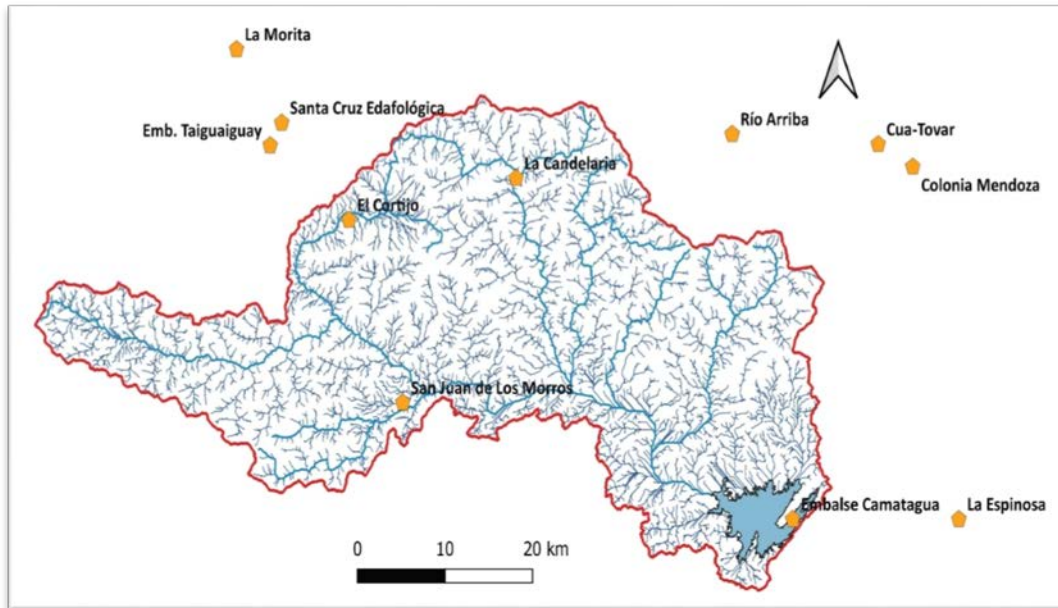
En general, el SWAT requiere de valores diarios de las variables climáticas precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa y velocidad del viento.

Sin embargo, en la mayoría de las estaciones se pueden obtener los datos de precipitación y temperatura a nivel diario, mientras que en el resto de las variables es más difícil conseguir esta información. Por este motivo, el SWAT dispone de un modelo de generación de valores de variables climáticas que se conoce como WXGEN, que



puede generar los valores de estas variables y/o ayudar en la estimación de los datos faltantes de los registros históricos.

**Figura 4.15. Ubicación de las Estaciones Climatológicas Cuenca Alta del Río Guárico**



Los datos de temperaturas máximas y mínimas, así como la radiación solar y la humedad relativa se generan tomando en consideración los datos de lluvia; mientras que los datos de velocidad de viento se generan en forma independiente.

Este modelo ha sido desarrollado para los EE. UU., por este motivo, el usuario puede preferir utilizar otro tipo de modelo para generar las variables climáticas faltantes y luego introducirlas como datos observados.

#### **4.5.3.2. Procesamiento de la información de series diarias de temperaturas máximas y mínimas**

El procesamiento de la información observada de temperaturas máximas y mínimas diarias se realiza, principalmente, con la finalidad de estimar datos faltantes.

#### 4.5.3.3. Procesamiento de la información pluviométrica

##### a. Procesamiento de la información de lluvia diaria

Este procesamiento incluye: (i) desagregación de datos englobados (agregados o acumulados), (ii) estimación de datos faltantes, y (iii) realización de análisis de doble masa a los fines de verificar la confiabilidad de la información de precipitación.

Como se estableció anteriormente, el SWAT requiere de datos de lluvias diarias. El problema con esta información es que, generalmente, contiene datos englobados (acumulados) durante varios días, que se deben desagregar y/o datos faltantes que se deben estimar, utilizando métodos estadísticos.

Adicionalmente a la información de lluvia, se le debe realizar un análisis de doble masa para verificar la confiabilidad de esta y determinar si existe la necesidad de correcciones para tener en cuenta los cambios en los procedimientos de recolección de datos, instrumentación, ubicación del medidor o condiciones circundantes.

Por ejemplo, si dos estaciones hidrológicas o meteorológicas se han visto afectadas por las mismas tendencias, la curva de doble masa debería ser una línea recta. Una ruptura en la pendiente de la curva indica que las condiciones han cambiado en una de las dos ubicaciones. Los datos no confiables pueden eliminarse del análisis o su uso puede limitarse a un escenario separado.

##### b. Procesamiento de las láminas máximas anuales de precipitación asociadas a diferentes duraciones de lluvia

El procesamiento más importante que se hace a los datos de láminas máximas anuales de lluvias asociadas a diferentes duraciones corresponde a la determinación y eliminación de datos dudosos.

Por lo tanto, como un paso previo al ajuste de las distribuciones de probabilidades a los datos de láminas máximas anuales de precipitación asociadas a diferentes duraciones de lluvia, se debe realizar un análisis de pruebas de datos dudosos siguiendo metodologías similares a la desarrollada por el WRC (*Water Resources Council*), según está descrito en la referencia Chow et al. (1994).

##### c. Estimación de curvas de Profundidad-Duración-Frecuencia (PDF) e Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), en cada una de las estaciones pluviométricas representativas de la zona del estudio

Con la finalidad de caracterizar la variación tanto temporal como espacial de las tormentas que ocurren en la cuenca, uno de los principales procesamientos corresponde a la estimación de curvas de Profundidad-Duración-Frecuencia (PDF) e Intensidad-

Duración-Frecuencia (IDF), en cada una de las estaciones pluviométricas representativas de la zona del estudio. Esto se lleva a cabo a través de la ejecución del siguiente conjunto de actividades:

- Ajuste de distribuciones de probabilidades de extremos para los datos registrados en cada estación, y para duraciones que van desde 5 minutos hasta 24 horas. Verificación de la bondad de los ajustes utilizando pruebas estadísticas tipo Chi Cuadrado o similar.
- Estimación de curvas de Profundidad-Duración-Frecuencia (PDF) e Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), en cada una de las estaciones pluviométricas representativas de la zona del estudio.
- Ajuste de ecuaciones similares a la propuesta por Wenzel (Chow et al., 1994), a los fines de suavizar las curvas IDF. Estimación de las nuevas curvas PDF.
- Estimación de los hietogramas de diseño asociados a cada período de retorno, para cada una de las cuencas y subcuencas analizadas.
- Procesamiento de la información disponible relacionada con la variación espacial de tormentas históricas ocurridas en la zona del estudio, a los fines de estimar los coeficientes de reducción por área, y así poder calcular los hietogramas promedios areales.

En la aplicación de los modelos hidrológicos de eventos de tormentas que permiten la estimación de los hidrogramas de crecidas extremas, dado el tamaño pequeño que pueden tener algunas de las subcuencas que integran la zona del estudio, se considera necesario estimar los valores de profundidades máximas de lluvia, asociadas a diferentes períodos de retorno, para duraciones de lluvia tan pequeñas como cinco minutos.

Muchas veces esta información no está disponible en algunas (o todas) de las estaciones pluviométricas representativas de la zona del estudio, ya que la única información que se registra corresponde a las láminas máximas anuales de precipitación a nivel diario. Sin embargo, con esta información se pueden estimar los valores de láminas máximas diarias asociadas a diferentes períodos de retorno, y luego desagregarla usando metodologías como la descrita en Pulgarín y Poveda (2009) y en Yu, Yang y Lin (2004), obteniendo las láminas asociadas a duraciones de lluvia de 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360, 540, 720 y 1.440 minutos y diferentes períodos de retorno.

#### **4.5.4. Hidrometría**

Para realizar la caracterización de la hidrometría en la cuenca es necesario recabar y procesar toda la información disponible sobre series de caudales diarios, series de niveles de agua a nivel diario, aforos de caudales líquidos y curvas de gastos.

Adicionalmente, es necesario recopilar la información de datos extremos referente a caudales instantáneos máximos y mínimos anuales. Así como los hidrogramas

característicos de las crecidas máximas registradas durante el período de funcionamiento de las estaciones hidrométricas.

#### 4.5.4.1. Estaciones hidrométricas

En la Figura 4.16 se muestra la ubicación de las estaciones hidrométricas que existen o existieron en la Cuenca Alta del Río Guárico.

Dentro de este conjunto de estaciones, la base de datos del INAMETH tiene información sobre caudales medios, máximos y mínimos, en las estaciones río Guárico en la Puerta y río San Juan en La Guamita; pero no dispone de información en la estación Río Guárico en Fundo Carrizal. Sin embargo, en la referencia Inchausti (1981), se utiliza la información disponible en Fundo Carrizal a los fines de calibrar un modelo tipo lluvia-escorrentía, como se detallará más adelante; es decir, la información existe.

**Figura 4.16. Ubicación de las Estaciones Hidrométricas.  
Cuenca Alta del Río Guárico**



Adicionalmente, el organismo que se encarga de la operación del embalse Camatagua dispone de información diaria sobre los volúmenes de agua que salen del embalse, la cual permite la estimación de los volúmenes que ingresan al mismo.

En la Tabla 4.2 se muestran las principales características de estas estaciones.

**Tabla 4.2. Características de las Estaciones Hidrométricas  
Cuenca Alta del Río Guárico**

Serial	Nombre	Longitud	Latitud	Período de registros
131	Río Guárico en Fundo Carrizal	-67.118	9.913	Comenzó en 1967
185	Río Guárico en La Puerta	-67.360	9.951	1940-1977
654	Río San Juan en La Guamita	-67.354	9.917	1963-1968
511	Embalse Camatagua	-66.943	9.814	1971-presente

Fuente: (INAMETH)

- a. Recopilación de toda la información hidrométrica disponible en estaciones ubicadas dentro de la cuenca

Los tipos de información a recopilar son los que se describen a continuación:

- Series de caudales diarios.
- Series de niveles de agua.
- Aforos de caudales líquidos y curvas de gastos.
- Caudales instantáneos máximos y mínimos anuales.
- Hidrogramas de crecidas extremas.

- b. Procesamiento de la información hidrométrica

Es importante destacar que en las estaciones hidrométricas se realizan observaciones de niveles, los cuales deben ser transformados a caudales utilizando las curvas de gastos de la sección de aforo. Estas curvas de gastos se obtienen ajustándoles ecuaciones al conjunto de aforos líquidos obtenidos a través de las campañas de medición.

La evaluación de la confiabilidad de la información registrada se logra desarrollando las siguientes actividades:

- Revisión de la confiabilidad de los aforos líquidos, a través de la elaboración de los siguientes gráficos:
  - Altura de agua versus área mojada de la sección de aforo
  - Altura de agua versus velocidad media
  - Altura de agua versus caudal.

A través de estos gráficos se pueden identificar datos dudosos que se salen del comportamiento general del conjunto de aforos, que pueden reflejar errores de cálculo, de transcripción de datos, de cambio de la sección de aforos, etc. Este análisis permitirá evaluar las correcciones que se le pueden hacer a los datos

dudosos o la eliminación de estos, a los fines de realizar el ajuste de las curvas de gastos.

- Revisión del ajuste de la curva de gastos o caudales, utilizando escalas lineales para analizar el ajuste en las partes medias y máximas (especialmente los máximos anuales); y escalas logarítmicas a los fines de evaluar la bondad del ajuste a los caudales bajos, especialmente, los mínimos anuales.
- Extrapolación de la curva de gastos. La mayoría de las veces los aforos no cubren el rango de la variación de niveles (desde niveles mínimos hasta niveles máximos), adicionalmente, es difícil y a veces imposible, aforar un curso de agua cuando el mismo se desborda sobre la planicie de inundación. Por lo tanto, siempre es necesario realizar extrapolaciones de la curva de gastos, que se deben llevar a cabo utilizando modelos hidráulicos tipo HEC-RAS (USACE, 2016), o similares, que deben ser calibrados utilizando la información de aforos existente.

[\(http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/\)](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/)

- Finalmente, si es necesario realizar nuevos ajustes a las curvas de gastos y/o realizar la extrapolación de estas, se debe reprocesar toda la información de niveles para transformarlas en caudales.

#### **4.5.4.2. Aportes al embalse Camatagua**

a. Características del embalse y la presa de Camatagua.

En la Figura 4.17, se presenta un resumen de las principales características del embalse y la presa de Camatagua, según la información descrita en la referencia MARNR (1998).

b. Series de aportes medios mensuales al embalse Camatagua, estimados en estudios anteriores.

Como se muestra en la Figura 4.18, la empresa proyectista de esta presa fue SIMCA C.A. y la construcción de la obra se realizó en el período 1963-1968.

En la referencia SIMCA (1960), se describe el estudio hidrológico utilizado en el proyecto, donde se considera la información hidrométrica observada en las estaciones Camatagua y Boca de Cagua, durante el período 1950-1959. Posteriormente, se realiza la estimación de los caudales medios mensuales, para el período 1940-1949, utilizando información hidrológica y climática adicional. De esta forma se obtuvo una serie de caudales medios mensuales desde 1940 hasta 1959 (20 años), que permitió definir las características del proyecto de la presa. Esta información hidrométrica se incluye en la Tabla 4.3.

**Figura 4.17. Características del Embalse y la Presa de Camatagua**

<p><b>EMBALSE CAMATAGUA</b>                      Nombre de la Presa: Ing. Ernesto León David                      ESTADO ARAGUA</p>		<p><b>PRESA:</b></p>	
<p><b>IDENTIFICACION:</b>                      Ubicación: A 5 km de Camatagua al Oeste de San Juan de los Morros.                      Municipio: Camatagua                      Estado: Aragua.                      Propósito: Riego, generación hidroeléctrica, abastecimiento de agua potable a Caracas                      Proyectista: SIMCA, C.A.                      Constructor: La Excavadora, C.A.                      Cronología: 1963 - 1968                      Operación: HIDROCAPITAL</p>		<p>Tipo: Zonificada de tierra                      Altura máxima: 73 m                      Longitud de cresta: 370 m                      Ancho de cresta: m                      Pendiente de Talud: Aguas arriba 2.5 : 1                      Aguas abajo 2.0 : 1                      Volumen del terraplén: 2.200.000 m<sup>3</sup></p>	
<p><b>CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA:</b>                      Cuenca principal: Río Guárico                      Afluentes principales: Río Guárico y Río Zuata.                      Área de la cuenca: 2.185 km<sup>2</sup>                      Escurrimiento medio anual: 390,5 Hm<sup>3</sup></p>		<p><b>ALVIADERO:</b>                      Ubicación: Hacia el lado derecho de la presa                      Tipo: Perfil Romero                      Longitud de cresta: 33 m                      Carga sobre el vertedero: 2,34 m                      Descarga máxima: 270 m<sup>3</sup>/s</p>	
<p><b>EMBALSE:</b>                      Capacidad máxima: 1.746 Hm<sup>3</sup>                      Capacidad normal: 1573,89 Hm<sup>3</sup>                      Capacidad mínima: 41,80 Hm<sup>3</sup>                      Capacidad útil: 1532,09 Hm<sup>3</sup>                      Superficie del embalse: 7648,35 Ha                      Vida útil: 100 años</p>		<p><b>OBRA DE TOMA:</b>                      Ubicación: En el estribo izquierdo de la presa.                      Tipo: Torre toma de 70,20 m de altura y diámetro de 15,20 m, con compuertas rectangulares de 1,83 x 0,91m. a diferentes alturas, túnel circular donde van dos tuberías de acero para el abastecimiento ( D = 2,13m – 85" ) y riego ( D = 1,52 m – 60" ), compuerta rectangular de emergencia de 3 x 2,70 m                      Válvula de regulación Hollow-Yet D = 60" para riego                      Gasto máximo: 19 m<sup>3</sup>/s</p>	
		<p><b>BENEFICIOS:</b>                      Abastecimiento de agua potable a la ciudad de Caracas, riego de 6000 Ha mitigación de crecientes, uso recreación</p>	

Fuente: MARNR (1998)

**Figura 4.18. Embalse y Sitio de Presa de Camatagua**



**Tabla 4.3. Caudales Medios Mensuales del Río Guárico en el Embalse Camatagua Según SIMCA (1960) (m<sup>3</sup>/s)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1940	-	-	-	3.78	3.36	6.06	10.27	16.88	11.11	16.58	16.20	7.21	-
1941	4.44	2.65	1.57	1.27	5.83	18.71	26.14	11.69	28.63	14.60	6.79	3.17	10.46
1942	2.80	1.90	1.08	1.23	5.56	11.81	22.52	13.97	13.97	25.21	34.92	10.19	12.10
1943	6.31	3.47	3.14	6.25	11.80	17.86	56.46	59.78	37.11	47.68	16.44	9.60	22.99
1944	4.41	3.02	4.67	2.85	16.39	22.42	28.64	27.26	49.38	29.31	28.63	14.08	19.25
1945	7.17	5.13	3.47	4.48	9.15	38.31	84.95	31.78	37.04	30.81	12.19	8.44	22.74
1946	4.82	3.47	2.65	9.41	16.99	10.96	12.32	22.07	45.79	57.69	17.75	10.19	17.84
1947	5.30	4.01	2.91	1.74	1.38	2.35	9.30	23.60	11.42	26.55	11.54	5.71	8.82
1948	3.06	1.98	1.19	1.97	3.85	25.54	42.23	60.46	64.70	19.42	10.92	6.24	20.13
1949	3.85	2.65	1.68	1.39	1.72	3.78	2.80	6.12	11.77	43.69	32.37	10.53	10.19
1950	4.89	3.10	2.09	2.20	15.31	41.55	48.58	59.15	47.30	62.06	45.76	30.99	30.25
1951	10.04	7.07	4.63	3.97	8.78	13.00	25.88	27.11	23.42	15.05	10.53	8.33	13.15
1952	5.27	4.30	2.88	1.97	5.49	19.33	38.42	48.81	41.44	30.25	17.71	9.19	18.75
1953	5.86	4.51	2.91	1.70	5.86	13.46	40.70	53.96	72.72	67.44	27.82	13.55	25.87
1954	7.09	4.01	2.65	2.62	2.17	13.97	34.28	29.20	36.61	32.52	23.42	10.83	16.61
1955	6.01	3.64	2.65	1.97	3.55	5.29	8.18	22.29	28.78	20.95	13.81	6.61	10.31
1956	2.50	1.74	1.19	1.43	2.69	4.82	6.87	9.15	14.58	11.99	16.59	4.37	6.49
1957	1.79	0.70	0.60	0.58	5.94	28.90	44.73	40.85	33.56	20.09	8.29	3.62	15.81
1958	1.68	1.20	0.82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Media</b>	4.85	3.25	2.38	2.82	6.99	16.56	30.18	31.34	33.85	31.77	19.54	9.60	<b>16.58</b>

Posteriormente, en la referencia Inchausti (1981) se describe la aplicación de un modelo de simulación tipo lluvia-escorrentía, similar al desarrollado por el *National Weather Service* de los Estados Unidos de América, el cual fue calibrado utilizando una serie de caudales observados en la estación hidrométrica Fundo Carrizal, la cual tiene una cuenca tributaria del orden del 73 % de la cuenca total que tributa al embalse. La calibración del modelo fue muy buena arrojando un coeficiente de correlación entre la serie observada y simulada de 0.98.

En la Tabla 4.4 se incluye esta serie, correspondiente al período 1964-1979 (16 años).

Luego, en el año 1997, el MARNR realizó un trabajo de evaluación de la operación del embalse Camatagua durante el periodo 1979-1995, donde se estimaron los aportes deducidos (utilizando el método de balance inverso) al embalse durante el citado período. Los resultados obtenidos en este trabajo se incluyen en la Tabla 4.5.



**Tabla 4.4. Caudales Medios Mensuales del Río Guárico en el Embalse Camatagua según Inchausti (1981) (m<sup>3</sup>/s)**

<b>Año</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Anual</b>
1964	2.76	2.11	1.62	1.28	4.13	11.22	49.23	44.88	36.53	32.19	13.38	8.30	17.30
1965	5.52	3.99	2.93	2.19	10.90	35.02	43.59	45.37	27.31	20.70	15.68	8.96	18.51
1966	5.76	4.01	2.92	2.16	2.96	32.65	49.22	53.88	22.73	25.89	32.82	16.00	20.92
1967	8.66	5.73	4.04	3.02	2.36	6.96	8.32	11.67	7.35	12.50	6.04	3.75	6.70
1968	2.49	1.79	1.33	6.00	13.14	46.82	28.13	34.86	37.35	29.60	14.14	8.62	18.69
1969	5.78	4.06	2.99	6.07	11.20	109.16	62.51	130.39	37.11	63.38	26.94	13.82	39.45
1970	8.53	5.80	4.17	3.06	10.63	36.46	50.48	52.40	46.35	17.38	10.58	6.92	21.06
1971	4.76	3.49	2.60	2.01	4.67	3.72	7.43	19.92	34.48	15.25	9.02	5.78	9.43
1972	4.01	2.89	2.31	1.71	19.19	7.15	6.56	4.08	17.82	10.96	6.47	4.09	7.27
1973	2.74	1.97	1.46	10.11	7.51	4.44	2.85	3.47	11.88	21.14	10.23	6.08	6.99
1974	3.94	2.74	2.01	1.47	3.60	2.21	11.30	35.01	29.22	23.32	11.55	7.20	11.13
1975	4.82	3.47	2.56	1.93	1.61	12.53	7.93	18.82	37.06	59.63	27.47	13.94	15.98
1976	8.61	5.89	4.22	3.16	2.50	4.08	51.76	32.15	19.55	35.22	18.72	10.31	16.35
1977	6.54	4.54	3.32	2.43	6.89	26.44	15.39	29.34	17.75	11.99	10.49	5.93	11.75
1978	3.94	2.82	2.16	10.34	27.48	32.82	22.02	28.57	25.18	12.36	7.62	5.06	15.03
1979	3.52	2.59	2.84	2.18	6.48	45.19	38.53	24.04	47.11	27.26	15.54	9.18	18.70
<b>Media</b>	5.15	3.62	2.72	3.70	8.45	26.05	28.45	35.55	28.42	26.17	14.79	8.37	<b>15.95</b>

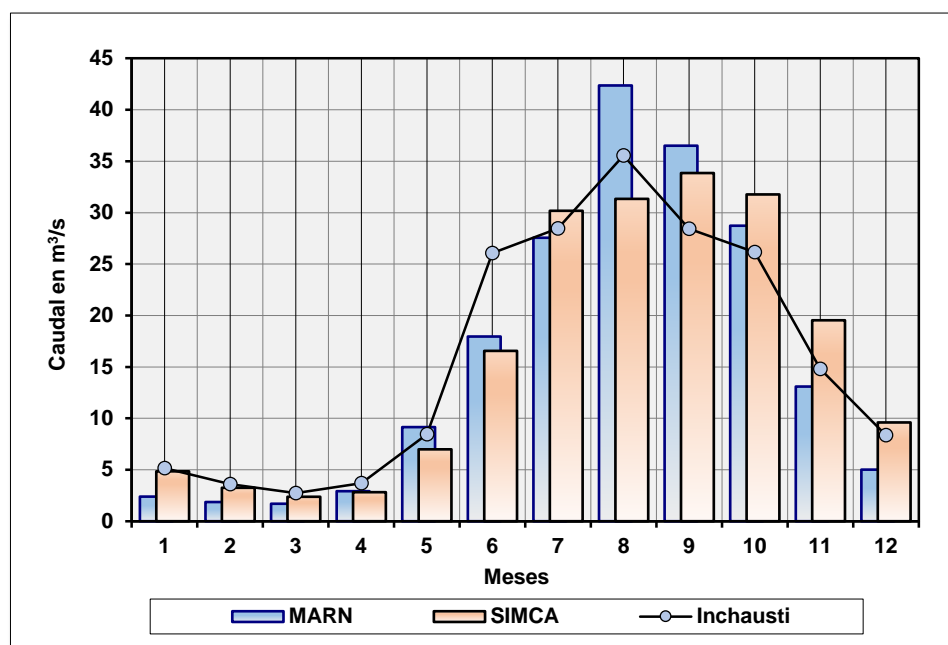
Analizando las series mostradas se observa que las mismas corresponden a diferentes períodos de tiempo, con excepción del año 1979, donde existe un cierto solape entre las estimaciones realizadas por Inchausti (1981) y MANRN (1997), observándose algunas diferencias de importancia a nivel de gastos medios mensuales. Sin embargo, tomando en consideración que son tres metodologías de estimación completamente diferentes, durante tres períodos de tiempo diferentes, con longitudes diferentes, se observa que el caudal promedio anual varía entre 15.34 m<sup>3</sup>/s y 16.58 m<sup>3</sup>/s, es decir, una variación inferior al 10 %.

En la Figura 4.19, se presenta la comparación de los promedios mensuales de las tres series, donde se observa un comportamiento similar, presentándose las mayores diferencias durante los meses más lluviosos. A nivel de los valores individuales de las series, las estimaciones realizadas por el MARNR (1997) presentan valores mínimos iguales a cero durante los meses secos, lo cual probablemente se deba a los errores de medición implícitos en las variables que determinan el movimiento del embalse: precipitación, evaporación, infiltración, niveles del embalse, alivijs, etc.

**Tabla 4.5. Caudales Medios Mensuales del Río Guárico en el Embalse Camatagua según MARNR (1997) (m<sup>3</sup>/s)**

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1979	-	-	-	0.20	6.37	40.07	41.02	32.47	74.65	39.42	17.87	9.11	
1980	4.26	3.28	3.20	4.07	9.45	11.85	29.26	62.41	35.76	26.94	9.58	5.44	17.13
1981	2.91	0.23	1.70	9.85	23.39	25.11	107.64	56.70	71.05	36.84	17.91	9.42	30.23
1982	3.35	3.46	2.32	4.61	40.78	45.44	20.50	29.91	29.59	26.98	16.49	4.12	18.96
1983	3.53	4.20	1.87	3.68	7.71	26.43	30.99	48.77	22.24	19.32	9.79	0.26	14.90
1984	1.84	1.43	0.44	0.86	0.00	4.44	8.23	13.75	22.44	22.44	9.42	2.82	7.34
1985	2.00	0.64	1.82	5.83	5.38	16.46	14.31	47.33	29.01	28.98	11.58	9.57	14.41
1986	0.10	1.74	0.00	1.48	8.74	27.16	25.51	28.67	39.02	37.82	17.36	5.85	16.12
1987	2.40	1.98	2.04	2.52	11.97	13.32	21.17	32.73	29.78	37.57	14.31	6.43	14.69
1988	0.00	2.95	2.43	2.93	3.13	17.23	12.42	39.25	63.30	58.90	18.34	5.71	18.88
1989	4.14	2.04	0.93	0.00	1.27	3.43	7.05	12.70	22.44	11.27	5.50	0.87	5.97
1990	0.92	0.00	0.00	0.00	1.36	11.90	31.94	60.31	41.83	41.77	17.67	0.00	17.31
1991	4.95	2.91	2.82	1.35	1.72	4.43	2.27	31.86	45.86	25.86	13.25	6.79	12.01
1992	2.30	0.80	2.37	1.26	7.65	13.61	42.35	52.21	25.94	13.96	0.39	7.98	14.24
1993	0.00	0.00	0.00	7.92	17.13	25.12	36.04	112.83	15.82	15.33	9.78	0.75	20.06
1994	4.30	3.59	1.38	0.18	0.35	1.30	10.24	15.94	15.42	16.28	20.26	5.13	7.86
1995	1.28	0.60	3.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Media</b>	<b>2.39</b>	<b>1.87</b>	<b>1.70</b>	<b>2.92</b>	<b>9.15</b>	<b>17.96</b>	<b>27.56</b>	<b>42.37</b>	<b>36.51</b>	<b>28.73</b>	<b>13.09</b>	<b>5.02</b>	<b>15.34</b>

**Figura 4.19. Aportes Medios Mensuales al Embalse Camatagua**



De acuerdo con las metodologías de estimación utilizadas se considera que, de estas tres series, la estimada en la referencia Inchausti (1981) es la más confiable, y la misma se debería extender hasta la presente fecha, a los fines de tener una serie más larga de aportes al embalse Camatagua.

c. Datos de operación del embalse Camatagua

Utilizando toda la información disponible sobre los volúmenes diarios que se extraen o salen del embalse Camatagua se puede realizar una estimación de los volúmenes de agua que ingresan al embalse desde su cuenca tributaria. Estas extracciones se realizan para satisfacer las demandas de abastecimiento urbano, riego agrícola, etc.; mientras que las salidas corresponden a los volúmenes aliviados y los perdidos por evaporación directa desde el espejo de agua y/o por infiltración. Adicionalmente, en la ecuación de balance también es necesario considerar los volúmenes aportados por la precipitación directa sobre el espejo de agua.

Esta estimación servirá para mejorar la calibración del componente agua del modelo SWAT, hasta el embalse Camatagua. Por lo tanto, para llevar a cabo esta actualización de aportes es necesario realizar las siguientes actividades:

- Recopilación de toda la información referente a los datos de la operación diaria del embalse Camatagua.
- Estimación de la serie de caudales de entrada al embalse Camatagua, aplicando la ecuación de balance inverso mediante la utilización de la información de la operación del embalse.

#### **4.5.4.3. Trasvase desde cuencas vecinas. Trasvase desde el río Tucutunemo**

Como una medida de control de los volúmenes máximos de agua que producen el desbordamiento del Lago de Valencia en zonas urbanas, se estuvo llevando a cabo un trasvase desde la cuenca tributaria del río Tucutunemo hasta el río Guárico (entre los años 2009 y 2015), lo cual representó un aporte adicional a la Cuenca Alta del Río Guárico en ese periodo y que debe ser contabilizado.

Por lo tanto, es necesario recopilar toda la información disponible no sólo de la serie de tiempo de volúmenes de agua trasvasados, sino también sobre la calidad de dichas aguas (ver Sección 4.6.1 Calidad de Aguas).

#### **4.5.5. Sedimentología**

##### **4.5.5.1. Recopilación de toda la información sedimentológica disponible en estaciones ubicadas dentro de la cuenca**

Los tipos de información a recopilar son los que se describen a continuación:

- Acarreos de sedimentos en suspensión.
- Aforos conjuntos de caudales líquidos y sólidos, y curvas de sedimentación.

##### **4.5.5.2. Procesamiento de la información sedimentológica**

Para llevar a cabo el procesamiento de toda la información disponible sobre acarreo de sedimentos en la Cuenca Alta del Río Guárico, es necesario realizar el siguiente conjunto de actividades:

- a. Revisión de la confiabilidad de los aforos conjuntos de caudales líquidos y sólidos, utilizando metodologías similares a las descritas en los párrafos anteriores (ver sección 4.5.4.1. b).
- b. Revisión del ajuste de la curva de sedimentación, utilizando escalas lineales para analizar el ajuste en las partes medias y máximas (especialmente los máximos anuales); y escalas logarítmicas a los fines de evaluar la bondad del ajuste a los caudales bajos, especialmente, los mínimos anuales.
- c. Revisión de la estimación del acarreo de sedimentos en suspensión.

#### **4.5.6. Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra**

Se hará un procesamiento de toda la información disponible sobre mapas de cobertura vegetal y uso de la tierra, incluyendo tanto la condición actual que se propone levantar en este estudio, como la futura que se tendrá en el año considerado como horizonte de planificación (imagen objetivo en cobertura y uso de la tierra de la CARG), seleccionado en función de la vida útil del Proyecto.

En este escenario de análisis, es necesario tomar en consideración las posibles acciones de conservación de cuencas que se vayan a llevar a cabo en el corto plazo, especialmente, las correspondientes a labores de reforestación de la cuenca o de aplicación de prácticas de conservación de suelos o un uso agroforestal. Esto es importante, debido a que la cobertura forestal disminuye la velocidad del escurrimiento superficial aumentando la infiltración y disminuyendo la erosión laminar, lo cual reduce la producción de sedimentos en la cuenca. Adicionalmente, una adecuada cobertura forestal o de cultivos permanentes con una “arquitectura” que permita una buena cobertura de la superficie del suelo, como por ejemplo el café, aumenta el proceso de

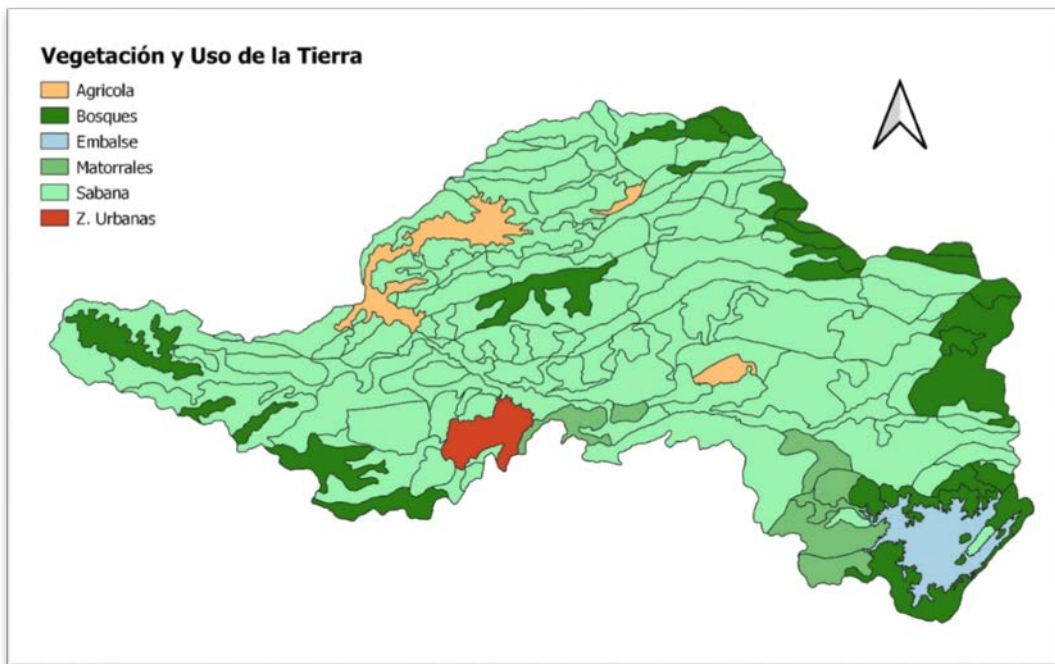
intercepción, amortigua el exceso de lluvia y disminuye los caudales máximos. Por otra parte, al aumentar la infiltración se incrementa la recarga de los acuíferos, que determina el aumento de los caudales mínimos que, en la forma de caudal base, llegan a los cursos de agua.

#### 4.5.6.1. Procesamiento del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra (actualizado), para la situación actual. Incorporación al programa SWAT

En la Figura 4.20, se presenta el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, descrito en la referencia Casanova y Vilorio (2004), donde adicionalmente se observan las unidades de tierra consideradas en este análisis.

Esta información debe ser actualizada, antes de ser procesada para usarla dentro del esquema de modelación del programa SWAT.

**Figura 4.20. Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra. Cuenca Alta del Río Guárico**

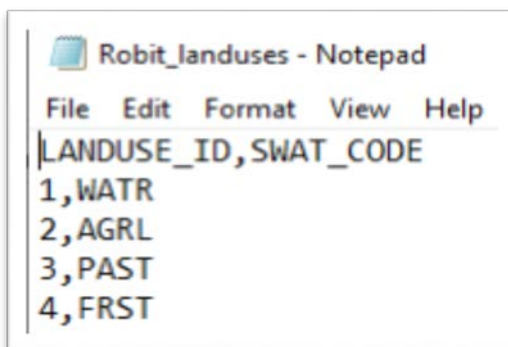


Fuente: Casanova y Vilorio (2004)

Luego de ser actualizada esta información, el mapa debe ser procesado tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- La mayoría de las veces esta información viene expresada en forma vectorial (formato \*.shp), por lo tanto, para su uso en el modelo SWAT se debe transformar en un raster.
- En la Figura 4.20, se observa que las clases de cobertura y uso de la tierra están especificadas por unidades de tierra, de manera que el primer tipo de procesamiento que es necesario hacer corresponde a la unión del grupo de polígonos adyacentes, de unidades de tierra que tengan la misma clase de cobertura y uso de la tierra; de forma tal, que los polígonos resultantes correspondan sólo a las diferentes clases.
- Para crear el raster de cobertura y uso de la tierra, hay que tomar en consideración el tamaño del píxel del DEM, que en el caso del ejemplo mostrado en la Figura 4.20, es del orden de 30 m.
- El modelo SWAT dispone de una base de datos de cobertura/crecimiento de plantas, necesaria para simular el crecimiento de un determinado tipo de cobertura. Cada tipo de cobertura se identifica a través de un código que tiene cuatro letras.
- Para identificar los tipos de cobertura/uso de la tierra, que tendrá el raster es necesario crear una columna de datos en la tabla de atributos de la capa vectorial, que pudiese llamar “*uvcarg*”, donde se incluya un identificador (número entero) de cada categoría (ver ejemplo en Figura 4.21).
- Luego, se debe crear una tabla en formato \*.csv, que relacione cada identificador con el código de la base de datos del SWAT. En la Figura 4.21, se incluye este tipo de archivo usado en el ejemplo de QSWAT descrito en la referencia *QGIS Interface for SWAT (QSWAT)*, (Yihun Dile, Srinivasan and George, 2019).
- Tomando en cuenta todas las consideraciones descritas en apartes anteriores se puede proceder a la creación del raster de cobertura y uso de la tierra.

**Figura 4.21. Tabla de Identificadores de los Tipos de Cobertura/ Uso, Contenidos en el Mapa de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra (Raster), Respecto a los Códigos de la Base de Datos del SWAT. Cuenca del Río Robit**



LANDUSE_ID	SWAT_CODE
1	WATR
2	AGRL
3	PAST
4	FRST

Fuente: Yihun Dile, Srinivasan and George, 2019

#### **4.5.6.2. Procesamiento del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, para la situación futura. Incorporación al programa SWAT**

Tomando en cuenta el plan de ordenación a proponer, los planes de ordenación estatales propuestos, el posible uso futuro que se le dará a la tierra en la Cuenca Alta del Río Guárico, incluyendo los planes de conservación de suelos que consideren prácticas como la reforestación, etc., se pueden elaborar escenarios futuros de cobertura y uso de la tierra, que se les debe dar un procesamiento similar al descrito en el aparte anterior correspondiente a la situación actual (Sección 4.5.6.1). El análisis de los resultados de los escenarios futuros de uso de la tierra y cobertura, en términos de la erosión-sedimentación asociado a esos usos, permitirá contribuir con la planificación del uso de la tierra y proponer escenarios alternativos de ordenamiento agrícola y conservacionista de la cuenca.

#### **4.5.7. Características Físicas de los Suelos**

Una de las variables más importantes para parametrizar los modelos hidrológicos (tanto de simulación continua como de eventos), corresponde a las características físicas de los suelos que forman parte de la zona del estudio. Por lo tanto, es necesario procesar y analizar la información disponible sobre las diferentes clases de suelos que ocurren en la zona del estudio, utilizando sistemas de información geográfica (tipo QGIS), con la finalidad de elaborar mapas que muestren la variación espacial de tales clases.

Luego, toda esta información debe ser adaptada a los tipos de formatos que utiliza el modelo SWAT, definiendo la posible información faltante que es necesario levantar en campo (Ver Sección 4.7.3 Suelos) para completar todos los datos requeridos por este modelo.

##### **4.5.7.1. Procesamiento de la información disponible sobre las características físicas de los suelos**

En la Figura 4.22 se presenta el mapa que contiene las texturas de los suelos que integran la Cuenca Alta del Río Guárico. El detalle de esta información está descrito en la referencia Casanova y Vilorio (2004). En esta Figura se observa que la información de texturas está asociada a cada unidad de tierra considerada en este análisis.

##### **4.5.7.2. Levantamiento en campo de la información de suelos que adicionalmente es necesario recopilar, y su procesamiento para adaptarlos a los formatos requeridos por el modelo SWAT**

La información que se incluye en la Figura 4.22 sólo corresponde a las clases texturales de los suelos de la cuenca, lo cual representa una información general que para ser usada en el SWAT tiene que ser más específica.

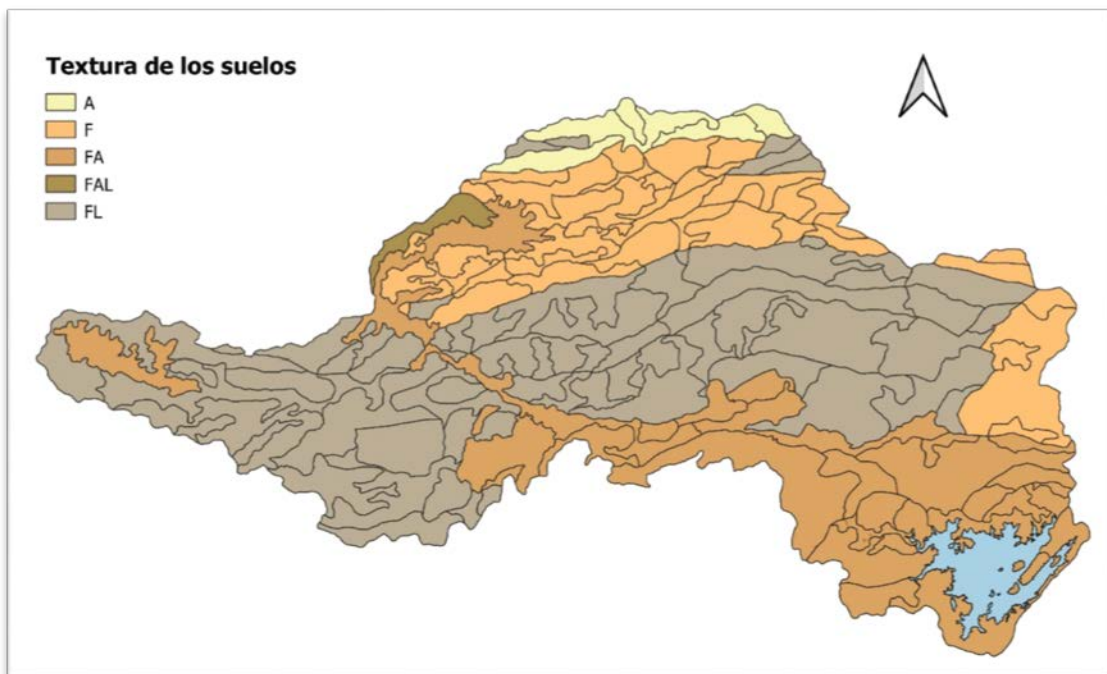
En el capítulo 24 de la referencia “*Swat. Input/Output Documentation*” (Arnold, et al., 2012) se presenta la definición de todas las variables que se deben suministrar como datos de entrada al modelo, las cuales se dividen en dos grupos, características físicas y características químicas, de cada uno de los clases de suelos presentes en la cuenca bajo análisis.

Las propiedades físicas del suelo son las que definen el movimiento tanto de agua como del aire a través del perfil, y son las que tienen el mayor impacto sobre el ciclo del agua en cada Unidad de Respuesta Hidrológica (URH).

Las características químicas son usadas para definir los niveles iniciales de los diferentes elementos químicos en el suelo. La definición de las propiedades físicas del suelo es un requerimiento indispensable para la aplicación del modelo, mientras que la definición de las propiedades químicas es opcional.

En la Figura 4.23, se presenta una vista parcial del archivo que contiene las características de los suelos usados en el ejemplo de QSWAT descrito en la referencia *QGIS Interface for SWAT (QSWAT)*, (Yihun Dile, Srinivasan and George, 2019).

**Figura 4.22. Texturas de los Suelos de la Cuenca Alta del Río Guárico**



Fuente: Casanova y Vilorio (2004)



En la Figura 4.23, en la columna C (SEQN) se presentan los identificadores de cada clase de suelo, mientras que en la columna D (SNAM) se especifica el nombre de estos. Luego, se incluyen una serie de variables como el número de capas que se van a considerar, la profundidad máxima analizada, el grupo hidrológico de la clase de suelo, y otras características específicas para cada capa como densidad aparente, textura, espesor de la capa, agua aprovechable, conductividad hidráulica saturada, contenido de materia orgánica, porcentajes de arcilla, limo y arena, rocas (fragmentos gruesos), albedo (para las condiciones húmedas y secas), parámetro K de la USLE, etc.

Al igual que en el caso de la cobertura vegetal y uso de la tierra, los mapas de suelos se deben procesar, tomando en consideración lo siguiente:

- La mayoría de las veces la información sobre la variación espacial de las clases de suelos viene expresada en forma vectorial (en formatos tipo \*.shp), sin embargo, para su uso en el modelo SWAT se debe transformar en un raster.
- En la Figura 4.22 se observan las clases de texturas de suelos asociados a las unidades de tierra, de manera que el primer tipo de procesamiento que es necesario hacer corresponde a la unión del grupo de polígonos adyacentes, de unidades de tierra que tengan el mismo tipo de textura de suelo; de forma tal, que los polígonos resultantes correspondan sólo a cada uno de ellos.

**Figura 4.23. Archivo *Robit\_Usersoil*. Cuenca del Río Robit**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
	OBJECTID	MUID	SEQN	SNAM	SSID	CMPPCT	NLAYERS	HYDRGP	SOL_ZMX	ANION_EXCL	SOL_CRK	TEXTURE	SOL_Z1	SOL_BD1	SOL_AWC1	SOL_K1	SOL_CBN1	CLAY1	SILT1	SAND1	ROCK1	SOL_ALB1	USLE_K1	SOL	
2	203	0	2	FLe	0	0	3	D	1500	0.5	0.5	C	200	1.19	0.09	3.03	3.92	61.95	32.18	5.88	0	0.12	0.22	0.04	
3	204	0	19	ACH	0	0	3	C	1800	0.5	0.5	C	300	1.21	0.13	6.15	6.98	45.32	29.03	22.24	3.41	0.04	0.15	0.04	
4	205	0	25	ALh	0	0	3	C	1600	0.5	0.5	C	250	1.26	0.13	4.57	5.57	44.26	31.37	24.3	0.07	0.06	0.15	0.04	
5	206	0	39	ARh	0	0	1	B	600	0.5	0.5	LS	600	1.5	0.06	68.22	1.87	8.5	11.68	79.82	0	0.28	0	0.04	
6	207	0	40	ARb	0	0	1	B	600	0.5	0.5	LS	600	1.5	0.06	68.22	1.87	8.5	11.68	79.82	0	0.28	0	0.04	
7	208	0	62	CMe	0	0	3	D	1400	0.5	0.5	C	250	1.3	0.12	2.44	4.2	47.07	28.29	24.62	0.03	0.11	0.15	0.04	
8	209	0	63	CMd	0	0	3	B	550	0.5	0.5	C	200	0.92	0.06	52.54	20.35	51.95	39.51	8.54	0	0	0.21	0.04	
9	210	0	67	CMv	0	0	3	C	1200	0.5	0.5	SICL	200	1.23	0.13	4.53	3.92	46.89	40.57	12.55	0	0.12	0.19	0.04	
10	211	0	98	LPe	0	0	2	C	350	0.5	0.5	CL	200	1.32	0.14	4.59	3.7	38.8	34.81	26.4	0	0.14	0.16	0.04	
11	212	0	99	LPd	0	0	2	C	350	0.5	0.5	CL	200	1.32	0.14	4.59	3.7	38.8	34.81	26.4	0	0.14	0.16	0.04	
12	213	0	100	LPk	0	0	2	C	600	0.5	0.5	L	200	1.45	0.14	8.75	2.01	25.18	37.44	37.38	0	0.27	0.17	0.04	
13	214	0	103	LPq	0	0	3	C	1100	0.5	0.5	L	150	1.43	0.13	13.06	2.84	23.31	32.57	44.13	0	0.19	0.17	0.04	
14	215	0	106	LVh	0	0	3	D	1400	0.5	0.5	C	200	1.23	0.1	3.17	5.54	54.37	30.7	14.94	0	0.07	0.16	0.04	
15	216	0	108	LVv	0	0	3	D	1600	0.5	0.5	C	250	1.22	0.11	2.64	3.77	56.91	32.64	10.45	0	0.13	0.18	0.04	
16	217	0	122	NTh	0	0	3	D	1550	0.5	0.5	C	200	1.24	0.11	2.01	3.65	56.72	28.56	13.49	1.23	0.14	0.16	0.04	
17	218	0	123	NTr	0	0	3	D	1700	0.5	0.5	C	250	1.25	0.11	1.79	3.42	56.45	27.61	14.51	1.43	0.15	0.15	0.04	
18	219	0	132	PHh	0	0	3	D	1400	0.5	0.5	SICL	300	1.25	0.13	3.03	2.54	49.14	40.61	10.25	0	0.22	0.2	0.04	
19	220	0	156	RGe	0	0	2	D	700	0.5	0.5	C	250	1.34	0.13	2.69	3.3	42.65	29.49	27.85	0	0.16	0.15	0.04	
20	221	0	178	VRr	0	0	3	D	1450	0.5	0.5	C	200	1.19	0.07	1.77	3.59	68.04	24.64	7.32	0	0.14	0.18	0.04	
21	222	0	180	VRk	0	0	3	D	1500	0.5	0.5	C	200	1.15	0.06	1.78	3.32	72.89	22.03	5.08	0	0.16	0.19	0.04	
22	223	0	198	WR	0	0	1	D	25	0.5	0.5	C	25	0	0	260	0	0	0	0	0	0	0.23	0	
23	225	0	201	UR	0	0	1	D	1524	0.5	0.5	C	1524	2.5	0.01	180	0	0	0	0	0	98	0.23	0	0
24	226	0	203	MA	0	0	1	D	25	0.5	0.5	C	25	0	0	260	0	0	0	0	0	0	0.23	0	0

- Para crear el raster de clases de texturas de suelos, hay que tomar en consideración el tamaño del píxel del DEM, que en el ejemplo mostrado en la Figura 4.22, es del orden de 30 m.
- Para identificar los tipos de suelos que tendrá el raster es necesario crear una columna de datos en la tabla de atributos de la capa vectorial, que pudiese llamar “scarg”, donde se incluya un identificador (número entero) para cada clase de suelo (ver SEQN en la Figura 4.23).
- Luego, se debe crear una tabla en formato \*.csv, que relacione cada identificador (SEQN en la Figura 4.23) con el nombre del tipo de suelo (SNAM, en la Figura 4.24). En la Figura 4.24, se incluye este tipo de archivo usado en el ejemplo de QSWAT descrito en la referencia *QGIS Interface for SWAT (QSWAT)*, (Yihun Dile, Srinivasan and George, 2019), donde SEQN corresponde a SOIL\_ID.
- Finalmente, tomando en cuenta todas las consideraciones descritas en apartes anteriores se puede proceder a la creación del raster de clases de suelos.

**Figura 4.24. Identificadores y Nombres de las Clases de Suelos. Cuenca del Río Robit**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SOIL_ID	SNAM							
2	2	FLe							
3	19	ACH							
4	25	ALh							
5	39	ARh							
6	40	ARb							
7	62	CMe							
8	63	CMd							
9	67	CMv							
10	98	LPe							
11	99	LPd							
12	100	LPk							
13	103	LPq							
14	106	LVh							
15	108	LVx							
16	122	NTh							
17	123	NTr							
18	132	PHh							
19	156	RGe							
20	178	VRe							
21	180	VRk							
22	198	WR							
23	200	NTh							
24	201	UR							
25	203	MA							

#### **4.5.8. Uso Actual del Agua en la Cuenca**

En el capítulo 21 de la referencia "*Swat. Input/Output Documentation*" (Arnold, et al., 2012) se presenta la forma como el modelo considera las extracciones de agua a los fines de satisfacer las demandas tanto de riego, como de abastecimiento urbano/industrial. Estos volúmenes de agua pueden ser extraídos como derivaciones directas de un curso de agua y/o desde un embalse, y/o desde acuíferos someros y/o profundos.

##### **4.5.8.1. Recopilación de la información sobre el uso actual del recurso agua en la cuenca**

###### **a. Uso del agua con fines domésticos e industriales**

En la referencia IMANTI MS (2013), se presenta un análisis sobre las diferentes fuentes de suministro de agua para abastecimiento urbano/industrial de la ciudad de San Juan de Los Morros, capital del estado Guárico. Estas fuentes provienen de: (i) una derivación sobre el río Guárico en el sitio Las Vegas, (ii) del embalse Tierra Blanca, (iii) de una derivación directa sobre el río Cerro Pelao ubicado en el sitio Las Guamitas, y (iv) de una aducción que trae agua desde el embalse Camatagua.

En la Figura 4.25, se muestra un plano de ubicación de los sitios Las Vegas, Las Guamitas y del embalse Tierra Blanca. Así como la delimitación de la cuenca del río Guárico hasta la estación hidrométrica ubicada en el sitio conocido como La Puerta.

La cuenca tributaria del río Guárico hasta el sitio Las Vegas alcanza una superficie del orden de los 285 km<sup>2</sup>, la cuenca del río Cerro Pelao hasta Las Guamitas tiene una superficie de 42 km<sup>2</sup>, y la cuenca tributaria al embalse Tierra Blanca drena un área del orden de los 5 km<sup>2</sup>. Este último embalse recibe las aguas de la quebrada Corozal y parte de las aguas que se derivan en el sitio Las Vegas.

**Figura 4.25. Ubicación de los Sitios de Derivación Directa sobre los Ríos Guárico y Cerro Pelao, así como del Sitio del Embalse Tierra Blanca**



Fuente: IMANTI MS (2013)

En la Figura 4.26 (a y b) se muestra una foto de la cuenca de la quebrada Corozal tributaria al embalse Tierra Blanca, mientras que en la Figura 4.27 se muestran las principales características tanto de la presa como del embalse.

**Figura 4.26a. Cuenca de la Quebrada Corozal Tributaria al Embalse Tierra Blanca**



**Figura 4.26b. Embalse Tierra Blanca.  
Coordenadas (X, Y) del Sitio de Presa: - 67.417; 9.979**



Fuente: IMANTI MS (2013)

En la Figuras 4.28 y 4.29, se incluyen fotos de los sitios de derivación Las Vegas y Las Guamitas, respectivamente.

Una de las actividades más importantes que se debe llevar a cabo, en este caso, corresponde a la visita a las instalaciones de HidroPáez, en la ciudad de San Juan de Los Morros a los fines de recopilar toda la información relacionada con el abastecimiento urbano/industrial, tanto de San Juan de Los Morros como de otros centros urbanos ubicados dentro de la cuenca, entre los que destacan las poblaciones de San Casimiro y San Sebastián, así como los que están en los límites de la cuenca, como lo es la población de Villa de Cura.

Desde el punto de vista de las simulaciones que se van a llevar a cabo utilizando el modelo SWAT, es muy importante conocer tanto los volúmenes suministrados a todos los centros urbanos abastecidos con el agua que se produce dentro de la cuenca, como las fuentes usadas para tal fin, discriminando entre aguas superficiales y subsuperficiales (Subterráneas).

**Figura 4.27. Características del Embalse y la Presa Tierra Blanca**



Fuente: MARNR (1998)

b. Uso del agua con fines riego

En este caso lo conveniente es llevar a cabo una encuesta entre los productores agrícolas y pecuarios, a los fines de conocer los volúmenes de aguas tanto superficiales como subterráneas que son extraídos desde esas fuentes para abastecer las zonas de riego.

En esta encuesta también es conveniente recabar información sobre los tipos de cultivos que se están regando, superficie de cada uno de ellos, método de riego utilizado, frecuencia de riego, la infraestructura utilizada para tal fin, y toda la información adicional que sea necesaria para verificar, en forma teórica, la información suministrada relacionada con las demandas de riego.

**Figura 4.28. Obra de Derivación en el Sitio Río Guárico en Las Vegas**



Fuente: IMANTI MS (2013)

**Figura 4.29. Obra de Derivación en el Sitio Río Cerro Pelao en Las Guamitas**



Fuente: IMANTI MS (2013)

#### **4.5.8.2. Estimación del uso del agua almacenada en el embalse Camatagua, a partir de los datos de operación del embalse**

Utilizando toda la información disponible sobre la operación del embalse Camatagua se pueden obtener los volúmenes diarios que se extraen para satisfacer las demandas de abastecimiento urbano, riego agrícola, etc.

#### **4.5.9. Aguas Subterráneas**

El modelo SWAT puede considerar dos sistemas de acuíferos, el acuífero somero que es el que contribuye con el caudal base que fluye a lo largo de la red de drenajes; y el acuífero confinado que no tiene conexión hidráulica con la red de drenajes que se ubica dentro de los límites de la cuenca.

##### **4.5.9.1. Recopilación de toda la información disponible en los pozos de extracción de agua subterránea existentes en la cuenca**

Durante la recolección de información sobre los volúmenes de agua que son extraídos de los acuíferos para satisfacer demandas para abastecer poblaciones y/o demandas de riego, se debe también realizar un inventario de pozos de aguas subterráneas en la



cuenca, recopilando toda la información técnica que esté disponible (localización georeferenciada, caudal extraído, variación estacional de los niveles del acuífero, resultados de pruebas de bombeo, etc.), que permita estimar los parámetros de las aguas subterráneas que requiere el modelo SWAT.

#### **4.5.9.2. Estimación de los parámetros de aguas subterráneas que requiere el modelo SWAT, asociados a cada una de las subcuencas**

En el capítulo 24 de la referencia “*Swat. Input/Output Documentation*” (Arnold, et al., 2012) se describe el conjunto de parámetros que se le debe suministrar al modelo, para cada subcuenca, como datos de entrada a los fines de caracterizar el componente de aguas subterráneas.

A continuación, se incluye un listado con las denominaciones de los parámetros más importantes:

- Altura inicial del agua en el acuífero somero.
- Presión en el acuífero confinado, expresada como altura del agua.
- Tiempo de rezago o de viaje del agua almacenada en el perfil del suelo que a través del proceso de percolación profunda recarga el acuífero somero.
- Factor Alpha que forma parte de la ecuación que define el flujo base.
- Umbral de profundidad de la mesa de agua, a partir del cual se inicia la conexión con la red de drenajes y la aparición del flujo base.
- Fracción de la percolación que recarga el acuífero profundo.

Existen un conjunto de parámetros adicionales que son opcionales.

#### **4.5.10. Información contenida en estudios anteriores**

Se deben recopilar todos los estudios anteriores, llevados a cabo en el área donde se ubica la cuenca bajo estudio y su red hidrográfica, relacionados con:

- Climatología.
- Hidrometría y sedimentología.
- Aplicación de modelos lluvia-escorrentía de simulación continua a los fines de estimar series de caudales.
- Aplicación de modelos lluvia-escorrentía de eventos extremos para la definición de hidrograma de crecidas extremas.
- Estimación de producción de sedimentos.
- Planes de manejo y conservación de cuencas.
- Cualquier otro estudio que sea de interés para lograr los objetivos del Proyecto, como los relacionados con geología y geomorfología.
- Mapas isoyéticos promedios anuales, que incluyan la cuenca bajo estudio.

- Mapas isoyéticos de tormentas históricas extremas, que incluyan la cuenca bajo estudio. En este caso es conveniente seleccionar las mayores tormentas que se hayan registrado en las estaciones de precipitación, representativas de la cuenca bajo estudio.

#### 4.5.11. Productos Esperados

Los principales productos que se esperan obtener con los resultados de la implementación y aplicación del modelo SWAT en la caracterización hidroclimática de la Cuenca Alta del Río Guárico hasta el embalse Camatagua, son los que se listan a continuación.

##### a. Caracterización climática.

Esta caracterización incluye el análisis de la variación tanto temporal como espacial de todas las variables climáticas utilizadas en el estudio para poder implementar el modelo SWAT.

Los resultados de esta caracterización serán expresados a través:

- Informe que incluya el análisis de los resultados obtenidos, así como las principales conclusiones y recomendaciones.
  - Tablas de datos registrados, agregados a niveles mensuales y anuales, de cada una de las variables climáticas, que incluyan sus principales estadísticos.
  - Mapas que muestren la variación espacial de estas variables.
    - Isoyetas medias anuales.
    - Isoyetas de tormentas históricas extremas.
    - Isotermas medias anuales.
    - Isolíneas del resto de las variables climáticas.
  - Figuras que muestren la variación temporal de estas variables.
    - Promedios mensuales de todas las variables climáticas, en todas las estaciones de registro.
    - Hietogramas de tormentas históricas.
    - Curvas de intensidad-Duración-Frecuencia.
    - Hietogramas de tormentas asociadas a diferentes períodos de retorno.
- b. Mapa digital a escala 1:100.000 y descripción de las Zonas de Vida según Holdridge y de la distribución de los pozos de aguas subterráneas.
- c. Caracterización hidrométrica y sedimentológica, de la situación actual de la cuenca.

Esta caracterización incluye el análisis de la variación tanto temporal como espacial de la hidrometría y sedimentología pseudohistórica, que incluye los valores registrados y los

simulados con el modelo SWAT. Estos últimos permiten estimar datos faltantes de la serie histórica, así como extender estas series.

El modelo SWAT, al finalizar su ejecución, presenta un archivo con un resumen de los resultados de la simulación, acumulados a nivel mensual y anual (*output.std*). En la Figura 4.30, se incluye un ejemplo de este tipo de archivo, el cual incluye tablas para cada año de simulación y al final un resumen para todo el período de simulación. En esas tablas se presentan los valores de las variables: precipitación media en toda la cuenca, flujo superficial, flujo lateral, flujo base, tasa de percolación, drenaje lateral, humedad del suelo, evapotranspiración real y potencial, producción de agua y sedimentos; entre otras.

Adicionalmente, como fue descrito en secciones anteriores, el SWAT genera una serie de archivos donde se presentan los resultados de la simulación del componente agua y acarreo de sedimentos, a intervalos de tiempo diario, y a nivel de subcuencas (*output.sub*) y unidades de respuesta hidrológica (*output.hru*); por otra parte, en cada tramo de los canales de la red de drenaje, se presentan los resultados diarios del tránsito tanto de agua como de sedimentos (*output.rch*).

**Figura 4.30. Archivo de Salida *output.std* del Modelo SWAT**

SWAT Feb 25 2013 VER 2012/Rev 589 0/ 0/

General Input/Output section (file.cio):  
3/17/2013 12:00:00 AM ARCGIS-SWAT interface AV

Number of years in run: 2  
Area of watershed: 231.940 km2

1 SWAT Feb 25 2013 VER 2012/Rev 589

General Input/Output section (file.cio):  
3/17/2013 12:00:00 AM ARCGIS-SWAT interface AV

Annual Summary for watershed in year 1 of simulation

UNIT TIME	PREC (mm)	SURQ (mm)	LATQ (mm)	GWQ (mm)	PERCO LATE (mm)	TILE Q (mm)	Sw (mm)	ET (mm)	PET (mm)	WATER YIELD (mm)	SED YIELD (mm)	NO3 SURQ	NO3 LATQ
1	28.90	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	134.99	28.17	136.27	0.23	0.01	0.00	0.00
2	34.50	0.26	0.04	0.00	0.00	0.00	128.51	40.68	148.78	0.30	0.01	0.00	0.00
3	60.20	3.15	0.06	0.00	0.00	0.00	143.67	41.80	127.86	3.21	0.13	0.03	0.00
4	141.90	32.94	0.17	0.01	0.08	0.00	174.65	77.70	200.66	33.11	1.32	0.10	0.00
5	166.90	32.95	0.15	0.04	0.04	0.00	169.81	138.54	289.79	31.55	0.12	0.08	0.00
6	6.60	0.00	0.12	0.03	0.00	0.00	5.31	171.10	316.59	1.74	0.00	0.00	0.00
7	94.00	9.81	0.13	0.01	0.00	0.00	0.00	89.36	297.12	9.95	0.00	0.02	0.00
8	32.70	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	1.62	31.05	249.50	0.05	0.00	0.00	0.00
9	100.50	3.84	0.15	0.00	0.00	0.00	23.58	74.52	222.30	3.99	0.00	0.01	0.00
10	156.70	39.52	0.12	0.00	0.00	0.00	109.68	30.84	162.09	39.09	0.06	0.14	0.00
11	32.00	0.02	0.17	0.00	0.01	0.00	107.20	34.40	93.97	0.75	0.00	0.00	0.00
12	138.80	13.93	0.15	0.01	0.09	0.00	158.75	43.50	109.97	14.10	0.06	0.03	0.00
1977	993.70	136.64	1.32	0.11	0.22	0.00	158.75	801.67	2354.91	138.07	1.71	0.42	0.01

1 SWAT Feb 25 2013 VER 2012/Rev 589

General Input/Output section (file.cio):  
3/17/2013 12:00:00 AM ARCGIS-SWAT interface AV

Annual Summary for watershed in year 2 of simulation

Fuente: Winchell, M. R. Srinivasan, M. Di Luzio and J. Arnold. 2013

#### **4.6. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA**

El componente agua en una cuenca constituye el elemento transversal, que interactúa permanentemente con los otros componentes. Los usos consuntivos determinan los requerimientos de calidad y las actividades que usualmente se realizan en la cuenca aportan sustancias que afectan su calidad, bien sea de forma puntual o difusa.

El análisis del componente agua, visualizado como eje central en la formulación de un plan para la Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), pretende establecer los requerimientos esenciales y la generación de la información necesaria para la caracterización y cuantificación de la calidad del agua a lo largo de dicho proceso de planificación.

##### **4.6.1. Importancia del Componente Calidad del Agua en el Plan de Gestión Integral de la CARG**

En la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), los fluvios que drenan las 9 sub-cuencas, las aguas subterráneas y el principal embalse, Camatagua, son altamente requeridos, ya que, en su conjunto, constituyen la principal fuente de abastecimiento del Área Metropolitana de Caracas y zonas aledañas, y para las actividades adicionales de la cuenca.

Sin embargo, las actividades en los principales centros poblados (San Juan de los Morros, San Sebastián de los Reyes, Villa de Cura y San Casimiro) ubicados en la cuenca, a través de sus descargas de aguas residuales municipales e industriales sin tratamiento previo, así como la disposición inadecuada de desechos y residuos sólidos, han afectado seriamente el equilibrio de los ecosistemas acuáticos y limitado sus usos potenciales.

En los espacios rurales de la cuenca alta se evidencian graves procesos de degradación ambiental (deforestación, sobrepastoreo y procesos erosivos, inadecuada disposición de excretas), lo que está relacionado con el deterioro de la calidad del agua que produce la cuenca, así como también en el aprovechamiento de los recursos naturales, que influye en el descenso de la calidad de vida de la población que habita en estos espacios (Moreno, 2004).

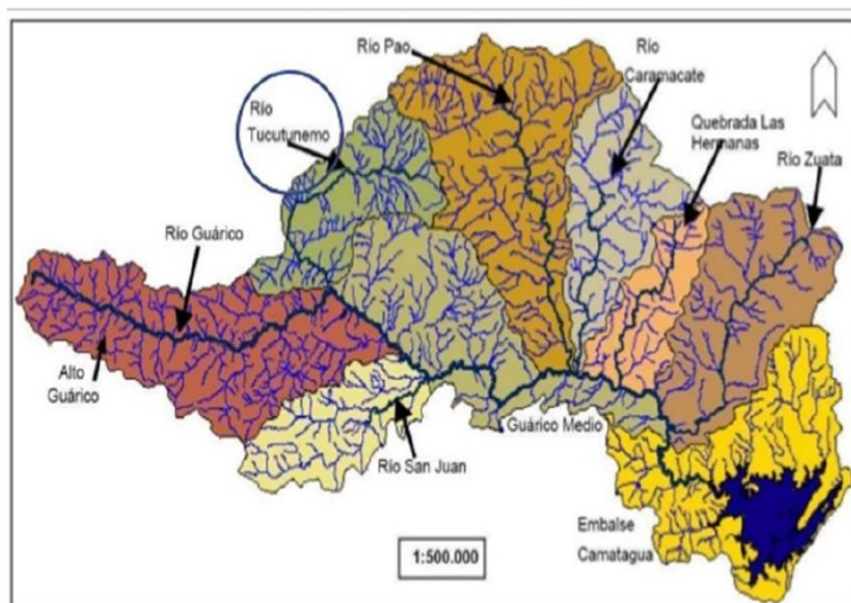
Otro factor a considerar es la intervención de los espacios protegidos por las figuras de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), contribuyendo al deterioro progresivo de la calidad de las aguas en la cuenca, lo que requiere especial atención, en el caso de las relacionadas con la protección de los cuerpos de agua utilizados para abastecimiento.

Mención especial merece las consecuencias del trasvase de 3.000 l/s de las aguas servidas de la cuenca del Lago de Valencia, desde la laguna Taiguaiguay, a la cuenca

del río Guárico, a través del Valle del Tucutunemo, desde el año 2009 hasta el 2015, evidenciándose, principalmente en ese periodo, una reducción de la transparencia, incremento de la turbiedad, así como de la concentración de nitrógeno y fósforo en las aguas del embalse Camatagua, que estimularon el crecimiento de la densidad de fitoplancton y cambios en la composición de la comunidad planctónica. A pesar de la disminución del trasvase desde el año 2012, hasta su eliminación total en 2015, las concentraciones de nitrógeno y fósforo continuaron incrementándose (Matos y Guajardo, 2017).

En resumen, la degradación ambiental de la CARG, afecta tanto a sus usuarios directos, los que viven y trabajan en su ámbito, como a los que usufructúan sus recursos externamente, estas son, las poblaciones urbanas que se benefician del agua que produce la cuenca, tal como la ciudad de Caracas. Para efectos de este componente - Calidad del agua- en la formulación del Proyecto, se utiliza la subcuenca como unidad de síntesis. En la cuenca se distinguen 9 sub-cuencas, según se muestra en la Figura 4.31.

**Figura 4.31. Subcuencas de la Cuenca Alta del Río Guárico**



Fuente: UCV (2004)

En cada una de las sub-cuencas, el enfoque para el análisis estará orientado hacia la evaluación de la calidad del agua actual, los niveles de deterioro como consecuencia de la intervención y su afectación para los diversos usos consuntivos, la detección de cambios que pudieran reflejarse aguas abajo y planificar las medidas de prevención,

control y mitigación para la conservación de la calidad de sus aguas para el uso consuntivo y no consuntivo.

#### **4.6.2. Objetivos del Componente Calidad del Agua**

La importancia del embalse Camatagua como principal fuente de abastecimiento de agua para el Área Metropolitana de Caracas, así como la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la CARG, justifican la elaboración de un Plan de Gestión Integral para la Cuenca Alta del río Guárico, con miras a alcanzar, entre otros, los siguientes objetivos.

##### **4.6.2.1. Objetivo general**

Asegurar la producción de agua en la CARG con calidad adecuada para los distintos usos consuntivos y no consuntivos, para satisfacer tanto las necesidades de la cuenca como las del Área Metropolitana de Caracas (AMC)

##### **4.6.2.2. Objetivos específicos**

- Conocer la calidad del agua en los cuerpos de aguas superficiales (ríos y embalses) y subterráneas en la cuenca alta.
- Establecer las estrategias y medidas de control, prevención y mitigación orientadas a proteger/ mejorar y mantener las condiciones hídricas y calidad del agua de los ambientes acuáticos (ríos y embalses) en la CARG.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca, garantizando el abastecimiento de agua segura y las acciones de saneamiento tendientes a la protección de la salud.
- Generar información básica necesaria para la formulación de los Programas de Gestión y para el Plan de Ordenación de la CARG.

#### **4.6.3. Marco Metodológico para el Desarrollo del Componente Calidad del Agua**

Con base en los objetivos establecidos, en el componente Calidad del Agua se indagará la información necesaria para realizar los programas requeridos que permitan materializar los objetivos deseados, agrupando las actividades en dos etapas:

(i) En la caracterización y diagnóstico de la situación ambiental de la cuenca, se buscará información sobre la calidad de los cuerpos de agua, las amenazas existentes y potenciales para su degradación, así como el estatus de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Esta fase de exploración y organización de la información disponible, permitirá la identificación de vacíos de información y determinará los requerimientos de generación de información indispensable para la formulación de los Programas de Gestión.

(ii) La recabación de información sobre las interacciones de la calidad del agua con otros componentes del Plan, especialmente con los de la caracterización hidroclimática, incluyendo la modelación con el SWAT y la caracterización socioeconómica.

#### **4.6.3.1. Caracterización de la calidad del agua**

La caracterización de la Calidad del Agua plantea los siguientes alcances:

- Conocer la calidad del agua en los distintos cuerpos de agua superficiales y subterráneos, que constituyen la base para su aprovechamiento y protección, con criterios de sostenibilidad.
- Identificar las fuentes puntuales y difusas de contaminación que afectan la calidad de los cuerpos de agua en la CARG, así como realizar los análisis y jerarquización de los riesgos, para proponer las medidas de prevención, control y mitigación, entre las que se deberían incluir aquellas que actuarán como sistemas de alerta temprana.
- Conocer las formas de abastecimiento de agua actual para los diferentes usos consuntivos y el estatus del saneamiento básico en la cuenca, incluyendo las descargas de aguas residuales, disposición de excretas y desechos sólidos. La información señalada permitirá establecer los requerimientos para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca mediante el abastecimiento seguro de agua de acuerdo al uso, así como las acciones de saneamiento.

#### **4.6.3.2. Información requerida de los otros componentes del Plan**

Dada la necesaria interacción con los otros componentes del Plan de Gestión, a continuación, se enumera la información requerida de ellos, para cada sub-cuenca:

- a. Inventario de cuerpos de agua superficiales (ubicación, caudal – variación temporal y espacial, pendiente - turbulencia).
- b. Inventario de pozos (ubicación, producción, nivel freático, zona de recarga, características físico-químicas y bacteriológicas - FQB).
- c. Zonas urbanas: ubicación espacial de las poblaciones (mapa o figura), número de habitantes, actividad comercial e industrial. Enfermedades gastrointestinales y otras transmitidas por el consumo y contacto con el agua, así como las características de los servicios:
  - Abastecimiento de agua para consumo, fuentes de abastecimiento, tratamiento, cobertura por acueducto, otras formas de abastecimiento.
  - Recolección de aguas servidas, cobertura, tratamiento y sitio de descarga. Pozos sépticos, letrinas u otro medio de disposición de excretas.
  - Manejo de residuos sólidos: recolección, cobertura, formas de manejo, sitios de disposición.
  - Fuentes fijas y difusas de contaminación de cuerpos de agua.
- d. Zonas rurales: ubicación espacial de las poblaciones (mapa), número de habitantes, ubicación espacial de las actividades industriales, agrícolas, pecuarias, piscícolas,

- recreacionales, etc. (mapa), especificando en cada caso sus características, tipos de procesos, producción, así como las características de los servicios.
- Abastecimiento de agua para consumo, fuentes de abastecimiento, tratamiento, cobertura por acueducto, otras formas de abastecimiento.
  - Recolección de aguas servidas, cobertura, tratamiento y sitio de descarga. Pozos sépticos, letrinas u otro medio de disposición de excretas.
  - Manejo de residuos sólidos: Recolección, cobertura, formas de manejo, sitios de disposición.
- e. ABRAE: ubicación espacial, significación con respecto a la calidad de las aguas, identificación de los cuerpos de agua existentes, intervención de los espacios no planificados y usos no conformes.
- f. Estudios de arrastre de sedimentos y batimetría de embalses.

Es importante destacar, que muchos de los datos requeridos para la caracterización de la calidad del agua, pueden ser generados en la caracterización socioeconómica, en consecuencia, se requiere una estrecha vinculación entre los diferentes profesionales, a los fines de ser eficientes en el levantamiento y procesamiento de la información y evitar redundancia.

#### **4.6.3.3. Análisis de la información disponible**

Con base en la información disponible, se elaborará una descripción síntesis de la calidad del agua, amenazas naturales, las principales actividades que se realizan en las subcuencas, su población, condiciones de salubridad, y de los servicios de que disponen, entre otros aspectos, relacionados con los objetivos a alcanzar en el componente agua. En la mayoría de los casos la información no es reciente, por lo que se requerirá su actualización, ya que están relacionadas directa o indirectamente con la calidad del agua.

- a. Exploración y revisión de información documental, organización y análisis de la información disponible, referida al uso y calidad de las aguas de la CARG

La información documental disponible en términos de calidad del agua de la CARG es escasa, antigua, está dispersa y la relativa al componente agua se concentra en la evaluación limnológica, asociada a algunas características físico-químicas en el embalse Camatagua (González, 2017). Se conoce que Hidroven y las empresas hidrológicas Hidrocapital, Hidrocentro e Hidropáez tienen información no publicada de la calidad del agua proveniente de la cuenca que abastece las plantas potabilizadoras: Planta Caujarito (embalse Camatagua-Hidrocapital), Planta Camatagua y Planta Zuata (embalse Camatagua-Hidrocentro), Planta San Juan de los Morros (embalse Camatagua, dique-toma Las Guamitas en el río Guárico, embalse Tierra Blanca y el dique-toma Cerro Pelón en el río San Juan-Hidropáez) (Hidroven, 2008). Por otra parte, la cuenca ha sido objeto de estudio por parte de algunas universidades nacionales como la Universidad Central de Venezuela, Universidad de Carabobo, Universidad Rómulo



Gallegos y otros centros de investigación con sede local, lo que los convierte en sitios obligados para la búsqueda.

Vale destacar que la información documental incluye, además de resultados de análisis de la calidad del agua, los provenientes del uso de otros recursos y herramientas no convencionales, tales como imágenes satelitales.

Los criterios para la selección de la información pertinente sobre parámetros físico-químicos, microbiológicos, biológicos e hidrológicos (caudales, etc), que caracterizan la calidad del agua, deberán incluir, entre otros, su antigüedad, carácter sistemático, uniformidad, metodologías analíticas, tipo de análisis realizados y calidad analítica de los resultados.

Para la organización y manejo de datos se sugiere la utilización de tablas y mapas o figuras, con la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo existentes o sitios donde se hayan realizado monitoreo, que resuman los datos en períodos de lluvia y sequía, para cada una de las sub-cuencas, así como gráficos que permitan visualizar tendencias, temporales y espaciales, así como cualquier otra que se considere relevante.

Una herramienta para el seguimiento y control de la calidad del agua son los índices de calidad y/o contaminación. Consiste en la integración de datos, a los fines de facilitar su interpretación y mostrar cambios espaciales y temporales. Los índices tienen como característica presentar los datos técnicos en forma “amigable” y realizar comparaciones entre sitios, cuerpos de agua o a lo largo del tiempo, evitando los juicios de valor y constituyendo un importante soporte al proceso de toma de decisiones sobre la definición de la calidad y los usos potenciales del agua.

Para su cuantificación se requiere disponer de datos o grupos de datos obtenidos en forma sistemática, es decir con base en un programa de periodicidad y cobertura definida, uniforme, obtenidos y reportados con metodologías similares, continua, de forma que cubran los períodos de observación establecidos evitando los vacíos.

Se calcularán los índices de calidad, utilizando los de mayor uso para la calificación de la calidad de las aguas superficiales (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, 2004; Torres et al, 2009), tales como:

- Índice de calidad de agua desarrollado en 1970 por la National Sanitation Foundation (ICA-NSF).
- Índices de contaminación (ICO's), ICOmo por materia orgánica, ICOsus por sólidos suspendidos e ICOMin por mineralización, desarrollados por Ramírez y Viña en 1998, reportados por CVC (2004), y aplicados en ríos colombianos.
- Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA), desarrollado por Queralt (1982) para las cuencas de Cataluña en España, que toma en cuenta la clasificación de la calidad del agua para usos específicos.

- Índice de calidad de agua adaptado por la Compañía Ambiental del Estado de Sao Paulo (CETESB), aplicado entre otros, en el río Cauca (ICAUCA), Colombia.
- Cualquier otro índice que permita un adecuado seguimiento de la calidad en los cuerpos de agua superficiales, alimentados con los datos seleccionados que requieran cada uno de ellos. Los resultados se presentarán en tablas, gráficos y mapas o figuras para su análisis.

Es muy importante la correlación de los datos con las actividades antrópicas y condiciones ambientales predominantes en las áreas de influencia de las estaciones de monitoreo, lo que puede facilitarse con la presentación de la información en mapas.

Desde el punto de vista de la capacidad de transporte y almacenamiento de agua es importante conocer la existencia de estudios de batimetría en los embalses y su correlación con los estudios de arrastre de sedimentos.

b. Identificación de peligros y eventos peligrosos (fuentes de contaminación puntual y difusa)

Mediante la interacción con los otros componentes que identifican las actividades antrópicas y condiciones ambientales en la cuenca alta: caracterización socio-económica, caracterización físico-natural (hidrología, manejo de suelos, entre otros), se identificarán preliminarmente las fuentes de contaminación puntual y/o difusa, las cuales para efecto de la protección de la calidad del agua se califican como peligros físicos, químicos y biológicos, así como los eventos peligrosos que pueden ocasionarlos. Para ello se sugieren inspecciones detalladas en campo, análisis de imágenes de satélite, así como documentación de eventos ocurridos anteriormente.

Se requiere el uso de tablas o matrices donde se indique el peligro o evento peligroso, su calificación como física, química o biológica, el carácter puntual o difuso, así como el cuerpo de agua potencialmente afectable, para el análisis posterior. También es deseable su representación en mapas o gráficos para facilitar su visualización y análisis.

Para el análisis de riesgos y su jerarquización, se utilizarán metodologías semicuantitativas con base en la estimación de su gravedad o importancia y la frecuencia, como las utilizadas en los Planes de Seguridad del Agua – PSA de la OMS (Bartram et al., 2009) o similares. Esto como base para el establecimiento de estrategias de control y medidas de mitigación en la etapa de la Formulación del Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.

c. Estatus del abastecimiento de agua y saneamiento

Con el soporte de la información generada en la caracterización socioeconómica y la que pueda recopilarse específicamente en esta caracterización, se identificarán y caracterizarán los principales centros poblados ubicados en la cuenca, a los fines de

conocer el número de habitantes, ubicación relativa entre ellos, principales actividades productivas. Se explorarán las formas de abastecimiento de agua para consumo humano de los asentamientos identificados en cada una de las sub cuencas, mediante acueducto u otro, tipo de tratamiento que recibe, calidad del servicio entendida como cobertura, cantidad, calidad, continuidad y costos. En caso de no tener suministro por acueducto, se debe identificar la fuente de abastecimiento -superficial o subterránea-, tipo de tratamiento individual o sin tratamiento.

Se explorarán las formas de disposición de excretas, descargas de aguas residuales y desechos sólidos, en el medio urbano y rural. En caso de que existan registros epidemiológicos, asociar las enfermedades con las medidas de saneamiento básico existentes. En caso contrario, la asociación se hará de acuerdo a la información que se obtenga en el componente socioeconómico, vía encuestas formales o no formales en ambulatorios, personas, etc. Se sugiere su organización en tablas y gráficos para facilitar su manejo.

#### d. Proyectos y/o programas existentes

Para cada uno de los aspectos considerados en el componente Calidad del Agua es importante el conocimiento de proyectos y/o programas existentes que se hayan realizado o propuesto para mejorar o mantener la calidad del agua, así como las instituciones responsables de su ejecución.

#### **4.6.3.4. Identificación de vacíos de información**

Una vez organizada y analizada la información disponible, con base en el conocimiento de las condiciones ambientales y actividades antrópicas, incluidas las domésticas, agrícolas, pecuarias, industriales y cualquier otra que se considere significativa, que pudiera impactar la calidad de los cuerpos de agua, superficiales o subterráneos, así como el estatus de los servicios para abastecimiento humano y saneamiento, se identificarán los vacíos de información, con miras a considerarlos para la propuesta de generación de información futura.

En caso de que la información recabada no se considere suficiente para planificar los programas correspondientes, se generará durante esta etapa de caracterización, la indispensable para ello. Para la generación de información referente a la calidad de los cuerpos de agua, se seguirá la metodología que se propone en el acápite 4.6.3.5.

Para la estimación de los peligros y eventos peligrosos, así como el estatus del abastecimiento de agua y saneamiento básico, se utilizarán las metodologías que establezcan los responsables de los otros componentes involucrados.

#### **4.6.3.5. Actualización de la información referente a la calidad de los cuerpos de agua**

Si bien la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas es importante para efectos de la gestión integral de la CARG, se considera prioritario abordar en primer lugar, los cuerpos de agua superficiales (ríos y embalses), conocida su magnitud y vulnerabilidad a las diferentes amenazas naturales y antrópicas, por lo cual, la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua subterráneas será objeto de uno de los programas a formular en la etapa de formulación del Plan de Gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico.

- a. Levantamiento de línea base de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en cuerpos de agua superficiales.

Para cumplir el objetivo de levantar la línea base de calidad del agua en la CARG es indispensable desarrollar un programa de monitoreo rigurosamente diseñado y ejecutado para tal fin.

A manera de guía que oriente en el diseño del mencionado programa se ofrece el esquema mostrado en la Figura 4.32, que resume los aspectos conceptuales y operativos a considerar que se describe brevemente a continuación.

- Ubicación de la zona de interés

Cualquier programa de caracterización tiene como premisa claridad en el objetivo que se persigue, con miras a obtener información concreta y relevante, en la zona apropiada para su logro. Es fundamental el reconocimiento de la zona y recopilar información existente, dependiendo del tipo de cuerpo de agua involucrado: mapas, fotografías aéreas, estudios anteriores e inspección directa.

En el caso de ríos, quebradas y en general cuerpos de agua lóticos, se requiere conocer la trayectoria del cauce, sección transversal, cambios de sección, pendientes, confluencia de tributarios, bifurcación del cauce, ubicación de descargas y posibilidades de acceso seguro.

Para lagos y embalses, se requieren las dimensiones y forma del espejo de agua, profundidad, batimetría, ubicación de tomas de agua, ubicación de descargas, topografía de la cuenca y geomorfología.

- Localización de los sitios de captación (estaciones de monitoreo)

Entre los criterios para garantizar la idoneidad de los sitios de captación están: (i) cercanía de los puntos de generación de las descargas cuyo impacto se desee evaluar (o determinación de la respuesta a la implantación de medidas de prevención o control, que permita detectar los cambios en la calidad del agua); antes y después de la confluencia de tributarios; (ii) cambios de pendiente o de sección; grado de

homogeneidad de la corriente; (iii) posibilidades de medición o estimación de caudal, por lo que es deseable su ubicación cercana a alguna estación hidrometeorológica; (iv) factibilidad de acceso y condiciones de seguridad en la zona.

**Figura 4.32. Aspectos Conceptuales y Operativos a Considerar en un Programa de Monitoreo**



Fuente: Elaboración propia

El número de estaciones que se establezcan debe permitir el conocimiento integral. En el caso de los ríos, las estaciones se ubican longitudinalmente a lo largo de su trayectoria, considerando la sección transversal, mientras que en lagos o embalses se distribuyen superficialmente, considerando la profundidad de los sitios de muestreo.

- Selección de parámetros a analizar y metodología analítica.

Para efectos de la selección de los parámetros es necesario distinguir entre las aguas superficiales (ríos) y embalses, dada la naturaleza de dichos cuerpos de agua.

En los ríos, los parámetros de interés se agrupan en:

- Parámetros físicos: temperatura, color, turbiedad, conductividad específica, sólidos totales, sólidos suspendidos totales.
- Parámetros fisicoquímicos: pH, potencial redox, alcalinidad, oxígeno disuelto, cationes y aniones mayoritarios (calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitritos, nitratos, ortofosfatos), nitrógeno orgánico y amoniacal, fósforo orgánico e inorgánico, plaguicidas (dependiendo de los que se utilicen en la zona), sustancias tóxicas (dependiendo de las actividades que se realicen en la zona), contenido de materia orgánica (dependiendo de las concentraciones esperadas: demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno o carbono orgánico total).
- Parámetros microbiológicos: fundamentalmente aquellos indicadores de calidad sanitaria: organismos coliformes totales y fecales (termo resistentes) y otros organismos patógenos, causantes de enfermedades de origen hídrico.

Para los embalses, los parámetros de interés, además de los mencionados para los ríos, incluyen aquellos necesarios para la identificación de los períodos de estratificación, así como evaluación de la productividad y estado trófico. Entre ellos destacan:

- Parámetros físicos: transparencia
- Parámetros fisicoquímicos: materia orgánica particulada y disuelta, nutrientes principales: nitrógeno y fósforo.
- Parámetros biológicos: clorofila, como indicador de biomasa, fitoplancton, zooplancton y macrófitas acuáticas.

Vale destacar que, en el caso de los embalses interesa tanto la distribución de las características referidas al plano horizontal, como en la profundidad, para analizar el efecto de las condiciones de estratificación en la calidad de sus aguas.

La metodología analítica debe seleccionarse con base en la apreciación del método y del equipamiento disponible (APHA-AWWA-WEF, 2017).

Si bien para efectos de una línea base, sería interesante analizar todos los parámetros mencionados, dependiendo de los recursos disponibles, se debe racionalizar y jerarquizar los prioritarios, a partir de los cuales se obtenga información más relevante, o aquellos integradores de otros.

Cualquiera sea el caso del tipo de cuerpo de agua que se esté considerando, el análisis e interpretación de los resultados en la determinación de los parámetros físicos, químicos y biológicos seleccionados según el tipo de corriente, debe cumplir con los criterios establecidos en las Normas vigentes para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (República de Venezuela, 1995), sin que ello excluya la aplicación de otros criterios nacionales o internacionales que, dependiendo de las características de la situación bajo estudio, sean necesario incorporar.

- Captación de muestras y análisis en el sitio.

Dependiendo de los recursos y equipos disponibles, la captación de muestras puede hacerse en la modalidad automática o manual, cada una con sus ventajas y limitaciones. Se captarán muestras instantáneas en corrientes que no fluyan continuamente, o donde sus características se mantengan relativamente constantes, para determinación de condiciones extremas, cuando el análisis de los parámetros no admita preservación o para detectar descargas imprevistas.

Las muestras compuestas, preparadas a partir de la captación de muestras instantáneas, pueden ser temporales o espaciales. Para el caso del levantamiento de línea base, en el caso de los ríos y quebradas, se sugiere la captación de muestras compuestas espacialmente, es decir, a partir de muestras instantáneas captadas a lo ancho y profundo de la sección transversal del cuerpo de agua. En embalses, la composición puede hacerse a partir de muestras instantáneas captadas a lo largo de la profundidad en el sitio de captación, aunque para efectos del conocimiento de la estratificación del cuerpo de agua, deberían analizarse las muestras instantáneas individualmente.

En todo caso, las muestras deben ser preservadas para su traslado al laboratorio de acuerdo a lo estipulado en las metodologías estándar. Aquellas para las cuales no está prevista metodología de preservación alguna deben analizarse en el sitio.

- Análisis en el laboratorio.

Se medirán las características físicas, químicas y microbiológicas seleccionadas, con las metodologías adecuadas, garantizando la aplicación de buenas prácticas de laboratorio y calidad analíticas de los resultados.

- Manejo e interpretación de resultados.

Los datos de calidad, una vez chequeada su calidad analítica, deben ser reportados en hojas de cálculo que faciliten su procesamiento estadístico, correlaciones multifactoriales, entre otras, así como la representación de la información mediante tablas o gráficos. La interpretación incluye la comparación de resultados entre estaciones, análisis de tendencias, relaciones causa-efecto, etc.

#### **4.6.4. Productos Esperados**

A continuación, se resumen los productos esperados de la etapa de caracterización en el componente Calidad del Agua:

- a. Informe con la caracterización de los principales cuerpos de agua superficiales de la cuenca: río Guárico (desde su nacimiento cerca de la población de Belén hasta el embalse Camatagua), río Tucutunemo, río Pao, río Caramacate, Qda. Las Hermanas, río Zuata, río San Juan, embalse Camatagua, embalse Tierra Blanca.

Debe incluir el análisis de los parámetros físicos, físico-químicos y microbiológicos, que caracterizan la calidad del agua, su variación temporal y espacial, con base en la información existente. A lo largo del río Guárico existen sitios clave para la caracterización: sitio de derivación para el embalse Tierra Blanca, sitios aguas abajo de San Juan de los Morros, de San Sebastián de los Reyes, entrada en el embalse Camatagua, las cuencas bajas de las principales subcuencas (Tucutunemo, Caramacate, etc), antes de sus descargas en el río Guárico.

- b. Informe con la caracterización de las aguas subterráneas de la cuenca: debe incluir un mapa con la ubicación de los pozos del acuífero somero y del acuífero confinado, tablas con la información existente en el inventario: producción, nivel estático y dinámico, parámetros físico-químicos tales como temperatura, pH, conductividad específica, cationes y aniones mayoritarios, entre otros.
- c. Línea base de calidad de agua actualizada al inicio del Plan: informe contentivo de la información procesada a partir de los parámetros analizados de calidad del agua, así como los índices de calidad para ser utilizados en las actividades de vigilancia y control.

El documento debe detallar la metodología del programa de monitoreo: (i) ubicación de las estaciones de monitoreo, (ii) número y tipo de muestras a captar, (iii) frecuencia del monitoreo, (iv) análisis físico-químicos y microbiológicos a realizar, (v) procesamiento de datos para el diagnóstico de la situación actual y establecimiento de tendencias. Todo ello con miras a actualizar y/o cubrir los vacíos de información.

- d. Análisis y jerarquización de riesgos: informe contentivo de la identificación cualitativa o cuantitativa de peligros y eventos peligrosos, y el análisis y jerarquización de riesgos naturales y antrópicos. Estos deben presentarse en cuadros y matrices que faciliten el establecimiento de estrategias de control y medidas de mitigación en la etapa de formulación del Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.
- e. Descripción de la situación actual de los servicios básicos: esta es la base para la definición de lineamientos y jerarquización del abastecimiento de agua segura y saneamiento en la CARG a desarrollarse en la etapa de formulación del Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico. Este informe incluye el detalle de las formas de abastecimiento de agua, recolección de aguas residuales domésticas y/o disposición de excretas, así como el manejo y disposición de desechos sólidos.
- f. Base de datos de información documental: con base en el trabajo realizado de recopilación de información, se incluirá en la base de datos de la caracterización (hoja de cálculo tipo ficha) con los documentos que incluyan principales hallazgos relativos o incidentes en la calidad del agua utilizados en la etapa de caracterización y útiles para la elaboración del plan, programas y proyectos de investigación. La ficha deberá contener: título del documento, fecha, autor, objetivos y resumen de la información contenida.
- g. Síntesis sobre el uso y calidad de las aguas: documento descriptivo de la CARG, características de la población, usos y calidad del agua, cobertura y desempeño de los servicios de abastecimiento de agua, disposición de excretas y/o recolección de



aguas residuales, recolección y disposición de desechos y residuos sólidos, electricidad, vialidad, tipo de producción agrícola y pecuaria, tipos de producción industrial (rubros, tamaño, etc.), existencia de ABRAE, zonas recreacionales y cualquier otra que parezca significativa, organizada por sub-cuencas, incluyendo los proyectos y/o programas ejecutados o propuestos para mejorar o mantener la calidad del agua.

- h. Mapa digital a escala 1:100.000 de las fuentes fijas de contaminación de las aguas.

## **4.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES FÍSICO-NATURALES**

En esta sección se describen los aspectos conceptuales y metodológicos para la caracterización de la geología, geomorfología, morfodinámica y suelos de la CARG. La descripción de estos componentes se hará principalmente a partir de la revisión de información existente reportada en estudios previos realizados en la cuenca y a partir de otras fuentes de información de carácter general. No obstante, en el caso de requerirse información adicional, que solo puede ser obtenida mediante levantamiento en campo, se señalará donde corresponda. Se sugiere revisar la información integrada obtenida por la UCV Facultad de Agronomía (Casanova y Vilorio, 2004), la cual debe ser actualizada para los fines de este Proyecto.

### **a. Objetivo general**

Recopilar y analizar la información secundaria existente a los fines de caracterizar y evaluar los atributos peculiares de los geo-componentes de la CARG (geología, geomorfología, morfodinámica y suelos).

### **b. Objetivos específicos**

- Caracterizar y evaluar los factores geológicos, geotectónicos, sísmicos y morfogenéticos de la CARG.
- Caracterizar la geomorfología de la GARG y los procesos morfodinámicos actuales relevantes y su efecto en la estabilidad de las superficies geomórficas de la cuenca y en la cobertura de suelos.
- Conocer las principales potencialidades y limitaciones de los suelos.
- Generar información básica para la formulación del Plan de Ordenación de la CARG y los Programas de Gestión.
- Generar información necesaria para la aplicación del Modelo SWAT y para la Evaluación Integral de la CARG.
- Identificar vacíos de información en los temas correspondientes a esta Sección que puedan limitar la gestión de la CARG.

### **4.7.1. Geología**

En esta sección se presentan las pautas para la caracterización del contexto geológico, geotectónico y sísmico de la Cuenca Alta del Río Guárico.

Existen diversas fuentes de información sobre la geología de la CARG reportadas en varios estudios, entre ellos los publicados por los siguientes autores: Casanova y Vilorio, 2004; Shagam, 1960; Menéndez, 1966; Piburn, 1968; González et al, 1980; Navarro, 1983; Urbani y Rodríguez, 2003. Se sugiere consultar las citas señaladas.

La información recopilada se analizará y generalizará de manera que toda la CARG quede cubierta por información geológica necesaria para elaborar el informe y los mapas o gráficos que muestren los aspectos geológicos y geotectónicos del área en estudio.

a. Descripción de las formaciones geológicas y unidades litológicas.

Se describirán las formaciones litológicas existentes en las 9 subcuencas que conforman la Cuenca Alta del Río Guárico. Se describirán las características relevantes de las Formaciones Geológicas, tales como nombre, edad, litología dominante, propiedades geotécnicas, geología estructural, uso actual y potencialidades de uso (yacimientos minerales existentes) y extensión (ha).

d. Geotectónica

Se describirán los principales atributos geotectónicos, como elementos para explicar los procesos evolutivos que ha tenido la CARG. En tal sentido, se describirán las estructuras regionales, en particular, pliegues, fracturas, fallas (activas y no activas), lineamientos y estructuras locales.

e. Sismicidad

Los estudios de geología sísmica se revisarán para identificar la presencia de fallas activas, potencialmente activas o de actividad baja a nula en la toda la cuenca y áreas cercanas. Para realizar el análisis global de la amenaza sísmica y riesgos a nivel de la cuenca, se hará una evaluación de las condiciones tectónicas de la zona y un análisis de los catálogos sísmicos disponibles, especialmente de los registros de FUNVISIS, del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) y de otras redes internacionales que puedan disponer de información de Venezuela.

Dentro del desarrollo de este tema se ejecutarán las siguientes actividades:

a. Recopilación de información

La recopilación de la información sismológica disponible para la zona, se hará con énfasis en los modelos tectónicos, en los catálogos sísmicos y en los estudios de amenaza sísmica elaborados previamente para el país, con énfasis en la región central. Se hará una recopilación y revisión de la información existente, entre la cual se puede destacar la siguiente:

- Boletín Sismológico de Venezuela publicado por el FUNVISIS.
- Mapa Neotectónico de Venezuela. Escala 1:2.000.000, publicado por el Departamento de Ciencias de la Tierra del FUNVISIS.
- Catálogo de Hipocentros del CERESIS.
- Mapa Probabilístico de Peligro Sísmico de Sudamérica, publicado por el CERESIS en 1996 o de fecha más reciente.

- Diseño Sismorresistente, Especificaciones y Criterios Empleados en Venezuela, publicado por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela.
- b. Correlación entre hojas contiguas para corregir desviaciones y desplazamientos, así como incongruencias en la denominación de unidades, utilizando como base analítica el juicio de expertos y la información disponible.
- c. Revisión y análisis de sismicidad histórica y regional disponible, incluyendo los catálogos sísmicos históricos.
- d. Caracterización de sismofuentes.
- e. Productos esperados
  - a. Se generará un informe contentivo de la descripción de todos los aspectos geológicos considerados en esta propuesta.
  - b. Debido a que no se realizará trabajo de campo, no se producirá un mapa original de geología de la cuenca. La definición y delimitación de los componentes de las unidades cartográficas, se hará a partir de los estudios originales existentes, en particular, el estudio realizado por la UCV Agronomía (2004), entre otros. Se incluirá en el informe el mapa digital de la geología, elaborado por la UCV Agronomía (2002).

Esta información puede ser presentada en cuadros o matrices a manera de sintetizar la información para cada subcuenca y para la cuenca como un todo.

#### **4.7.2. Geomorfología y Morfodinámica**

En la Cuenca Alta del Río Guárico existe una gran diversidad de relieves, climas, vegetación, geología y suelos. Esto hace necesario dividir la cuenca en unidades internamente más homogéneas, con características morfogenéticas, morfodinámicas y atributivas definidas, que puedan ser distinguidas de otras con características y comportamiento diferentes.

Para la caracterización de los aspectos geomorfológicos, indicadores de las condiciones de relieve, la génesis de las geoformas y para la evaluación de la actividad morfodinámica existente y el balance morfodinámico en la cuenca se contemplan las siguientes actividades.

a. Recopilación de la información existente

Es pertinente aclarar que la caracterización geomorfológica se basará mayormente en la información generada por la UCV Agronomía (2004), la cual se actualizará con la revisión de otras fuentes de información.

Se recopilará y analizará toda la información disponible de trabajos previos acerca del tema para la Cuenca Alta del Río Guárico. En la caracterización geomorfológica se considerará la información geológica existente a los fines de establecer las relaciones entre la litología, estructura geológica, geotectónica y las expresiones del relieve o geoformas (Morfogénesis).

Para este propósito se utilizará el mapa geomorfológico de la cuenca a escala 1:250.000 producido por Ospina y Elizalde (2004a). Este mapa divide la cuenca en dos provincias fisiográficas, siete subprovincias fisiográficas, 35 unidades litogeomorfológica y 88 tipos de subpaisajes. Se dispone también de un mapa geomorfológico de la subcuenca del río Caramacate a escala 1:100.000 producido por los mismos autores (Ospina y Elizalde, 2004c). Adicionalmente, se podrán utilizar mapas topográficos y de hipsometría, MDE e imágenes de radar a escala 1:100.000, especialmente para resolver conflictos de empalmes, límites de las unidades geomorfológicas y correlación entre hojas, para corrección de algunas delineaciones y para definir más claramente los rangos de pendiente descritos en las unidades cartográficas generadas por el estudio de la UCV Agronomía (Casanova y Viloría, 2004).

b. Descripción de las Unidades Taxonómicas y Cartográficas

Las unidades geomorfológicas revisadas y actualizadas del mapa geomorfológico generado por la UCV Agronomía (Casanova y Viloría, 2004), serán descritas nuevamente atendiendo algunos o todos los criterios utilizados por los estudios originales e incorporando los nuevos elementos y componentes que surjan como resultado del proceso de actualización. Las unidades cartográficas serán asociaciones de tipos de relieve o fases de estos o de geoformas.

La caracterización se realizará atendiendo a la subdivisión del área en las 9 subcuencas a escala 1:100.000 y una síntesis al nivel de la cuenca del río Guárico a escala 1:100.000.

Los atributos que se consideran para la descripción de las unidades geomorfológicas incluyen los que se indican a continuación:

- Denominación y localización
- Superficie ( ha o km<sup>2</sup>)
- Rango de altitud y altura relativa
- Geología (Litología y estructura)

- Tipos de relieve predominantes
- Desniveles
- Disección
- Perfiles topográficos (Plano, convexo, plano-convexo, etc)
- Pendiente general
- Configuración de las geoformas
- Red de drenaje (Tipo y densidad)
- Origen del fondo, este último en el caso del paisaje de valle.
- Suelos dominantes (Grandes Grupos o Subgrupos, sus fases y sus principales características morfológicas, físicas y químicas)
- Cobertura vegetal
- Actividad morfodinámica (Erosión, tipo, intensidad y extensión; movimientos gravitacionales)
- Balance morfodinámico

Esta información puede ser presentada en cuadros o matrices a manera de sintetizar la información para cada subcuenca y para la cuenca como un todo.

c. Elaboración de los mapas definitivos y sus leyendas

Debido a que no habrá trabajo de campo, se asume que la definición y delimitación de los componentes de las unidades taxonómicas y cartográficas, realizada en los estudios originales de la UCV Agronomía (Casanova y Vilorio, 2004) es adecuada, por tanto, se tomarán las unidades cartográficas, con sus componentes taxonómicos, y solo se realizarán reajustes en los mapas y sus leyendas.

Esta etapa incluye la correlación entre hojas contiguas para corregir desviaciones y desplazamientos, así como incongruencias en la denominación de unidades, redefinición de los rangos de pendiente, utilizando juicio de experto. Los rangos de pendiente para delimitar las unidades serán los de uso común en los levantamientos de suelos en Venezuela.

d. Productos esperados

- a. La caracterización geomorfológica será reportada en un informe y expresada cartográficamente en mapas para cada subcuenca a escala 1:100.000 y un mapa síntesis a escala 1:100.000.
- b. Los mapas geomorfológicos, con su leyenda, se publicarán en formato digital, mediante la digitalización de las hojas correspondientes a la cuenca, para facilitar el cálculo de superficies. La leyenda de los mapas iniciales se completará en función de la actualización de los mapas geomorfológicos e incluirá los nuevos datos o atributos adicionales que pueden surgir del proceso de revisión y

actualización del mapa geomorfológico generado por la UCV Agronomía (Casanova y Vilorio, 2004).

#### **4.7.3. Suelos**

La Cuenca Alta del Río Guárico forma parte del 5% del territorio de Venezuela que no fue cubierto por el Inventario Nacional de Tierras, realizado entre 1970 y 1990. Por esta razón, no se dispone de mapas de suelos de esta cuenca, excepto en el valle del río Tucutunemo, donde existe un estudio semidetallado de suelos a escala 1:25.000. Investigaciones realizadas en la UCV y la UNERG han generado datos de un centenar de perfiles de suelo en el área montañosa de la CARG. Sin embargo, la mayoría de estos perfiles se encuentra ubicados en un sector de la subcuenca del río Caramacate, utilizado como área piloto en esas investigaciones. Además, gran parte de los perfiles carece de datos de algunas propiedades edáficas que son necesarias para estimar la producción de agua y sedimentos en la cuenca, para los fines del Proyecto. En particular, el modelo SWAT (Sección 4.5) utiliza como datos de entrada mapas raster con valores de propiedades físicas del suelo (retención de humedad a -33 y -1500 kPa, conductividad hidráulica, densidad aparente, % arena, limo y arcilla, por horizonte).

Esta información se puede generar por métodos de cartografía digital, a partir de los valores medidos en los sitios de muestreo; pero se dispone de solo 19 perfiles con la caracterización completa necesaria para este propósito. Consecuentemente, es necesario generar información adicional de suelos para modelar la producción de agua y sedimentos en la cuenca y para otras interpretaciones asociadas a la Evaluación Ambiental de la CARG.

En tal sentido, es necesario emprender las siguientes acciones:

- a. Aumentar a 50 el número de perfiles con datos de propiedades relevantes del suelo, como se explica en la Sección 4.7.3.1.
- b. Producir un modelo raster de predicción espacial de cada propiedad relevante del suelo, como se explica en la Sección 4.7.3.2.

- a. Aumento del número de perfiles de suelo

Se caracterizarán 31 perfiles adicionales de suelo, para aumentar hasta un mínimo de 50, el número de puntos de muestreo con los datos necesarios para modelar la producción de agua y sedimentos con la aplicación del Modelo SWAT y el crecimiento de la vegetación en la cuenca.

Los puntos de muestreo deben representar la variabilidad espacial de suelos en la cuenca. Con este propósito, se realizará una clasificación previa de la cuenca en entornos de formación de suelos, basada en una combinación de elementos de clima, litología, relieve y cobertura vegetal. Esta clasificación se puede realizar por

procedimientos numéricos o por superposición de mapas que representen la variación espacial de:

- Clima, como mapas de precipitación y temperatura promedio anual (Zonas de Vida).
- Litología y relieve, como mapas de unidades litogeomorfológicas (Ospina y Elizalde, 2004) o mapas de formaciones geológicas y gradiente de pendiente
- Vegetación, como mapas de cobertura vegetal o de índices de vegetación como el NDVI o el SAVI.

La ubicación de los sitios de muestreo se basará en las clases de entorno de formación de suelos, de acuerdo a los siguientes criterios:

- La cantidad de puntos de muestreo será proporcional a la superficie que ocupa cada clase de entorno de formación de suelos.
- Cada subcuenca tendrá al menos cinco puntos de muestreo (se excluye la subcuenca del río Caramacate).
- Los sitios seleccionados serán accesibles por caminos rurales.

En gabinete se seleccionarán unos 60 sitios potenciales de muestreo, a fin de tener un número suficiente de sitios de reemplazo para los sitios que resulten inaccesibles en el campo.

En cada sitio de muestreo se realizará una descripción del perfil del suelo a partir de la apertura de hoyos de 50x50x50 cm y se tomarán muestras disturbadas por horizonte para análisis de laboratorio. En adición a esto, en cada horizonte del suelo entre 0 y 50 cm de profundidad, se determinará:

- La conductividad hidráulica del suelo por el método del barreno invertido (inverse augerhole), descrito por van Hoorn (Sin fecha).
- La densidad aparente del suelo, por el método del hoyo relleno con arena o espuma de poliuretano (granos de anime), descrito por Page-Dumroese *et al.* (1999).

En cada muestra analizada en laboratorio se determinará la distribución de tamaño de partículas (por el método estándar, descrito como 3A1a1 en Soil Survey Staff, 2014), el porcentaje de carbono orgánico (por el método Walkley-Black, descrito como 6A1 en Soil Survey Staff, 2014), y el pH en agua 1:1.

b. Producción de modelos raster de propiedades relevantes del suelo

El valor de cada propiedad relevante del suelo, en cada celda de un modelo raster, se puede predecir por medio de métodos de cartografía digital de suelos (Minasny and McBratney, 2016), a partir de los valores medidos en los puntos de muestreo y los valores de variables ambientales auxiliares. Estas últimas representan a los factores formadores de suelo de la ecuación  $s = f(\text{corpt})$ , propuesta por Jenny (1941). Por ejemplo, el factor clima (c) puede ser modelado directamente por medio de mapas raster de precipitación y temperatura e indirectamente a través de la altitud. El factor



organismos o biota (o) se puede modelar con mapas de cobertura vegetal o con índices de vegetación derivados de imágenes satelitales. Para representar la influencia del relieve (r) se pueden utilizar parámetros geomorfométricos derivados de modelos digitales de elevación (MDE). Los cambios de material parental se modelan a partir de información litológica, como las formaciones geológicas o las unidades litogeomorfológicas de la clasificación del paisaje propuesta por Ospina y Elizalde (2004). Finalmente, el tiempo (t) se considerará de manera indirecta por su relación con el relieve (superficies más estables o menos estables) o la vegetación (los bosques remanentes han logrado preservar suelos más desarrollados).

En proyectos de cartografía digital de suelos con un número suficientemente grande de puntos de muestreo (por ejemplo, más de 70), se recomienda calibrar los modelos de predicción espacial de las propiedades del suelo con 70 a 75% de los puntos de muestreo, y validar los modelos con los datos restantes. En el caso de este proyecto, donde se dispondrá de solo unos 50 puntos de muestreo, se utilizarán todos los puntos para calibrar los modelos y estos últimos se evaluarán por medio de métodos de validación cruzada.

#### c. Caracterización general de los suelos

En virtud de la no disponibilidad de un mapa de suelos para la cuenca, se hará una caracterización general de los suelos a nivel de subcuencas y una síntesis a nivel de la CARG como un todo.

Esta caracterización se hará partir de la información existente generada por la UCV Agronomía (Casanova y Vilorio, 2004), por estudios realizados por la UNERG u otras fuentes, y a partir de los perfiles de suelo que se sugiere levantar para propósitos de la aplicación del Modelo SWAT y para completar vacíos de información edáfica.

La descripción incluirá información disponible de los atributos morfológicos, físicos y químicos disponibles y una estimación del uso potencial de acuerdo a los estudios previos y al contexto (litología, clima, pendiente, etc) donde serán tomados y descritos los nuevos perfiles de suelos sugeridos y los perfiles existentes. Esta información puede ser sintetizada en tablas o matrices generadas para cada subcuenca, como parte del informe técnico.

#### d. Productos esperados

Sobre la base de estos argumentos, la caracterización del componente suelo generará los siguientes productos:

- a. Cincuenta perfiles de suelo, debidamente georeferenciados (localización geográfica y altitud), con caracterización de propiedades morfológicas, físicas y químicas

adecuadas para modelar el comportamiento hidrológico de la cuenca, la producción de sedimentos y el comportamiento de la vegetación.

- b. Organización de los datos disponibles de perfiles de suelo, (incluyendo los perfiles de suelo caracterizados en estudios previos en la Cuenca Alta del Río Guárico), en la Base de Datos del Proyecto para un sistema de información que facilite su consulta a expertos y a los usuarios.
- c. La información de suelos se generalizará en un informe descriptivo para cada subcuenca que relacione los atributos de los suelos (morfológicos, físicos y químicos) con otros elementos del paisaje como geología, geomorfología, relieve, clima, zona de vida, vegetación y uso actual de la tierra. Descripción estadística (promedio, desviación estándar, mediana, cuartiles, máximo y mínimo) de propiedades relevantes en cada subcuenca.
- d. Mapas raster a escala 1:100.000 de la distribución espacial de propiedades relevantes del suelo en la Cuenca Alta del Río Guárico.

## **4.8. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES BIÓTICOS Y USO DE LA TIERRA**

### **4.8.1. Cobertura y Uso de la Tierra**

La cobertura vegetal y el uso actual de la tierra, son aspectos clave en el marco de los planes de gestión integral de las cuencas hidrográficas, ya que constituye la información integradora de las condiciones físico-naturales, ecológicas y socio-económicas del espacio territorial, que para este caso particular, es el área en la que se extiende la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG).

En el caso de la gestión integral de la CARG, la caracterización de los aspectos físicos naturales, sociales y económicos, debe tomar en cuenta la particular condición de ser una cuenca con vocación de producción de agua, que abastece al embalse Camatagua. Es así como el levantamiento de la cobertura y uso de la tierra, constituye un insumo determinante para el proceso de ordenación territorial y el plan de gestión, que apuntan al complejo objetivo de la sustentabilidad de la cuenca, en el plano ambiental, económico-productivo y social. Así mismo, la caracterización de la cobertura y uso de la tierra, de la mano con el análisis de los sistemas de producción agrícola y el modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos, resultan fundamentales en la aplicación del modelo SWAT, para evaluar posibles cambios en los patrones de uso de la tierra, en la CARG.

Los mapas temáticos de cobertura vegetal y uso de la tierra, producidos a partir de un sistema de clasificación apropiado, han sido y serán una importante herramienta para satisfacer objetivos relacionados con planificación, ordenamiento territorial, gestión sostenible de recursos naturales, monitoreo del uso de la tierra, evaluación y conservación de la biodiversidad, además de generar indicadores de gran significación internacional ambiental como lo es la tasa de deforestación. (Pérez-Hoyos y García, 2009).

#### **4.8.1.1. Objetivos**

Para la CARG, en el tema cobertura y uso de la tierra, se establecieron los siguientes objetivos.

##### **a. Objetivo General**

El objetivo del trabajo es evaluar la dinámica y el estado actual de la cobertura y uso actual de la tierra, su patrón de distribución y evolución e identificar los factores y consecuencias derivadas de su intervención, mediante el uso de indicadores generados bajo el enfoque analítico de ecología del paisaje.

b. Objetivos Específicos

- Establecer las bases y procedimientos metodológicos para la generación del mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra de la Cuenca Alta del Río Guárico.
- Conocer los usos de la tierra para la totalidad de la CARG.
- Formular los criterios para desarrollar un análisis comparativo de los patrones de cobertura y uso de la tierra, entre el año 2003 (Casanova y Vilorio, 2004), y el mapa para el momento de ejecución del Proyecto. Este análisis se desarrollará a través del enfoque de indicadores de ecología de paisaje.
- Definir las bases para la recopilación y el análisis de la información de fauna silvestre y la ictiofauna existente en la CARG.
- Generar información básica para la aplicación del Modelo SWAT, con relación al efecto de la cobertura vegetal sobre la producción y transporte de sedimentos.
- Generar información básica necesaria para la formulación del Plan de Ordenación de la Cuenca y de los Programas de Gestión.

Se suma en esta caracterización de la cobertura y uso de la tierra, la recopilación y análisis de la información existente sobre la fauna silvestre y la ictiofauna presente en los distintos ecosistemas que conforman la CARG. La descripción de la fauna silvestre, incluyendo el número y abundancia de las taxa, se considera, al igual que las especies de flora, un indicador de la biodiversidad de la cuenca. Esta información, constituye materia de peso a los fines de definir las estrategias y los programas de conservación de la biodiversidad, en el marco del plan de ordenación del territorio y de la gestión integral de la cuenca.

A los fines de la fase de caracterización físico-natural y socioeconómica de la CARG, en particular la de la cobertura y uso de la tierra, se incluye un breve glosario anexo, precisando la acepción utilizada de algunos términos comunes en las distintas secciones asociadas a las bases para esta caracterización (Anexo 1).

El esquema de clasificación de las coberturas y usos de la tierra a seguir para la CARG, debe cumplir con algunos criterios generales, para que el mismo sea un insumo adecuado al Plan de Gestión de la CARG:

- Ser comprensivo, integral, amplio, fundamentado científicamente y orientado a la práctica.
- Satisfacer las demandas del Plan de Gestión Integral de la cuenca, incluyendo los requisitos que exige la aplicación del Modelo SWAT.
- Tener un detalle de contenido conforme con una escala 1:100.000, por ser la establecida para el proyecto de gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico, al ser la escala de la información disponible.
- Capaz de describir la totalidad de las coberturas y usos de la tierra de la Cuenca, con un conjunto mínimo de clasificadores (un menor número de criterios

clasificadores significa una disminución del error esperado, el tiempo y recursos para la validación en campo).

#### **4.8.1.2. Marco Metodológico**

La metodología para identificar, describir y elaborar el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, comprende las fases que se describen a continuación.

##### **a. Recopilación y análisis de la información básica y documentación técnica existente y disponible**

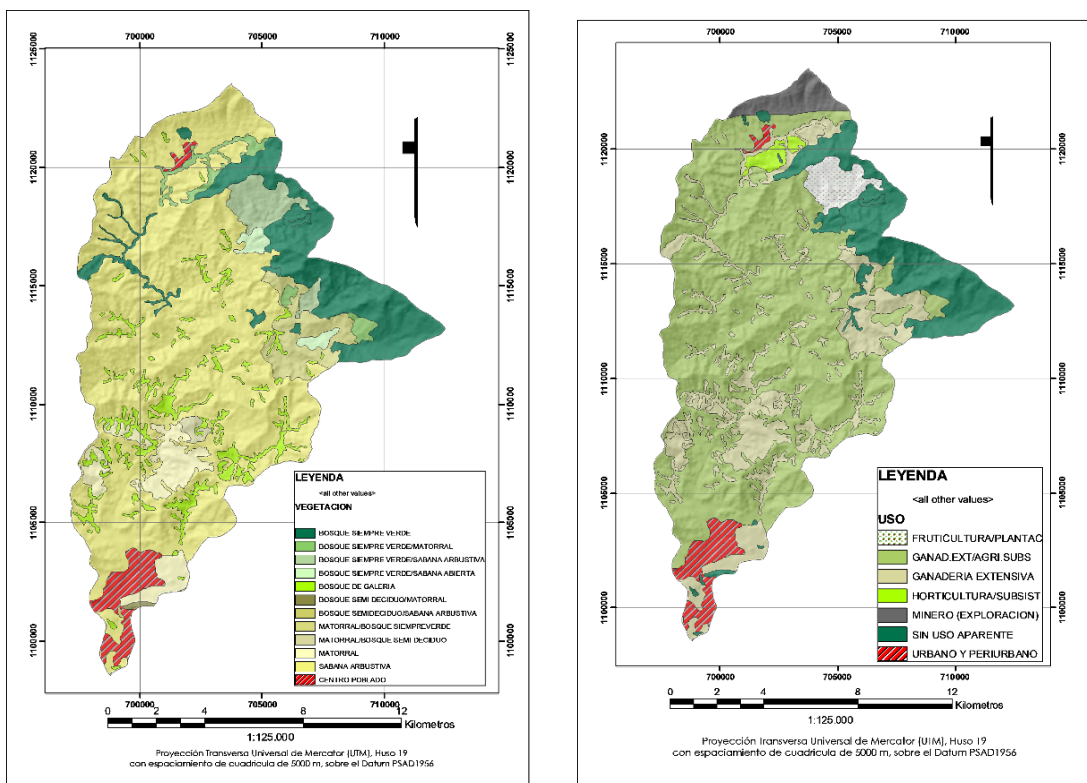
Esto incluye los estudios previos disponibles, entre los que destacan:

- El conjunto de trabajos de investigación agrupados en el Sistema de Información Geográfica de la Cuenca Alta del río Guárico, SIACARG (Jácome A. et al, 2001).
- Proyecto “Manejo Integral de la Cuenca alta del Río Guárico” (Núcleo de Investigación y excelencia), realizado por la Facultad de Agronomía de la UCV (Casanova y Viloria, 2004). Este estudio incluye más de una docena de trabajos de investigación, de temas particulares, así como el levantamiento general de la Cuenca Alta del Río Guárico. Los resultados presentados en este Proyecto de la UCV, en cuanto al diagnóstico ambiental, son una referencia nuclear para la propuesta, pues contiene una caracterización físico-natural de toda la cuenca, incluyendo el mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, a escala, a escala 1:250.000 (Ver Figura 4.20).
- Igualmente se cuenta con mapas de cobertura y uso con información y análisis, a escala 1:125.000, en tres subcuencas seleccionadas: las del río Caramacate, río San Juan y río Tucutunemo. La leyenda del mapa de cobertura y uso de la UCV (2004), para toda la cuenca alta, señala 5 clases generales de uso y cobertura: sabana, matorral, bosque, agrícola, embalse y zona urbanas (Ver Figura 4.20), mientras que para la subcuenca de Caramacate, se presentan dos mapas separados a escala 1:125.000: el de vegetación, con una leyenda de 12 clases diferentes (Figura 4.33 a) y un segundo mapa con una leyenda de usos que incluye 7 clases (Figura 4.33 b).
- Así mismo, vale la pena revisar como referencia, a nivel nacional y regional, los reconocidos y clásicos estudios de vegetación. Entre ellos destacan la leyenda del mapa de vegetación de Huber y Alarcón, a escala 1:2.000.000 (1988), el mapa de vegetación de Venezuela, a escala 1:250.000, del MARNR (1996), el mapa de formaciones de Huber y Oliveira (2010), así como el estudio “La vegetación en Venezuela, al norte del río Orinoco” (González, 2013). En el mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela, de Huber y Oliveira (2010), que se muestra en las Figuras 4.34a y 4.34b, se reconocen para Venezuela, nueve grandes tipos de formaciones vegetales naturales, algunas con subtipos, así como una cobertura de áreas intervenidas, y los cuerpos de agua. Para la subregión de la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa Central, en la que se encuentra la CARG, se representan como formaciones las siguientes clases: (i). formaciones boscosas: bosques premontano, basimontano, submontano estacional, ombrófilo submontano y el

submontano nublado; (ii). formaciones no boscosas: matorral estacional, espinar y cardonal y el subpáramo costanero; (iii). sabana secundaria. Estos autores señalan el alto grado de intervención del sector, por lo que la clase “sabana secundaria”, se extiende en buena parte del área.

- Examinar y analizar los trabajos previos, de caracterización y diagnóstico realizados por las diferentes universidades (UCV, UNERG), asociados al tema de la cobertura vegetal y uso de la tierra, en el área de la Cuenca Alta del Río Guárico.

**Figura 4.33 (a y b). Mapas de Vegetación y Uso de la Tierra de la Subcuenca del Río Caramacate**



Fuente: Casanova y Vilorio (2004) Escala 1:125.000

**Figura 4.34 a. Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela. Huber y Oliveira, 2010**

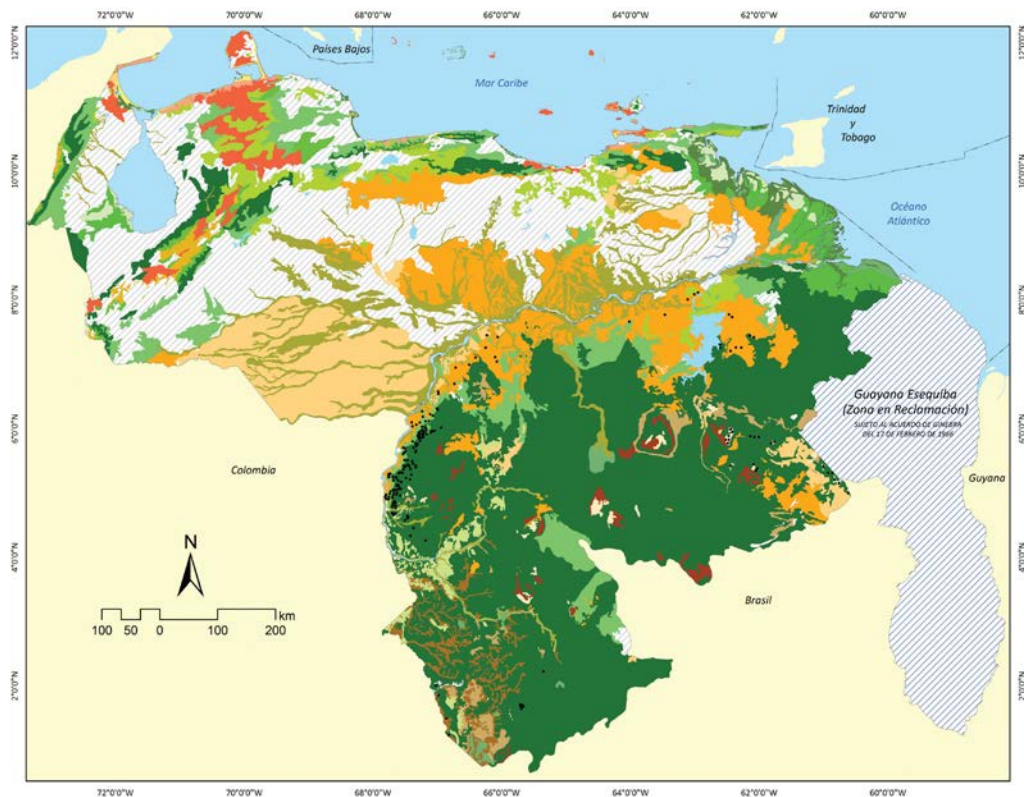
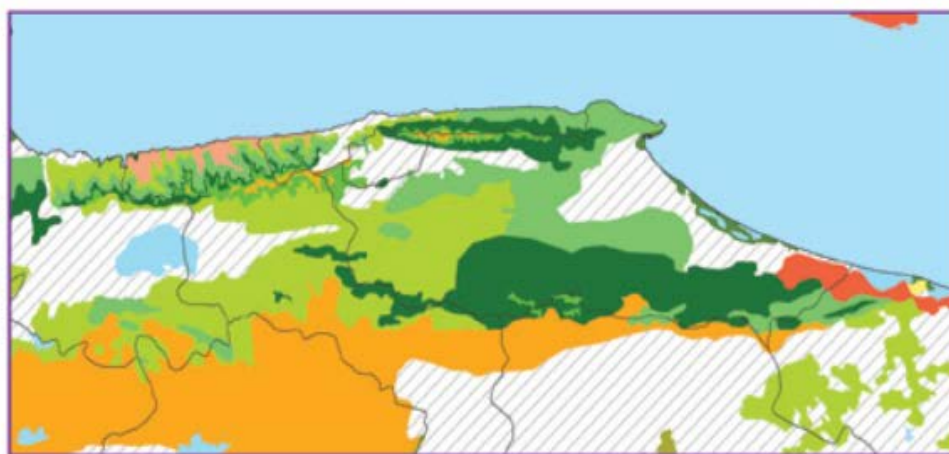


Figura 8. Representación de las formaciones vegetales de Venezuela, elaborado por Huber y Oliveira-Miranda (2010).

**Figura 4.34 b. Mapa de Formaciones Vegetales de Venezuela. Huber y Oliveira, 2010. Detalle**



## **b. Fase de pre-procesamiento digital de las imágenes de satélite**

Tal como se establece para los otros mapas temáticos, en este caso, se recomienda el uso de la imagen Landsat 8 (Sección 4.3), con fecha cercana al momento del estudio, con una resolución espacial de 15 m en la banda pancromática y 30 m en las bandas multiespectrales. Para el procesamiento digital de la imagen es necesario apoyarse en herramientas tecnológicas como Erdas Imagine y ArcGis. Esta etapa incluye un pre-procesamiento, que abarca las correcciones geométricas de la información, el realce de la información digital y la corrección por presencia de gaps o bandeos.

Existen otras posibilidades de sensores remotos recientes, con mayor nivel de detalle que la imagen Landsat 8, que pueden ser utilizados para definir las unidades cartográficas, con énfasis en algunos ecosistemas naturales de gran valor, con una expresión cartográfica menor. Este es el caso de los bosques de galería, y bosques relictuales, que constituyen ecosistemas clave, como hábitats y para la conectividad ecológica en el paisaje. Para ello se cuenta entre otros, con imágenes como Copernicus Sentinel 2, con resolución de 10 m en las bandas multiespectrales.

## **c. Definición de la leyenda integrada de las unidades de cobertura y uso de la tierra**

Es una etapa clave en la adecuada caracterización de la cobertura y uso, que es una conjunción de aspectos físico-naturales, ecológicos y socioeconómicos. Se precisan así, los siguientes aspectos:

- El punto de partida de representación cartográfica es la escala de trabajo definida para los componentes físico-naturales, bióticos y socioeconómicos: 1:100.000, con una unidad mínima de representación cartográfica equivalente a 25 ha (0,25 cm<sup>2</sup>) y una unidad de decisión de 100 ha.  
En esta fase de la construcción de la leyenda, se hace oportuna una breve comparación entre algunos de los sistemas de clasificación convencionales y reconocidos a nivel internacional, con adaptaciones al país o la región. La finalidad de esta comparación es la de seleccionar el sistema más adaptable, para la CARG. Los sistemas de clasificación sugeridos para ser comparados y analizados, están expresados a escala 1:100.000, y cuentan con leyendas que integran cobertura y uso de la tierra, con excepción de la Metodología del MARNR (1996), a escala 1:250.000:
  - Sistema de clasificación de la cobertura de la tierra (FAO-LCCS, en Di Gregorio y Jansen, 2000).
  - Sistema de clasificación CORINE adaptado para Colombia (IDEAM e IGAC, 2008).
  - Clasificación de cobertura/uso de la tierra en los Andes venezolanos (Tovar, ULA, 2013).



- Metodología de levantamiento de vegetación del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), a escala 1:250.000 (1996).
- Para el componente de cobertura vegetal, se debe considerar la compatibilidad con las leyendas de los mapas mencionados, a escala nacional y regional: Huber y Alarcón (1988), Huber y Oliveira (2007), Huber y Rodríguez (2010), MARNR (1996), MARN (2002); así como el estudio “La Vegetación de Venezuela al norte del Orinoco” (González, 2013).
- Por otra parte, como marco de referencia y como antecedente clave, es indispensable tomar en cuenta las clases de las leyendas de la cobertura vegetal e intervenidas, definidas en los mapas mencionados para la Cuenca Alta del Río Guárico, con escalas de menor resolución (1:250.000 y 1:125.000).
- De los sistemas mencionados se propone considerar dos opciones concretas adaptadas al país, a escala 1:100.000:
  - Una adaptación de la metodología CORINE Land Cover establecida para Colombia, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (2008), con una clasificación basada en equivalencias y unificación de la metodología CORINE. Esta leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra describe y contiene cada una de las unidades de coberturas y uso de la tierra presente en el territorio nacional colombiano, cartográficas a escala 1:100.000.
  - Una adaptación del Sistema de Clasificación de cobertura/uso de la tierra en Los Andes (Tovar, 2013), a escala 1:100.000, con una leyenda integrada, y un esquema estructurado, que separa las áreas sin vegetación, de las áreas con vegetación. En cada caso, se jerarquizan tres niveles, con criterios clasificadores que van, de lo más general a lo más específico, con respecto a la identidad de las clases. En el nivel III, en las áreas con vegetación, los clasificadores de atributos ambientales son el piso ecológico y el bioclima, insertando así, las clases en los Sistemas ecológicos (Josse et al, 2003), citado por Tovar, 2013).

#### **d. Proceso de clasificación de la imagen**

- Delineación de las unidades preliminares de cobertura y uso

Constituye una fase crítica en el proceso y los resultados dependen de las clases de información definidas, las imágenes elegidas, la resolución espacial y espectral, y la forma de clasificar del usuario (Labrador, et al. 2012). En cuanto al método de clasificación, para el caso de la CARG, por contar con información de buena calidad, se propone el método de la clasificación supervisada (utilizando el software ERDAS), en la que se seleccionan píxeles de acuerdo a características espectrales, tonalidad y textura, logrando áreas de interés, en respuesta al promedio de la localización (píxeles en la

imagen) de las áreas que mejor caracterizan los tipos de cobertura y uso (Labrador, et al. 2012). Por este método se establecen las características espectrales representativas de cada clase de cobertura o patrón. Dicha clasificación genera una imagen raster con las clases de cobertura/uso, posteriormente filtrada estadísticamente, mejorando la visualización y resaltando rasgos lineales (Chuvienco, 1996). Esta imagen raster se mantiene para ser insertada en el procesamiento del Modelo SWAT y también se transforma en formato vectorial para validación y publicación. El mapa resultante, es el mapa preliminar de cobertura y uso de la tierra, que deberá ser validado en campo.

En cuanto a la expresión cartográfica a la escala 1:100.000, para toda la cuenca alta, las unidades cartográficas del mapa de cobertura y uso pueden ser: Simples (constituidas por una sola clase predominante), o Asociaciones, conformadas por dos o tres coberturas y usos de la tierra.

- La unidad cartográfica se considera Simple, si más del 70% de cada delineación pertenece a una misma clase o clases similares, y las inclusiones limitantes o contrastante no pasan de 10%, y las no limitantes o no contrastante, de 20%.
- La Unidad cartográfica es una Asociación, si:
  - i. No existe ninguna clase de cobertura que ocupe más del 70%.
  - ii. Hay una clase que ocupa más del 70%, pero las inclusiones no limitantes o no contrastantes sobrepasan el 20 %, y/o las limitantes o contrastantes pasan del 10%.
- Se considera limitante, aquella clase de cobertura y/o uso contrastante en relación a la clase predominante, y de “menor valor ecológico”, a los fines de la sustentabilidad de la cuenca.
- Validación en campo de las unidades del mapa preliminar

Con base en el mapa preliminar de cobertura y uso de la tierra, se debe diseñar un muestreo de campo, para control y ajuste de las delineaciones del mapa de cobertura y uso, de acuerdo a: (i) las proporciones de cada clase, (ii) los recursos disponibles y (iii) la accesibilidad en el terreno.

Se sugiere que los recorridos de campo sean mayormente transectas que capten la mayor variabilidad de las clases de cobertura y uso de la tierra, en áreas accesibles. En el caso de sectores de transectas que no puedan ser alcanzados por dificultades de acceso, cabe diseñar un muestreo aleatorio en unidades similares, ubicadas fuera de los sectores inaccesibles. Las transectas serán precisadas y diseñadas al tener definidas las distintas unidades cartográficas de cobertura y uso a partir de la interpretación de las imágenes satelitales utilizadas. Así mismo, en el trabajo de campo se deben describir los aspectos relevantes de los principales tipos de formaciones de vegetación, elementos estructurales (fisionómicos) y elementos florísticos (especies dominantes).

De igual forma, deben ser delimitadas en el mapa final, las áreas de protección (ABRAE) presentes en la CARG.

Luego de la validación de campo, se hace necesario el trabajo de edición del mapa, en el que se realiza la corrección de los polígonos, con el propósito de definir el mapa final y la leyenda de cobertura y uso de la tierra.

#### **4.8.1.3. Análisis comparativo en el tiempo, de los patrones de la cobertura y uso de la tierra, entre el año 2003, y la fecha de ejecución del Proyecto, con un enfoque de Ecología de Paisaje**

Esta fase tiene el propósito de: (i) evaluar los cambios en la cobertura y uso de la tierra entre el año 2003 y la fecha del estudio, (ii) analizar la tendencia de los cambios de patrones del paisaje ecológico en ese periodo de tiempo, (iii) identificar los posibles conflictos de uso y (iv) la valoración de patrones de ocupación en escenarios futuros en la cuenca.

Para el análisis de los cambios de cobertura y uso, se propone utilizar el enfoque de ecología de paisajes, seleccionando algunas métricas de paisaje específicas, que provean la información adecuada sobre las relaciones espaciales importantes en el paisaje. De igual manera, para el escenario de la cobertura y uso actual, al momento del trabajo, los índices de paisaje, permitirán identificar los ecosistemas con prioridad de conservación, dado su rol ecológico en la conservación de la biodiversidad y otros servicios ambientales de la CARG.

La evaluación de las métricas o índices de paisaje, se basa en el modelo espacial clásico, conformado por tres elementos espaciales: parche (fragmento), matriz y corredor. La estructura del paisaje incluye la composición (tipos de elementos que la conforman) y la configuración (disposición general de dichos elementos). Dicho arreglo espacial puede ser analizado en tres niveles: nivel de parche (delineaciones cartográficas), de clase (clases de cobertura y uso) y nivel de paisaje (conjunto de todos los usos, con un patrón definido), según McGarigal et al., 2002. En este caso, para el análisis de indicadores espaciales en la Cuenca Alta del Río Guárico, el nivel adecuado es el de "Clase", que corresponde a los distintos tipos de cobertura y uso presentes en las leyendas de los mapas a ser comparados: el del 2003 y el que se generará para el momento del desarrollo del trabajo. (Se presenta en el Anexo 1 un glosario de los principales términos manejados en el enfoque de ecología de paisajes).

Estos indicadores espaciales o métricas de paisajes, proporcionan información sobre la dinámica de la estructura del paisaje, como por ejemplo, la proximidad, la agregación y el aislamiento entre los distintos parches, que conforman los tipos de cobertura y uso (Botequilha et al., 2006). Por otro lado, una buena parte de las métricas en el nivel de clase, miden la configuración espacial de un tipo de cobertura particular, por lo que pueden ser interpretadas como índices de fragmentación. Se sugiere seleccionar métricas asociadas a la conectividad estructural y la fragmentación del paisaje, a los

fines de comparar estos procesos clave, en la dinámica temporal de los patrones de la cobertura y uso de tierra, en el periodo de tiempo a ser considerado.

Para la CARG, la base para el análisis comparativo de indicadores espaciales, está conformada, por un lado, por los mapas de cobertura y uso de la tierra del año 2003. Por otra parte, se contará con el mapa de cobertura y uso, a ser realizado, para el momento del Proyecto de gestión integral de la CARG (década del 2020). Este análisis aportará información cuantitativa de la evolución de la estructura del paisaje, a lo largo de casi dos décadas, a partir de la información del año 2003.

El conjunto de métricas de paisaje a ser seleccionado, aportan criterios integradores (ecológicos y socioeconómicos), lo cual constituye un enfoque metodológico adecuado al Plan de Ordenación y el Plan Integral de Gestión de la CARG. Los resultados de estos indicadores, constituyen insumos cuantitativos, sólidos y concretos, que permiten incorporar la dimensión ecológica-espacial en el análisis requerido a lo largo del proceso de ordenación territorial, incluyendo los programas de conservación de ecosistemas naturales, la identificación de los ecosistemas a ser protegidos para su preservación, como hábitat de especies de fauna silvestre, y el análisis de escenarios de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) o áreas de protección.

Con el fin de cuantificar la estructura y conectividad del paisaje, y realizar la comparación entre las fechas a ser analizadas, se propone trabajar con el programa FRAGSTATS 4.2, por ser uno de los más efectivos y accesibles del mercado, con el fin de realizar los cálculos de las métricas del paisaje en formato raster. Se sugiere que se trabaje con, al menos, los siguientes índices o métricas de paisajes:

a. Métricas básicas de área y configuración de los parches

Brindan una primera imagen de la estructura del paisaje, sus unidades y su morfología: (i) Porcentaje de cobertura (PLAND), (ii) Tamaño promedio del fragmento (MPS), (iii) Índice del fragmento más grande (LPI) y (iv) Densidad de fragmentos (PD). (Ver Anexo 1: Glosario de términos. Índices de Paisajes).

b. Métricas de conectividad y aislamiento

Aportan información sobre la estructura del conjunto y aspectos de dinámica y función del paisaje: (i) Índice de proximidad (MPI) (ii) Conectancia (CONNECT), (iii) Cohesión (COHESION). (Ver Anexo 1: Glosario de términos. Índices de Paisajes).

Los índices calculados con esta metodología, ofrecen una base cuantitativa para el análisis de la tendencia de la dinámica del paisaje en la CARG, comparando los cambios temporales de la cobertura y uso de la tierra en esas dos décadas.

En particular, en el ámbito de la conservación de la biodiversidad (de especies, poblaciones y ecosistemas), resultan clave los índices de tamaño y forma de los elementos espaciales, al igual que los índices que permiten cuantificar la distancia entre los diferentes parches y su conectividad, vinculada con los procesos de interconexión de los individuos de una población (o subpoblación). En estos enlaces funcionales del paisaje natural de la CARG, los ecosistemas de bosques de galería, y los diferentes tipos de bosques relictuales, cumplen una función conectora ecológica fundamental.

Es así, como las métricas de paisaje ofrecen resultados concretos sobre la viabilidad de sobrevivencia de las especies vegetales y animales entre diferentes ecosistemas naturales que deben ser preservados por su valor ecológico. En este sentido, los índices del paisaje, constituyen un aporte al proceso de Ordenación del Territorio, específicamente en la definición de las áreas de protección por su importancia ambiental o ecológica, a través de la identificación de los ecosistemas estratégicos para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la CARG.

#### **4.8.2. Caracterización de la Fauna Silvestre de la cuenca**

Al igual que el componente vegetación, la caracterización de la fauna silvestre presente en la Cuenca Alta del Río Guárico, es un requisito importante a los fines de comprender y preservar la biota de forma integral. Además, el número y abundancia de las taxa de flora y fauna silvestre de un lugar, se consideran indicadores de biodiversidad.

Por antecedentes de estudios existentes en la Serranía del Interior, la fauna silvestre que habita en la CARG se enfrenta a las amenazas asociadas a la presión antrópica reflejada en los cambios de uso de la tierra (expansión desordenada de la frontera agrícola y pecuaria), que implica, en muchas ocasiones, la pérdida de cobertura vegetal, el incremento de los procesos erosivos y la pérdida de suelos en zonas de altas pendientes y los incendios de vegetación. Todos estos procesos conllevan a la degradación e incluso, a la desaparición de numerosos ecosistemas, que conforman los hábitats naturales para las especies de fauna silvestre presentes en la cuenca.

##### **4.8.2.1. Objetivo**

Realizar la identificación taxonómica de las especies animales silvestres nativas y de taxa exóticas que habitan a lo largo de los ecosistemas terrestres de la cuenca, así como conocer su estado de vulnerabilidad y amenazas.

##### **4.8.2.2. Marco metodológico**

En términos metodológicos, se propone una caracterización basada en la compilación y la evaluación de la información secundaria existente y la que pueda ser obtenida por los aportes de información suministrados por los informantes a través de la aplicación de encuestas y entrevistas, en la caracterización socioeconómica.

Para ello, se debe realizar la revisión y el análisis de publicaciones científicas confiables y recientes, para los grupos: aves, mamíferos, y herpetos y peces, para el caso de la ictiofauna. Destacan como referencia obligada a nivel nacional, el Libro Rojo de la Fauna Venezolana, en su cuarta edición actualizada (Provita, 2015), La Biodiversidad en Venezuela (Aguilera et al, 2003), así como los trabajos científicos, e investigaciones zoológicas y ecológicas, que incluyen aspectos de la fauna, además de la taxonomía, a nivel regional y local.

Igualmente, se sugiere analizar la información domiciliada en museos y centros de investigación, con el fin de lograr la elaboración de listados de especies, para cada uno de los grupos de fauna silvestre. Algunos de los centros de investigación y museos zoológicos a examinar son:

- Estación Biológica de Rancho Grande (MARNR)
- Museo Historia Natural La Salle (MHNS)
- Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela (MBUCV)
- Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Simón Bolívar (MCNUSB)
- Museo del Instituto de Zoología Agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (MIZA)
- Museo de Zoología Agrícola de la Universidad Experimental Rómulo Gallegos (UNERG)

Una vez realizada la caracterización se identificarán las especies que se encuentran en algún grado de amenaza, que sean endémicas o que tengan un importante valor económico, social, cultural o ecológico. Con el fin de identificar y cuantificar la fauna existente en la cuenca, se propone describir algunos aspectos, para cada grupo de fauna: aves, mamíferos, herpetos y peces; en la medida que la información especializada y reciente, así lo permita. Se plantea una caracterización que incluya:

- Las listas (riqueza y composición), de familias, géneros y especies, así como su distribución a lo largo de la cuenca alta, y en los casos que sea posible, separar a nivel de subcuencas.
- Las relaciones entre las taxa de especies y los tipos de formaciones vegetales.
- Las condiciones poblacionales de las especies, amenazas, etc.
- La identificación de especies endémicas y/o con patrones de distribución restringida a escala regional y nacional.
- Especies emblemáticas.
- Especies de valor cinegético.
  - a. Especies más comunes para el consumo.
- La determinación de la representatividad de las especies por ejemplares colectados, lo cual implica la revisión de bases de datos de colecciones y museos para ejemplares colectados en la Cuenca Alta del Río Guárico.

- Presencia y distribución de las especies con problemas de supervivencia, amenazadas o bajo régimen especial, así como las especies migratorias, para el caso de aves.
- Especies en peligro de extinción local.
- El uso o aprovechamiento de la fauna silvestre (especies de importancia socio cultural y económico, para el comercio). Este aspecto debe ser asociado a la recopilación de información socioeconómica. En el diseño de las encuestas de orden socio-productivo, cabe incorporar algunas preguntas asociadas a aspectos de uso y aprovechamiento de la fauna silvestre por parte de los pobladores de la cuenca.

#### **4.8.3. Caracterización de la Ictiofauna presente en la cuenca**

##### **a. Objetivo**

Al igual que para la fauna silvestre, el objetivo central en la caracterización de la ictiofauna, es describir el conjunto de especies de peces que habitan en los diferentes ríos afluentes de la cuenca, así como el estado de las comunidades piscícolas de los dos embalses presentes en la región: el embalse de Tierra Blanca, de menor tamaño, adyacente al río Tucutunemo, y abastecedor de parte del agua para la capital del estado Guárico, San Juan de los Morros, así como el embalse de Camatagua, de gran relevancia, por su rol dentro del sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Caracas.

La ictiofauna de la cuenca depende de las múltiples condiciones ecológicas, así como de las actividades antrópicas que generan el deterioro de los cuerpos de agua que constituyen los hábitats de las comunidades piscícolas. En el caso de la CARG, existen antecedentes que señalan la afectación de los dos embalses de agua, entre otras razones, por el vertido de efluentes contaminados, incluyendo las aguas municipales de las principales poblaciones presentes en la cuenca, desechos sólidos, agroquímicos y sedimentación. Para comprender y abordar estos procesos vinculados con el estado de la ictiofauna de la cuenca, se deberá realizar una revisión de la literatura especializada, a los fines de determinar:

- Un listado global de especies de peces (riqueza), y el estado de las especies presentes en la cuenca, así como aspectos de interés para el diagnóstico, como la compilación de las especies amenazadas, incluyendo las categorías: peligro crítico, en peligro y vulnerable.
- El registro de las especies de peces de uso más común, por parte de los habitantes de la cuenca. Al igual que para la fauna silvestre, este punto debe ser vinculado en el instrumento de recolección de información socio-productiva, con la que se puede complementar, por la vía de entrevistas directas a los pobladores, la información secundaria existente en la literatura científica revisada.

- La contaminación de los ríos y embalses por actividades antrópicas (agricultura, uso urbano, minería, etc.), como elemento revelador de impactos presentes en la cuenca y la afectación de los recursos pesqueros.
- La composición de la ictiofauna en las nueve subcuencas, destacando separadamente al embalse de Camatagua, dadas las características especiales que adquiere su ictiofauna, respecto al resto de la cuenca, por su rol en la Cuenca Alta del Río Guárico.

#### **4.8.4. Productos esperados de la caracterización de la cobertura y uso de la tierra, de la Fauna Silvestre e Ictiofauna:**

- a. Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la cuenca. Escala: 1:100.000 para la fecha de ejecución del estudio.
- b. Informe técnico contentivo de la descripción de la vegetación y el uso actual de la tierra, del análisis comparativo en el tiempo, de los patrones de la cobertura y uso de la tierra, entre el año 2003, y la fecha de ejecución del Proyecto, con el enfoque de Ecología de Paisaje. Identificación de las áreas de importancia ambiental (áreas prioritarias y ecosistemas estratégicos) para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de la CARG.
- c. Informe técnico sobre la Fauna Silvestre e Ictiofauna de la cuenca.



#### **4.9. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CULTURAL**

Los problemas ambientales de la CARG asociados directamente a la actividad humana derivan en gran parte de las actividades agrícolas que allí se realizan, especialmente de la cría de ganado vacuno en forma extensiva y de la ampliación de la frontera agrícola. Estas prácticas se traducen en pérdida y degradación de la cobertura boscosa, con la consecuente alteración y desequilibrio de los ecosistemas naturales, la afectación de la capacidad reguladora de la cuenca, del crecimiento de los centros poblados; la erosión y pérdida de suelos; la contaminación del agua por vertidos urbanos e industriales.

La caracterización socioeconómica y cultural debe permitir evaluar las interrelaciones entre los pobladores y el contexto biofísico de la CARG, y a su vez, analizar cómo estas impactan el territorio de la cuenca. En consecuencia, es necesario conocer las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca, la dinámica poblacional, de ocupación del territorio, la calidad de los servicios públicos, las actividades económicas y los aspectos culturales, con el fin de evaluar si estas interacciones se desarrollan de manera armonizada con el entorno natural y bajo los principios del desarrollo sostenible.

Es pertinente destacar que el análisis de la información socioeconómica sea referido al ámbito de los municipios incluidos en la CARG y, en la medida de lo posible, al de las parroquias, estableciendo las debidas correspondencias con las nueve subcuencas que la conforman.

Desde el punto de vista político-administrativo la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG) se encuentra en jurisdicción de 3 estados (Aragua, Carabobo y Guárico), 8 municipios y 12 parroquias (Tabla 4.6).

##### **4.9.1. Objetivos**

###### **a. Objetivo General**

Presentar una visión lo más actualizada posible de las características socio-ambientales y económicas de la población de la CARG, su interrelación con la cuenca (sus recursos naturales y servicios ambientales), y los conflictos de los pobladores con las funciones de la cuenca como abastecedora de agua para el consumo humano.

###### **b. Objetivos Específicos**

- i. Recopilar la información existente, del ámbito socio-ambiental, económico y cultural de la población de la CARG, resultado de los estudios, diagnósticos e investigaciones anteriores.
- ii. Caracterización socioeconómica rápida a nivel de subcuencas, a los fines de llenar vacíos de información y de actualización de variables socioeconómicas.

**Tabla 4.6. División Política-Administrativa de la CARG**

Estado	Municipio	Parroquia	Subcuenca
Aragua	Camatagua	PC Camatagua	Embalse Camatagua
	José Félix Ribas	Zuata	Río Pao, Río Tucutunemo
		PNU Pao de Zarate	Río Pao
	San Sebastián	PC San Sebastián	Embalse Camatagua, Guárico Medio, Qda. Las Hermanas, Río Pao, Río Caramacate
	San Casimiro	PC San Casimiro	Río Zuata; Embalse Camatagua
		PNU Güiripa	Río Zuata
		PNU Valle Morín	Embalse Camatagua
	Santos Michelena	PNU Tiara	Río Pao, Río Caramacate
	Zamora	PNU Valles de Tucutunemo	Río Tucutunemo
PC Zamora		Río Tucutunemo, Guárico Alto	
Carabobo	Carlos Arvelo	PNU Belén	Guárico Alto
Guárico	Juan Germán Roscio	PC San Juan de los Morros	Río San Juan, Guárico Medio, Guárico Alto

PC: Parroquia Capital; PNU: Parroquia No Urbana

Fuente: INE. XIV Censo Nacional de Población y Vivienda, Resultados por Entidad Federal y Municipio. Diciembre 2014.

- iii. Determinar las características demográficas y el patrón de distribución de la población residente en la cuenca, así como las tendencias del poblamiento y la situación en relación a la igualdad de género.
- iv. Establecer los niveles de pobreza de la población de la Cuenca Alta del Río Guárico y su incidencia como causa de los problemas ambientales de la cuenca. Caracterizar problemas de inseguridad, violencia y/o drogadicción.
- v. Determinar el equipamiento comunitario y el perfil social de la población: acceso a los servicios de agua, electricidad, energía, manejo de desechos sólidos, disposición de excretas, vialidad y transporte, comunicaciones. ¿Cómo viven los habitantes de la cuenca? Acceso a servicios básicos y comunitarios? Salud, Nutrición, Educación (formal e informal). Condiciones de prestación de servicios.
- vi. Determinar las actividades económicas. ¿De qué vive y a qué se dedica la población?, ¿cuáles actividades se sustentan en el aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca ¿cuáles son sus consecuencias en la conservación de la cuenca?
- vii. Conflictos de uso de la tierra. Magnitud, tendencia y vínculos con la situación ambiental.
- viii. Identificar y caracterizar los Sistemas de Producción Agrícola (SPA) presentes en la CARG.
- ix. Identificar las “estrategias de sobrevivencia” de los miembros de las comunidades en los procesos de interacción social y económica con los recursos naturales.

- x. Generar información básica como insumo para la formulación del Plan de Ordenación (POT) y los Programas de Gestión Integral de la CARG.
- xi. Identificar y caracterizar los riesgos sociales y ambientales, incluidos los asociados a los cambios climáticos.
- xii. Identificar y evaluar las propuestas de Programas y Proyectos previstos para la CARG, como iniciativas de organizaciones públicas o privadas.

c. Alcances

La caracterización socioeconómica y cultural del Proyecto deberá contener la descripción y análisis de las variables de este tema, así como los elementos para resolver los problemas que se derivan de la intervención antrópica actual, como base de las propuestas de solución y el diseño de las acciones de manejo.

El análisis de la información socioeconómica, será insumo importante para la formulación del POT de la CARG, y en la conceptualización de los programas de gestión, en particular, los de educación ambiental, apoyo a las comunidades, infraestructura y extensión agrícola. También es de importancia para el diseño de las agendas de trabajo que adelantarán los entes institucionales creados en la CARG.

#### **4.9.2. Marco Metodológico**

Se requiere como premisa, que la caracterización sea concebida como una actividad amplia y participativa, considerando desde el inicio, a la gente de la cuenca, o vinculada a ésta. Estas comunidades constituyen informantes calificados, para lograr juicios objetivos sobre la cuenca, así como una adecuada conceptualización de los Programas de Gestión, acordes con sus intereses y expectativas.

Se proponen la(s) metodología(s) a ser usadas en cada fase del desarrollo del trabajo: a) planificación, b) ejecución, c) sistematización y análisis y d) socialización o divulgación. Ello incluye entre otros métodos, los reconocimientos de campo, observación participante, técnicas estructuradas, selección y abordaje de informantes y actores relevantes, y talleres de trabajo.

Entre los métodos más comunes para levantamiento y validación de información socioeconómica se cuentan: a) recopilación y evaluación de información secundaria existente, b) encuestas estructuradas, c) guías de entrevistas, d) sondeos sobre necesidades y problemas sentidos por la población, e) consultas o reuniones participativas, f) talleres con expertos de organizaciones públicas y privadas (ONG), g) Diagnóstico Participativo.

Se realizarán consultas y entrevistas a informantes calificados, en el ámbito regional y local. Como fuentes de información se incluyen las Gobernaciones de Aragua, Carabobo y Guárico, las Alcaldías y demás entes de desarrollo regional y local. Como parte de la

información a recabar se incluyen planes, programas proyectos y acciones actuales o propuestas para el área. Entre otras instituciones públicas a ser consultadas se incluyen: Instituto Nacional de Estadística (INE), Universidades Nacionales (UCV, UNERG, Universidad de Carabobo, Universidad Simón Rodríguez), Ministerios, el INIA, Corpocentro, HIDROVEN y las empresas hidrológicas descentralizadas Hidropáez, Hidrocentro e Hidrocapital, entre otros.

Los sitios de muestreo para el levantamiento y actualización de algunas variables socioeconómicas, deben ser georeferenciados. Igualmente, cualquier atributo importante que sea observable durante las actividades de campo y que tenga expresión espacial cartográfica debe ser también georeferenciado. Este sería el caso de aspectos de infraestructura que sean fuente de contaminación fija de las fuentes agua (galpones de actividad pecuaria o agroindustrial), corrales de estabulación de ganado (ovino, porcino, etc.), asentamientos humanos espontáneos, entre otros.

#### **4.9.2.1. Manejo de la información**

La caracterización socioeconómica dará cuenta del estado actual de la CARG con base en el análisis de información técnica publicada o bajo resguardo institucional (investigaciones, tesis, etc.), las consultas a la web de fuentes académicas o técnicas acreditadas, a informantes calificados, así como el reconocimiento cartográfico y presencial. Para ello se dispone de estudios previos realizados para la cuenca.

La información documental y la data primaria que se obtenga mediante la aplicación de instrumentos estructurados, deberán organizarse por tema, proporcionando los datos necesarios para facilitar la identificación y acceso a las fuentes, y consignar copia de la misma al ente contratante. La información recopilada y generada por el estudio, se integrará a la Base de Datos Documental propuesta para el Plan de Gestión de la CARG.

La visión de integralidad del estudio exige que durante el proceso de planificación y elaboración se interactúe con los responsables del desarrollo de otros componentes de la Caracterización y Diagnóstico Ambiental, de manera de validar información analizada desde otras perspectivas. Del mismo modo, sus resultados serán un aporte necesario en las fases posteriores del Proyecto (Plan de Ordenación, Plan de Gestión, Modelo de Gestión Integral e Institucionalidad)

#### **4.9.2.2. Recopilación y análisis de información secundaria**

A fin de contar con un diagnóstico actualizado de la cuenca, se recabará cartografía temática, datos censales, información secundaria de estudios previos referidos a los aspectos político-administrativos, histórico-espaciales, demográficos, sociales, culturales, actividades económicas, usos de la tierra, régimen legal de administración de la cuenca, entre otros aspectos de interés, de acuerdo a los alcances del Proyecto. En

esta tarea debe considerarse la calidad de la información, la calificación de la fuente y la relevancia de los registros.

El análisis e integración de esta información debe denotar las características socioeconómicas de la cuenca, teniendo en cuenta los límites de las subcuencas y la división político-administrativa del territorio.

#### **4.9.2.3. Levantamiento de Información**

En razón de la organización de la información socioeconómica y cultural, particularmente de la data demográfica, se considerará la división político-administrativa del país, realizando los ajustes pertinentes a la conformación de las subcuencas aportantes: Alto Guárico, Río San Juan, Río Tucutunemo, Guárico Medio, Río Pao, Caramacate, Quebrada Las Hermanas, Río Zuata, Embalse Camatagua (Figura 2.1b).

Entre los métodos para el levantamiento y la validación de información primaria se podrán utilizar, (i) encuestas estructuradas y semi estructuradas, (ii) guías de entrevistas individuales o grupales, (iii) sondeos sobre necesidades y problemas sentidos por la población, (iv) consultas participativas con grupos focales, (v) talleres con expertos de organizaciones públicas y privadas (ONG), (vi) Diagnóstico Participativo.

Se determinará cuál información pertinente se requiere conocer o actualizar, para lo cual se aplicarán los instrumentos acordes al levantamiento de información primaria o su validación; ello implica especificar la metodología para recabarla y para decidir el tamaño de la muestra en cada subcuenca.

Se explorarán las condiciones espaciales del área del Proyecto, precisando la distancia y la accesibilidad a las comunidades involucradas. Del mismo modo, se inventariarán los recursos para la realización de las actividades posteriores, particularmente la disponibilidad, ubicación, características y accesibilidad para reuniones de trabajo.

La información primaria colectada se organizará por temas, a los efectos de incluirla en un sistema de información para la gestión de la cuenca, dando cuenta de la fuente, fecha, lugar, formato y medio de obtención (fichas técnicas de registro, árbol de problemas, etc.)

En función de la información disponible, los aspectos a analizar en la caracterización socioeconómica y cultural, son:

##### **a. Contexto Social**

La caracterización está dirigida fundamentalmente a describir y analizar las variables que permiten conocer el funcionamiento de la CARG, estableciendo las interrelaciones entre los componentes biofísicos y socioeconómicos, que explican el estado actual de la

cuenca, considerando las limitaciones y posibilidades de aprovechamiento sustentable de sus recursos naturales.

Se trata de determinar el perfil de las comunidades humanas que habitan este espacio, definido en función de su localización y características poblacionales, las condiciones económicas, sociales y culturales de sus habitantes, las actividades productivas que desarrollan y su impacto sobre la producción de agua y alimentos, la conservación de recursos naturales, y sus tendencias. Existe la opción de aplicar modelos para estimar datos para el análisis de la situación actual, definir tendencias, o apoyar la formulación de propuestas de manejo.

En la medida que es importante determinar el impacto de las actividades antrópicas sobre la degradación de la cuenca, será conveniente determinar la necesidad de estructurar los métodos para realizar la caracterización y el diagnóstico, de manera de posibilitar la participación de actores e informantes identificados. Al finalizar el diagnóstico se deberá obtener una matriz de problemas, causas, efectos y soluciones.

Como fuentes de información se considerarán además de los censos oficiales de población y vivienda, otros entes públicos, como alcaldías y ministerios de salud y de educación y las propias comunidades locales.

De ser necesario para el diseño de los programas de gestión, se podrá realizar un levantamiento de data poblacional de tipo aleatorio, simple y unietápico. El tamaño muestral estará en función de la población objetivo (por ejemplo: productores agrícolas, educandos), de la localización y otros parámetros relevantes, cumpliendo con la representatividad del total poblacional considerado.

El contexto social incluye los elementos culturales, políticos, institucionales y organizacionales de la población residente o vinculada a la cuenca, necesarios para entender la relación de la población con el ámbito institucional, así como la disposición a la participación y los elementos de potenciación del cambio en la gestión de la cuenca.

Incluye también conocer las organizaciones activas con base territorial en la cuenca: productivas (asociaciones de productores, cooperativas), gremiales, comunitarias (comunidades, asociaciones de vecinos, comités de agua, comités de tierras, etc.), políticas. Es importante identificar las demandas de la población en la atención de problemas y necesidades (Árbol de problemas) y las formas de organización comunitaria, para canalizar dichas demandas.

- Antecedentes de la Ocupación del Territorio

Esta primera parte de la caracterización socioeconómica permitirá entender la realidad actual, a través del proceso histórico de la ocupación de la cuenca. Se hará una breve reseña del perfil histórico de los centros urbanos de la CARG. Se podrá

desarrollar a través de las reseñas históricas elaborados por las gobernaciones y municipalidades, Corpocentro, Universidades de la región, entrevistas a cronistas, etc, con antecedentes de la ocupación del territorio y el surgimiento de las actuales capitales municipales, la dinámica de colonización y ocupación del territorio.

- División Político Territorial (Municipios, parroquias).
- Conformación físico-espacial  
Se describirá la estructuración del espacio en los siguientes términos:
  - Características de la accesibilidad a la cuenca y de la red vial interna.
  - Jerarquía urbana de los centros poblados de la cuenca y su periferia, considerando el sistema urbano estatal / regional.
  - Breve reseña del perfil histórico de los centros urbanos de la cuenca.
  - Relaciones urbano-rurales y regionales: principales relaciones urbano-rurales y regionales al interior de la CARG, funciones de los centros urbanos en la prestación de servicios al entorno rural, relaciones económicas y sociales dentro del espacio regional (dependencia de recursos naturales y su impacto en la cuenca, demandas de servicios de suministro de agua, alimentos, madera, recursos mineros, recreación, etc.). También se analizan los principales impactos por el aprovechamiento de los recursos y los efectos sobre la contaminación, especialmente los referidos a las descargas de residuos líquidos y disposición de los sólidos al interior de la cuenca.
  - Evaluar el uso actual de la tierra y su impacto sobre el suministro de agua proveniente de la CARG, con el fin de determinar los riesgos de abastecimiento de agua al medio urbano-rural.
  - Tendencias del patrón de ocupación (concentración/dispersión) de los principales centros poblados en la cuenca.
  - Disposiciones municipales para la regulación del crecimiento urbano y la dotación de infraestructura de servicios (Planes de desarrollo urbano local - PDUL).
- Áreas críticas en términos socioeconómicos.
- Dinámica poblacional.

Referido a las unidades político-administrativas (municipios y parroquias), estableciendo las relaciones porcentuales con las instancias superiores, haciendo los cálculos para presentar la data por subcuenca (se requiere sintetizar la información disponible en esta unidad de planificación y gestión)

- Distribución, volumen y densidad poblacional, según localización urbano-rural, adscripción a las entidades políticas y subcuencas, número de poblados y habitantes por municipio y subcuenca.
- Evolución histórica y tasas de crecimiento urbano-rural, basado en fuentes oficiales y estudios en la materia. Es de interés aportar datos sobre el impacto de la emigración en el comportamiento poblacional reciente.

- Composición de la población por grupo etario y sexo referida a los ámbitos urbano y rural y entidades políticas, agrupadas igualmente por subcuencas.
- Volumen y distribución de la fuerza de trabajo y población económicamente activa (PEA), según sector de actividad. Las cifras se referirán a la división política territorial, y de ser posible, se integrarán para la totalidad de la cuenca y por subcuenca.
- Distribución geográfica de la población rural y urbana actual en la CARG, tasas de crecimiento poblacional, identificación de la estructura y composición de la población por: género, fecundidad y esperanza de vida. Se propone un análisis de la densidad poblacional (dispersión y concentración), el empleo y fuentes de empleo, la población en edad adulta, adulta mayor, joven, en edad escolar (estructura, por edad y sexo); así como las migraciones o desplazamientos.

Las fuentes de información las conforman los censos oficiales de población y vivienda, otros entes públicos (alcaldías, ministerios de salud y de educación), y las propias comunidades locales.

Para el diseño de los programas de gestión, se podrá realizar un levantamiento de data poblacional aleatorio, simple y unietápico, con tamaño muestral, en función de la población objetivo (por ejemplo: productores agrícolas, educandos), de la localización y de otros parámetros relevantes.

- Equipamiento y servicios sociales básicos

Se aportará información relacionada con las condiciones de vida de la población a través del equipamiento y cobertura de los servicios sociales y básicos, y se evaluará en forma cualitativa, su calidad. De acuerdo a la información disponible, el equipamiento y la disponibilidad de los servicios sociales se referirán principalmente a los centros poblados, y se integrará a la división político-administrativa y la conformación de las subcuencas.

La data deberá referirse a los centros urbanos ubicados en la cuenca, indicando las modalidades de atención para los habitantes de las comunidades rurales.

- Educación: capacidad del servicio (planta física, personal instructor, matrícula, tasas de deserción por nivel educativo y tipo de educación (pública/privada). Tasas de analfabetismo y nivel educativo de la población, por sexo y rangos de edad.
- Salud: cobertura geográfica del servicio, planta física, equipamiento, áreas de atención, personal médico y paramédico, programas de salud pública. Condiciones y principales causas de morbilidad general e infantil, y grados de nutrición.
- Agua potable: infraestructura y capacidad de suministro de acueductos municipales y locales, cobertura geográfica del servicio, número de usuarios y



porcentaje de acceso de la población al servicio de agua potable; valoración de la calidad del servicio.

- Vivienda: número, distribución, estado y tipo de la vivienda (tipo de construcción, materiales predominantes), calidad de servicios públicos, condiciones sanitarias de la vivienda, abastecimiento de agua potable, eliminación de aguas servidas y excretas, proporción de hogares en hacinamiento, de los que utilizan leña, carbón o desechos para cocinar, y de hogares expuestos a focos de contaminación.
  - Electricidad: cobertura de las redes de suministro, valoración de la calidad del servicio.
  - Alcantarillado, recolección y disposición final de desechos sólidos domiciliarios e industriales. Sistemas de tratamiento de aguas residuales.
  - Movilidad: transporte rural-urbano (medios, rutas, horarios, costo); vialidad urbana y rural. Medios de transporte extraurbano. Recreación: equipamientos para recreación, cobertura, accesibilidad, prácticas deportivas predominantes.
  - Servicios comunitarios: equipamientos que prestan servicios comunitarios: salones comunales, bibliotecas, hogares para adultos mayores, jardines, centros de atención para menores en riesgo, cobertura e infraestructura.
  - Medios de comunicación: medios de comunicación comunitarios en la CARG: impresos, radiales, televisivos, internet (cobertura y tratamiento de los temas ambiental y de salud).
- 
- Revisión y descripción de la normativa ambiental vigente, de carácter nacional, regional y local, aplicable a la CARG.
  - Pobreza y desigualdad: proporción de personas con viviendas inadecuadas, servicios indebidos o inexistentes, con hacinamiento crítico; hogares con inasistencia escolar, dependencia económica y proporción de la población con ingresos insuficientes para cubrir las necesidades nutricionales de la familia, entre otras condiciones de pobreza.
  - Seguridad alimentaria: principales fuentes para el abastecimiento de alimentos y cobertura de programas sociales de alimentación. Niveles de desnutrición, alimentos más comunes, identificación de lugares con prácticas agrícolas sostenibles. Existencia de infraestructura de agrosoprote (silos, galpones, vialidad agrícola, infraestructura de riego, etc.) para el abastecimiento.
  - Seguridad y convivencia: analizar las tasas de homicidio, delincuencia, pago de “alcabalas” para la protección de usuarios de la cuenca, incidencia de secuestros, denuncias de violencia de género, de pareja y a la población infantil.
  - Identificar junto con informantes calificados, las percepciones sobre la seguridad del territorio de la CARG y las topofobias (lugares que desde el imaginario y la recordación de los actores, constituyen una amenaza, presentándose condicionantes para el acceso a los mismos).
  - Identificar las demandas de la población en la atención de problemas y necesidades, priorización de necesidades (Árbol de problemas), y formas de organización comunitaria para canalizarlas.

Los ítems “seguridad alimentaria”, “seguridad y convivencia” e “identificar junto con informantes calificados”, se han incorporado en la caracterización socioeconómica, dada la actual situación económica y social del país. Esto obliga a recabar data de alta relevancia en la caracterización y diagnóstico socioeconómico y cultural, necesaria en la implantación del Plan de Gestión a proponer para la CARG.

Los vacíos de información o la dificultad para su obtención en fuentes oficiales, puede subsanarse mediante entrevistas o mesas de trabajo con informantes calificados y/o clave. Aunque esto refleje una apreciación particular, temporal y espacialmente, y carezca de rigor documental o de representatividad estadística, es válido para contar con la visión que los pobladores tienen de su situación.

#### b. Contexto Cultural

Incluye los elementos culturales de la población residente en la cuenca, necesarios para entender la relación de la población con el ámbito institucional (gubernamental y social), así como la disposición a la participación y los elementos de potenciación del cambio en la gestión de la cuenca.

Al respecto se desarrollarán los siguientes aspectos por su incidencia en el Plan de Gestión de la CARG:

- Nivel de arraigo y percepción de los pobladores sobre la cuenca, sus recursos naturales, servicios ambientales y el deterioro ambiental existente.
- Identificación de sitios de interés cultural, arqueológico y turístico. Adicionalmente, se describirán otras variables como tradiciones (valores creencias, costumbres) y las prácticas culturales a favor o en contra de la sostenibilidad de la cuenca.

#### c. Contexto institucional

Comprende los elementos políticos, institucionales y de organización de la población asentada o vinculada a la cuenca, necesarios para analizar la disposición a la participación de las comunidades, en los distintos niveles de cogestión. Incluye también las organizaciones activas con base territorial en la cuenca (productivas, empresariales, etc.), las universidades y centros de investigación, organizaciones gremiales, comunitarias, culturales, políticas y religiosas. El ambiente institucional envuelve buena parte de los actores que hacen vida, o están vinculados con la CARG, en una compleja dinámica socioeconómica.

Uno de los ejes conceptuales del Proyecto CARG es el enfoque de gestión compartida, donde los diferentes actores se involucran activamente, en todo el proceso de la gestión institucional. Esta concepción, desarrollada en varias secciones del documento, conlleva un papel nuclear de los diferentes actores, desde el inicio, y a lo largo de la gestión. Pero, el peso relevante de los actores involucrados se concretará, de manera

permanente y con soporte legal, al momento de su participación formal en los distintos niveles de la institucionalidad aprobada. Es por ello que en el Perfil de Proyecto, el tema de actores clave, incluyendo su concepción y el marco metodológico, se despliega en extenso, en el Capítulo 12, correspondiente al Modelo de Institucionalidad, propuesto para la CARG.

Es importante aclarar que, aunque en términos de presentación del documento, el tema del Modelo de Institucionalidad, se ubica en uno de sus capítulos finales, no implica en ningún caso, que el tratamiento de los actores clave se desarrolle en una fase tardía. Conforme con el enfoque de gestión compartida, la identificación, clasificación y análisis de actores, se debe emprender desde el comienzo de la propuesta, y se espera que su participación se realice en cada una de las etapas de la formulación del Plan de Gestión. Al principio del proceso, aparecen como informantes calificados, en la identificación y clasificación de los actores; así también como miembros de las comunidades, que participan en las consultas públicas sobre el Plan de Ordenación del Territorio, los Programas de Gestión, y el propio diseño de la Institucionalidad, desde donde harán vida sostenida como cogestores, contribuyendo con la viabilidad sociopolítica del plan de gestión integral de la CARG.

Lograr la intervención activa y duradera de los actores en la gestión de la cuenca, pasa por apuntar al diseño de una figura institucional con autonomía, dinámica, eficiente y democrática. Integrando un modelo de institucionalidad idónea, y la visión de gestión compartida, es posible avanzar hacia el objetivo central del Proyecto, que es llevar adelante una gestión integral de la CARG, dirigida al manejo sustentable de sus recursos naturales y de los servicios ambientales que ofrece, para cumplir con el papel primordial de cuenca abastecedora de agua y contribuir con el mejoramiento del bienestar de los pobladores, sin entrar en conflicto con diversas actividades económica y sociales.

Con respecto al marco institucional se abordarán los siguientes aspectos:

- a. Identificar, describir las principales instituciones de nivel nacional, regional (estadal) y local que ejercen funciones en materia de gestión ambiental y de desarrollo: gobernaciones, alcaldías, agencias de desarrollo (Corpocentro), Ministerios, Inparques, ONG, entre otras. Se determinarán y evaluarán las capacidades existentes en términos de infraestructura, recursos humanos y logísticos, para el desarrollo de sus funciones y la prestación de los servicios.
- b. Describir y evaluar la gestión de las instituciones con competencia en ambiente y gestión de los recursos hídricos e identificar programas y políticas públicas dirigidas a la CARG.
- c. Identificar y evaluar los instrumentos de planificación existentes en materia ambiental y de aguas, que contribuyen con una buena gestión ambiental en la cuenca y en la administración y conservación de los recursos naturales.

- d. Revisar las estrategias y acciones implementadas desde las entidades públicas y privadas, en materia de educación ambiental, conservación de suelos y aguas, asistencia técnica al productor agrícola; participación ciudadana en la gestión de la cuenca, así como identificación y solución de conflictos de naturaleza socio-ambiental que afecten a la población asentada en la CARG.
- e. Identificar y describir las organizaciones, las iniciativas y los proyectos locales elaborados o puestos en marcha, asociados al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la cuenca, e identificar las oportunidades o limitantes que han tenido para la ejecución de tales acciones.

d. Principales Actividades Económicas y Usos de la Tierra.

- Se describirán las actividades económicas predominantes y las modalidades de producción, discriminando las urbanas y las rurales, teniendo en cuenta la conformación de las subcuencas, como unidades de análisis. Se debe investigar la producción de bienes y servicios que configuran la base de desarrollo de la CARG, diferenciándolos por sector económico (primario, secundario, terciario). Esta producción de bienes y servicios pueden afectar al patrimonio natural como fuente de recursos, así como también a los conflictos y potencialidades que se puedan derivar del uso de la tierra por estas actividades.
- Interesa precisar el impacto del aprovechamiento de los recursos naturales y sus tendencias, en términos de superficie ocupada y, de ser posible, por rubro o actividad productiva, identificando los posibles conflictos con la vocación de la tierra y la producción de agua. Al respecto, se aportará información sobre las actividades agrícolas y pecuarias, identificando los principales tipos de uso en la CARG (agrícola, pecuaria, avícola, forestal y las actividades mixtas derivadas). De ser posible, se incluirá información sobre el número y tamaño de las unidades de producción agropecuaria. Identificar los consumos de recursos naturales asociados a cada actividad y los porcentajes de representatividad económica de cada tipo de uso agrícola con relación a toda la CARG. Esta información está vinculada a la determinada en las secciones de Cobertura y uso actual (4.7.3), así como la Caracterización de los Sistemas de producción agrícola (4.10.2).
- Se determinará la existencia de aprovechamiento de recursos mineros y la extracción de materiales no metálicos.
- Se describirán las actividades turísticas, modalidades e infraestructura de apoyo.
- Se precisarán los lineamientos de ordenamiento territorial para la cuenca, tomando en cuenta la vigencia de los planes estatales de ordenación del territorio (POT) y, en caso de existir información para centros urbanos, se considerarán las regulaciones de los Planes de Ordenación Urbanística (POU) y en los Planes de Desarrollo Urbanístico (PDUL), así como la existencia de ordenaciones específicas para el desarrollo de actividades sectoriales, como planes agrícolas o turísticos.
- Se establecerán las relaciones entre áreas críticas de uso de la tierra y caracterización socioeconómica. En la definición de las áreas críticas, mediante

la utilización de un sistema de información geográfica, se expresarán espacialmente, las variables relevantes de la caracterización socioeconómica, integrando la información primaria (de campo), y secundaria. Como criterios para definir el nivel de criticidad socioeconómico, se consideran las categorías del uso actual, la intensidad del uso, la extensión de ocupación y la ubicación, considerando que a mayor presencia de un uso incompatible con la potencialidad (capacidad de uso de la tierra), corresponde un mayor nivel de criticidad o riesgo de degradación.

Las variables a considerar para la caracterización del sector serían, entre otras:

- Tenencia de la tierra.
  - Uso actual de la tierra agrícola.
  - Condición jurídica de las Unidades de Producción Agrícola (UPA) por Municipio y subcuenca.
  - Disponibilidad de créditos agrícolas.
  - Producción agrícola vegetal.
    - Número de productores y superficie (ha) sembrada y cosechada de los principales cultivos, por municipio o subcuenca.
  - Producción agrícola animal.
    - Número de animales por municipio y subcuenca.
    - Producción de leche (en litros) y carne (Ton o Kg) en periodo seco y de lluvias; distribución porcentual de la producción de leche o carne por municipio y subcuenca.
    - Otros tipos de uso pecuario (aves, porcinos y caprinos).
  - Superficie predial y tamaño de la UPA según uso pecuario o cultivo sembrado.
    - Número y tamaño promedio del área predial (ha) por Municipio y subcuenca, así como por cultivo o uso pecuario.
  - Lugar de residencia de los productores y estrategia de uso de la mano de obra.
  - Programas de asistencia técnica existentes.
  - Destino de la producción y canales de mercadeo.
- 
- Actividades agro-industriales: Condiciones de las agroindustrias presentes en la cuenca: su tipología, la distribución de la población asociada a estas actividades, los consumos de recursos naturales, así como las cargas contaminantes generadas y la representatividad con respecto a la CARG.
  - Actividades mineras o extractivas: Tipos de explotaciones mineras, minerales extraídos, superficie explotada y en explotación, volumen de reserva de los yacimientos existentes, producción, sistema de explotación, infraestructura, disposición de desechos/vertidos (fuentes fijas de contaminación) y problemas ambientales asociados, programas de recuperación ambiental de las áreas afectadas, así como la población asociada a estas actividades y la representatividad económica con respecto a la CARG.
  - Actividades del sector terciario: Principales actividades turísticas y recreacionales. El análisis incluye la distribución geográfica, la valoración de

dichos servicios, condiciones de accesibilidad, la población dedicada a estos servicios, los problemas ambientales asociados, así como los consumos de recursos naturales asociados (con énfasis en los recursos hídricos), el uso de la biodiversidad, y los espacios con potencialidad turístico-recreativo en la CARG.

e. Caracterización funcional de la cuenca

Identificación del Sistema Actual de Asentamientos Urbanos, de acuerdo a los Planes de Ordenamiento de los 3 estados que conforman la CARG (Aragua, Carabobo y Guárico).

Describir el nivel jerárquico de los asentamientos urbanos, las relaciones urbano-rurales y urbano-regionales, con el fin de identificar las unidades de funcionamiento espacial, así como la articulación y movilización de la población.

En la gestión ambiental urbana se analizará la demanda de los servicios ecosistémicos con respecto a la oferta de los recursos naturales e identificación de los problemas ambientales urbanos y sus efectos en la cuenca.

f. Análisis del estado de conservación de las ABRAE y Zonas Protectoras de Aguas existentes en la CARG. Principales causas y consecuencias asociadas a su estado actual de conservación.

A los efectos del objetivo ulterior del proyecto, es vital indicar la situación actual de las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) de la CARG y Zonas Protectoras de Aguas establecidas en la Ley de Aguas: La localización, naturaleza y magnitud de la intervención antrópica; la incompatibilidad frente a cada categoría legal y la efectividad de dichas figuras. Se evaluará la existencia de propuestas de modificación de las ABRAE actuales, o la protección de otros espacios, así como la pertinencia de proponer otras ABRAE afines a los objetivos de conservación de la cuenca.

Se describirá la condición de las ABRAE y zonas protectoras de aguas, su estado jurídico, los conflictos de uso, las afectaciones y tipos de intervención por las actividades antrópicas y las consecuencias derivadas de las mismas. Parte de esta evaluación tendrá como insumo el mapa actualizado de cobertura vegetal y uso de la tierra a ser generado por el Proyecto, así como los resultados derivados del enfoque de ecología de paisajes, a través de la escogencia de algunos indicadores de métrica de paisaje, que provean información adecuada sobre las relaciones espaciales en el paisaje dentro de cada ABRAE y Zona Protectora de Aguas.

#### g. Identificación de amenazas socio-naturales

Con base a lo previsto en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-naturales y Tecnológicos (Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009), los resultados generados por la caracterización ambiental, los escenarios de uso de la tierra derivados de la aplicación del Modelo SWAT y el diagnóstico ambiental de la CARG, se deben evaluar las amenazas o peligros presentes, el análisis de la vulnerabilidad y de los riesgos de origen socio-natural, su comportamiento espacio-temporal, la afectación de la estructura físico-biótica, y socioeconómica. Este análisis conlleva examinar las consecuencias por el uso de la tierra y los posibles efectos del cambio climático o a otros fenómenos naturales (movimientos en masa, sismos, etc).

Esta información será insumo para la propuesta de zonificación asociada al Plan de Ordenación del Territorio de la CARG y para los Programas de Gestión.

#### **4.9.3. Productos Esperados**

- a. Incorporación de la información recopilada y generada en la caracterización socioeconómica y cultural, a la Base de Datos Documental generada para el Proyecto.
- b. Informe preliminar contentivo de los resultados generados por la aplicación de instrumentos para recolección de información en el terreno, por el reconocimiento de campo y el avance de la identificación de Actores Clave.
- c. Informe contentivo de los resultados de la caracterización y diagnóstico del ámbito socioeconómico y cultural, el cual deberá concluir con la elaboración de una matriz de problemas, causas, efectos, soluciones y la identificación de los agentes de cambio (población local y apoyo catalizador de las instituciones), con un enfoque territorial que retroalimenta otros componentes y contribuya en las siguientes fases del proyecto.

#### **4.10. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (SPA)**

Un sistema de agricultura sostenible debe estar basado en normas de producción específicas y paquetes tecnológicos, cuyo propósito sea implantar agroecosistemas óptimos que sean económicamente rentables, socialmente participativos y ecológicamente equilibrados.

La necesidad de caracterizar los sistemas de producción en un territorio como la CARG, atiende a la gran diversidad de condiciones biofísicas y socioeconómicas. La caracterización es fundamental para diseñar estrategias acordes con las condiciones de la cuenca, tanto en lo social, como en lo ambiental.

Si bien la caracterización de los SPA es parte de la caracterización socioeconómica, en virtud de la importancia que el uso agropecuario tiene en la CARG, siendo una de las actividades económicas más extendida y generadora de impactos ambientales, se hace necesario darle una atención especial a los SPA en el perfil de Proyecto, a los fines de su caracterización y evaluación.

##### **4.10.1. Objetivos**

###### **a. Objetivo General**

Identificar, caracterizar y evaluar los sistemas de producción agropecuarios (SPA) predominantes en la CARG, para analizar sus tipologías, desempeño socio-económico y sus efectos sobre el ambiente. Este análisis tiene el propósito de formular estrategias y acciones de intervención para su mejoramiento, replicación de aquellos SPA mejor adaptados a la cuenca, tanto en lo ambiental como en lo socio-económico y productivo, o para su erradicación en el mediano a largo plazo, en caso de ser SPA insostenibles.

###### **b. Objetivos específicos**

- Realizar una caracterización de los SPA a partir de recopilación de información secundaria y a nivel de campo, que permita identificar y caracterizar los sistemas productivos representativos para cada una de las subcuencas.
- Complementar la información en materia del uso agrícola de las tierras, recopilada y analizada en la caracterización socioeconómica de la CARG.
- Con base a la información levantada, identificar los principales factores limitantes para el desarrollo de los SPA y señalar las oportunidades de mejora.
- Identificar, describir y evaluar en términos socioeconómicos, productivos y ambientales, las tecnologías agrícolas existentes en la cuenca en materia de producción agropecuaria, a nivel de las subcuencas, diferenciando los SPA que pudieran ser considerados sustentables, de los no aptos para el contexto de la CARG.



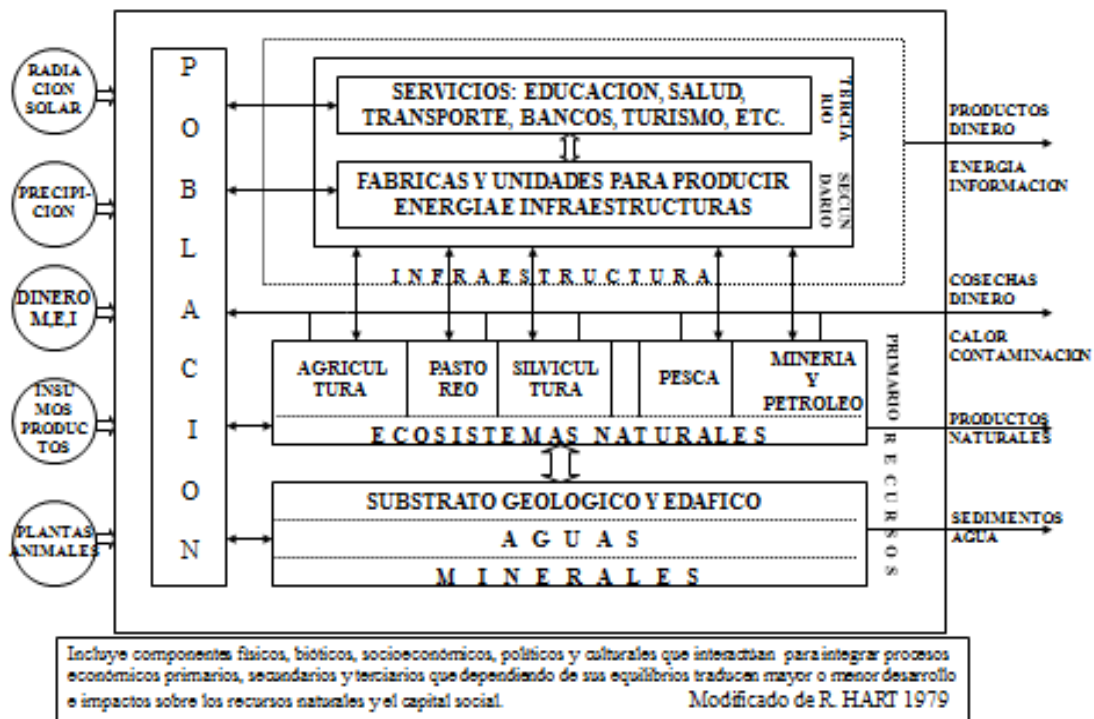
- Generar información básica que sirva de insumo para la formulación y diseño de: (i) el Modelo de Agricultura Sustentable en ambientes montañosos, (ii) los Programas de gestión, relacionados con Extensión Agrícola y Transferencia de Tecnologías Agrícolas, que permita mejorar integralmente los SPA. (iii) las acciones de Conservación de Suelos y Educación Ambiental a ser implementados en la CARG.

#### 4.10.2. Metodología para la Caracterización de los Sistemas de Producción Agrícola (SPA) de la CARG

##### 4.10.2.1. Alcances

Para la fase de identificación y caracterización, metodológicamente, es necesario que se trabajen los SPA (**nivel de estudio**), analizándolos dentro de su contexto (la microrregión o **nivel superior**) y estudiar sus subsistemas componentes (**nivel inferior**). Por ello, la CARG debe ser conceptualizada como una microrregión, a los fines de analizar los SPA en su contexto, del cual constituirán un subsistema (Figura 4.35). A su vez, sus componentes: el subsistema técnico y el socioeconómico, constituyen el **nivel inferior** de los SPA, con lo que se completan los tres niveles mínimos, requeridos para el análisis de los sistemas de producción.

Figura 4.35. La Región como Sistema

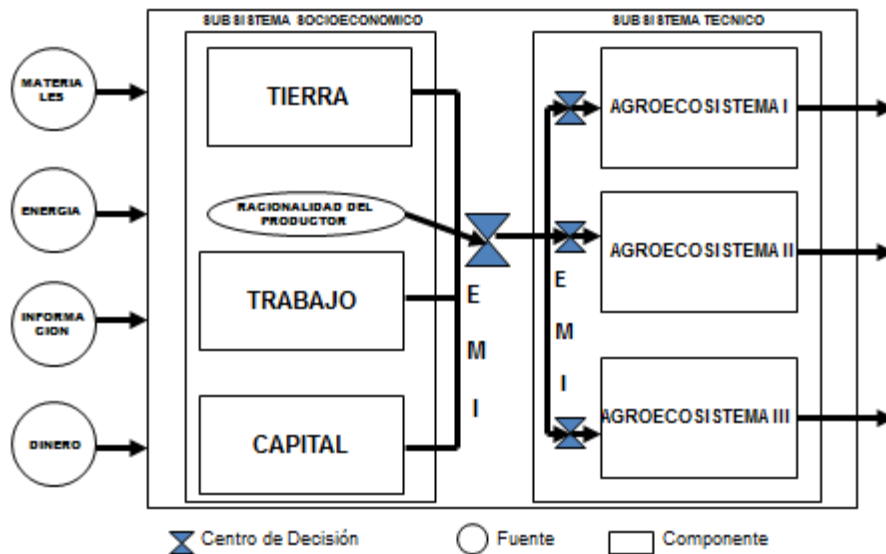


Los alcances para el tema “Formulación de un Programa de Extensión Agrícola para la CARG”, están relacionados, en primer lugar, con la tipología dada en la caracterización de los SPA (fase anterior). Dicha clasificación tiene como primera categoría de diferenciación, la racionalidad productiva de los productores, siguiendo la metodología de Arias et al (1988). De allí podrán diferenciarse las acciones que se realicen para los diferentes tipos de productores, según su racionalidad productiva (campesina, mercantil o empresarial). Así, cada tipología de productor requiere estrategias de acción socioeconómica y técnica diferenciadas, que deberán considerarse en cada programa específico, que además, tiene un componente ambiental muy importante, por el papel que juega este aspecto en la CARG.

#### 4.10.2.2. Marco teórico

El estudio de los SPA en la visión de sistemas, implica metodológicamente, al menos tres niveles de análisis (Hart,1985): el del estudio (SPA); el de su contexto próximo, o nivel superior (la Microrregión, en este caso la CARG) y un nivel inferior, más detallado, compuesto por los subsistemas de los SPA (Arias et al, 1988): el socioeconómico (el productor y su racionalidad productiva), su familia, cuando ésta forma parte del SPA, la tierra, el capital y el trabajo), y el subsistema técnico, constituido por los agroecosistemas y los planes de manejo de cada uno. (Figura 4.36).

**Figura 4.36. Representación de un Sistema de Producción Agrícola (SPA)**



El proceso de estudio de los SPA requiere de tres fases: la identificación, la caracterización y la síntesis.

a. La identificación

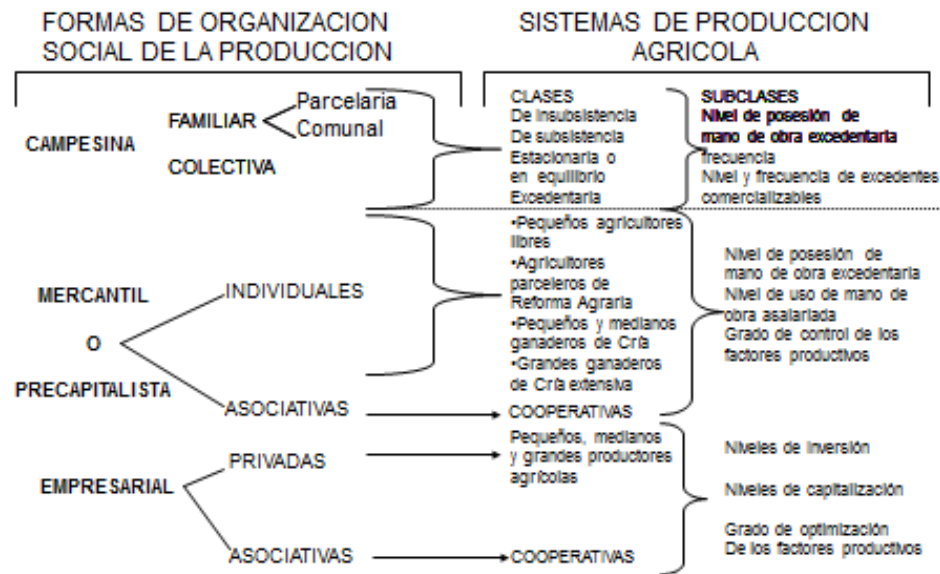
Se realizará a nivel de subcuenca, a partir de la información socioeconómica y técnica existente en los antecedentes, en este caso de la CARG (la microrregión), al menos a título de hipótesis, a ser comprobada. Para esta fase se deberá seleccionar, a partir de la información, una muestra estratificada que permita, con una entrevista abierta, y siguiendo unas pautas marcadas por los aspectos teóricos de los tres niveles de análisis, identificar los SPA y sus subsistemas y describir preliminarmente el contexto micro regional, para las posteriores caracterizaciones. (Figura 4.37). A este respecto, los encuestadores deberán recibir un entrenamiento mediante un curso corto.

A título de propuesta, los “estratos”, a ser coordinados con la parte socioeconómica del proyecto, podrían estar constituidos, en primer lugar, por las nueve subcuencas. En segundo orden, por el uso dominante, y en tercero, por la geomorfología (Unidades de tierra), los cuales contribuirían a darle una adecuada significación adicional a la muestra de los SPA.

Con esta información se procederá a realizar la tipología de SPA. Cada tipo es nombrado por la racionalidad productiva y por las salidas del SPA (productos). Así mismo, se requiere ubicarlos en su contexto, e identificar sus subsistemas. De los SPA resultantes se seleccionará una sub muestra de los que se consideren más representativos de su tipo. Adicionalmente, si surgen algunos SPA, que sean poco frecuentes o únicos, pero con buenas condiciones de sostenibilidad integral, también se caracterizarían, para su posible difusión durante la fase siguiente.

El objeto de la selección de una muestra de los predios asociados a los principales usos agropecuarios identificables en la CARG, es realizar una caracterización, que integre componentes geográficos (ubicación del predio, extensión, condiciones ambientales, etc.), productivos (sistema productivo, procesos productivos), socioculturales (nivel social de desarrollo, calidad de vida, aspectos culturales, tipo de mano de obra, uso y relación con los recursos naturales de la CARG, o su predio), ecológicos (prácticas de producción sostenible), ambientales (prácticas de conservación de suelos y aguas, uso de biocidas, etc.), económicos (rendimientos, mercado y comercialización de los productos obtenidos en los sistemas productivos, relación costo-beneficio, costo de procesos productivos y cadenas agroalimentarias de los principales productos identificados), así como evaluar la productividad de los SPA identificados en la CARG.

**Figura 4.37. Criterios Base para la Identificación y Caracterización de los Sistemas de Producción Agrícola**



b. La caracterización

Las unidades de producción seleccionadas se caracterizarán siguiendo una pauta similar a la de identificación, pero abundando en detalles significativos de los componentes y sus interrelaciones, y estableciendo las relaciones con su contexto próximo y lejano. Para este levantamiento de información, se diseñarán y aplicarán instrumentos de captura de información (encuestas, cuestionarios, entrevistas semi-estructuradas). Esta información permitirá identificar relaciones, (algunas nuevas o faltantes), con estos contextos que deberán ser recogidos en esta segunda fase del estudio de los SPA. Se procederá a diagramar los SPA y sus componentes, así como, también la Microrregión.

Los predios o unidades de producción seleccionadas para el levantamiento de información, deberán ser georeferenciadas a los fines de cotejar su localización con los mapas de geomorfología o unidades de tierra (UT), para conocer las condiciones biofísicas del entorno del SPA y determinar si su uso está conforme con la aptitud agrícola de las tierras (conflictos de uso), y explicar el desempeño agrícola y ambiental de los SPA.

A manera de ilustración, se indican algunas variables que deben ser consideradas en el proceso de levantamiento de información o de análisis de la caracterización, de acuerdo a las tipologías de SPA identificadas (agrícolas, pecuarias, mixtas, otras):

- i. Aspectos geográficos:
  - Localización geográfica y contexto ambiental (altitud, clima, topografía, suelos).
  
- ii. Aspectos socio-económicos:
  - Tipología del SPA: agrícola, pecuario, mixto.
  - Tamaño (ha).
  - Nivel de Educación (productor, familia).
  - Producción agrícola familiar.
  - Mano de obra: familiar y contratada y empleada en el predio y fuera.
  - Composición del ingreso familiar.
  - Organización social para la producción.
  
- iii. Aspectos tecnológicos y productivos:
  - Tipo de cultivos o de uso pecuario.
  - Prácticas de conservación del suelo.
  - Rotación de cultivos.
  - Fuentes de agua para consumo y riego.
  - Tipo de Insumos: fuente de suministro, precios, distribución, calidad, cantidad, oportunidades de acceso.
  - Rendimiento de los cultivos.
  - Cosecha: producción (kg o Ton), precios, canales de comercialización.
  - Pérdidas en la producción agrícola.
  - Plagas y enfermedades: de ocurrencia frecuente en los cultivos, en los animales; formas de control; impactos en la producción.
  - Malezas: tipos, frecuencia de aparición, control.
  - Destino de la producción agrícola.
  - Disponibilidad de crédito: fuentes, características del crédito, actividades financiadas, etc.
  - Asistencia técnica.
  - Nivel de desarrollo tecnológico.
  - Maquinaria y equipos.
  - Capitalización de la finca: ingresos brutos/unidad de área/unidad de tiempo.
  - Identificación de impactos al ambiente.
  - Fuentes de información a disposición del productor.
  - Tipo y grado de articulación con los mercados de productos.
  - Capacidad de gestión: metas y habilidades de los productores.

En función de la disponibilidad de la información de naturaleza económica, recopilada de fuentes secundarias, y/o levantada en campo, se estimarán algunos indicadores económicos, que permiten evaluar los Sistemas de Producción Agrícola y entender mejor el sentido y racionalidad económica que mueve a los diferentes productores. Estos indicadores permitirán identificar los SPA económicamente exitosos.

Como indicadores económicos a estimar, se proponen el Producto Bruto (PB), el Valor Agregado Neto (VAN) y el Ingreso Familiar Total (IT).

#### c. La síntesis

A esta síntesis debe contribuir todo el equipo. A partir de la información suministrada por las dos fases anteriores y los datos de los otros componentes de la caracterización, se diagnosticarán los posibles efectos sobre la situación actual y potencial de los SPA de la CARG, y se darán las recomendaciones pertinentes para la fase siguiente (acciones que desde el punto de vista ambiental, será necesario tomar para mejorarlos o sustituirlos). En esta fase, también se deben proponer los SPA potenciales, así como las estrategias agroecológicas y socioeconómicas generales que deben seguirse en los programas de intervención, para mejorar la sostenibilidad de los SPA actuales mejorables, y para la recuperación de los efectos negativos, hasta ahora ocasionados.

#### **4.10.2.3. Resultados**

Durante el proceso de identificación se obtendrá, básicamente, la tipología de los SPA de la CARG y sus límites; así como la base muestral para la selección de los SPA a caracterizar, y la información preliminar atinente a la microrregión.

Durante la fase de caracterización, siguiendo los conceptos de los SPA, se obtendrán para cada una de las tipologías resultantes, los detalles necesarios para establecer sus entradas de materiales (M), energía (E), información (I) y por sus características diferenciales, el dinero (D). Estas entradas al sistema y cuantificadas, están dirigidas a sus componentes internos, y se identificarán estas direcciones, según sean los casos. Se discriminarán las que están dirigidas al subsistema socioeconómico, de aquellas que, a través de los planes de manejo, están dirigidas a cada agroecosistema, generalmente constituidos por insumos materiales y de energía.

En cuanto a los componentes internos, se caracterizan:

- El subsistema socioeconómico: formado por el productor y su familia, cuando ésta es parte del proceso productivo; la disponibilidad de mano de obra familiar o asalariada, a la vivienda cuando es parte del predio, a las instalaciones agrícolas, los linderos, las cercas, el equipamiento y demás detalles de carácter físico y de inversión. Se evalúan los aspectos sociales visibles y los no visibles, como salud, tenencia, créditos, endeudamiento.
- El subsistema técnico: formado por los agroecosistemas y sus planes de manejo, delimitando y nombrando a los primeros y registrando a los segundos. En este sentido, además de indagar sobre los insumos utilizados y su cantidad, su forma de aplicación y sus efectos positivos y negativos, es necesario evaluar cualitativamente, los efectos que tienen sobre los componentes de los agroecosistemas como son; los suelos; el subsistema plagas y enfermedades; el subsistema de plantas cultivadas o

pastos naturales, el subsistema animal y el subsistema de malezas y otras adventicias.

- También se evaluarán y cuantificarán las salidas desde los agroecosistemas que generalmente, son productos agrícolas, pero que también pueden ser otras materias (por ejemplo: suelo por erosión, aguas por escurrimiento) y las salidas desde otros componentes del SPA, como mano de obra; servicios agrícolas a terceros y otros.

El conjunto de información procedente de estos aspectos de la caracterización, son los que permiten hacer la síntesis que consiste en realizar los balances cuali-cuantitativos, como son: el social; el económico; el agroecológico general y el cualitativo de la salud del suelo, del balance de plagas y enfermedades y su influencia sobre la salud de los cultivos y animales, las malezas y adventicias, y finalmente, la de todos ellos sobre la salud de los agroecosistemas. Estos balances que constituyen la síntesis, dan la posibilidad de evaluar los SPA, y orientar las estrategias de acción para su mejoramiento general y particular, o para su sustitución por otros probadamente sostenibles.

Esta información, en conjunto con la socioeconómica general, servirá para establecer los vínculos de los SPA con su entorno microrregional. Estos vínculos, o su inexistencia, se materializan a través de las entradas y salidas al SPA, y pueden ser de carácter comercial, financieros, de servicios y en especial de mercado, tanto de productos, como de insumos. Estas relaciones dependen, en buena parte, del grado de desarrollo de la microrregión, que se manifiesta en un equilibrio de los tres sectores de la economía y de los recursos naturales de soporte. También serán evaluadas, la institucionalidad y las normativas nacionales, regionales y locales, y su concreción en el desenvolvimiento de los SPA, los cuales son parte muy importante del ámbito microrregional. Al final, el balance cualitativo de este ámbito se genera, para completar los resultados. Evidentemente la información socioeconómica es indispensable para poder realizar todos los balances que forman parte de esta síntesis.

#### **4.10.3. Productos Esperados**

- a. Informe contentivo de la caracterización integral (social, económica y ambiental) de los Sistemas Producción Agrícola existentes en la CARG.
- b. Identificación de factores clave para la formulación del Modelo de Agricultura Sustentable en Ambientes Montañosos, el Plan de Ordenación y los Programas de Extensión y Educación Ambiental.

#### **4.11. CONFLICTOS DE USO DE LA TIERRA**

Dada la importancia que tiene el manejo del recurso tierra, y ante la necesidad de optimizar el uso de los recursos de CARG, lograr su intervención sostenida, su recuperación y conservación; resulta fundamental, el análisis de los Conflictos de Uso de la Tierra, como base de información para orientar la toma de decisiones, en términos de identificar los usos no conformes con las aptitudes de las tierras y proponer las mejoras, controles o simplemente erradicar esos usos.

Identificar los conflictos permite delimitar áreas donde debe propiciarse el cambio de uso o establecer esquemas apropiados de manejo, para contrarrestar la pérdida de los suelos por erosión, la degradación de la vegetación y la biodiversidad y la afectación de hábitats de vida silvestre, etc. Por lo tanto, solucionar el conflicto, exige generalmente, que se cambie el uso actual, por otro que se ajuste a la vocación de uso de las tierras y a la oferta productiva de los suelos.

Los conflictos de uso de la tierra se presentan cuando las tierras son utilizadas inadecuadamente, no solo por sobreutilización, sino también por subutilización, o no uso de su potencial. A los fines del Plan de Ordenación de la CARG, como instrumento de planificación ambiental, es determinante definir y delimitar los conflictos de uso de la tierra.

##### **4.11.1. Objetivos**

###### **a. Objetivo General**

Identificar el estado actual de los conflictos de uso de la tierra en la Cuenca Alta del Río Guárico y evaluar los efectos que trae el uso no conforme, sobre los ecosistemas, los recursos naturales, los servicios ambientales de la cuenca y las actividades económicas de la población.

###### **b. Objetivos Específicos**

- Identificar y comparar los usos actuales, con relación a las aptitudes de las tierras.
- Cuantificar la extensión, magnitud y la tendencia espacio-temporal, de los conflictos de uso de tierras de la CARG, a partir de los mapas de Cobertura y Uso de la Tierra 2003 y para el momento de realización del Proyecto.
- Identificar y evaluar los conflictos de usos en las áreas protegidas.
- Caracterizar y clasificar los principales conflictos de uso, y expresar, cartográficamente, su distribución y extensión.
- Generar información para la delimitación de Áreas de Criticidad Ambiental en la CARG.
- Describir la problemática ambiental a partir de la información obtenida y emitir posibles recomendaciones de solución de los conflictos identificados.



- Generar información básica para la formulación del POT y los Programas de Gestión.

#### **4.11.2. Marco Metodológico**

La identificación y evaluación de los conflictos actuales de uso de la tierra se hará a partir de los resultados derivados de la caracterización y diagnóstico de la cuenca, considerando la información de los aspectos físico-naturales y bióticos (cobertura vegetal, geomorfología, topografía, suelos, relieve, clima y zonas de vida, etc) y socioeconómicos (Sistemas de Producción Agrícola, Actividades Económicas, ABRAES, entre otras variables). Para tal fin, la información a utilizar incluye, entre otras:

- Informes y mapas a escalas 1:100.000, sobre cobertura vegetal y uso actual de las tierras del año 2003 (UCV, 2004) y el que se genere en el proyecto.
- Uso de la información de suelos generada por la UCV (2004) y otras instituciones.
- Mapa de Unidades de Tierra generado por la UCV (2004) y el actualizado por el Proyecto.
- Mapa de ABRAE existentes en la CARG.
- Informe de la identificación y caracterización de los SPA generado por el Proyecto.
- Decretos y Reglamentos de ABRAE vigentes.
- Caracterización socioeconómica.

Desde un punto de vista ecológico se hará especial énfasis en el análisis de los efectos de los conflictos de uso con relación a los siguientes aspectos:

- Conservación de la vegetación natural existente, relictos de bosques, y afectación de los bosques de galería de los ríos principales y los de la red de drenaje de las subcuencas y de ecosistemas de interés ambiental.
- Mantenimiento de la conectividad ecológica y por consiguiente la funcionalidad.
- Efectos sobre los hábitats de vida silvestre.

##### **4.11.2.1. Caracterización de los conflictos**

Debe incluir, entre otros, los siguientes aspectos:

- Identificación y definición del conflicto: causas del conflicto, uso de la tierra que lo genera, y efectos del conflicto en el medio natural (agua, fauna, flora, biodiversidad y suelos), actores sociales involucrados (productores, usuarios del agua, comunidad, invasores, etc.).
- Contexto geográfico del conflicto: localización, unidades de tierra donde se presenta, ecosistemas afectados.
- Contexto social del conflicto: aspectos comunitarios y poblacionales que intervienen en el conflicto, sus relaciones y acciones, tendencia del uso de la tierra (espacial, nuevos usos en expansión, movimientos migratorios a la cuenca, etc.)

- Evaluar las zonas que pueden continuar con usos y manejos similares, donde se identifiquen usos conformes.

#### **4.11.2.2. Clasificación de los conflictos**

Para la clasificación y caracterización de los conflictos se sugiere utilizar los criterios aplicados en el Estudio Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní (EDELCA, 2004), donde los conflictos se clasifican de acuerdo a las siguientes tipologías:

- a. Según la dimensión en la que se expresan:
  - Social: ocurren cuando individuos y/o grupos se confrontan activamente, debido a diferentes intereses e ideologías.
  - Legal: derivados de la aplicación simultánea de leyes, normas y regulaciones, que son incompatibles, en términos substantivos o de procedimientos.
  - Cultural: surgen de incompatibilidades o antagonismos entre los valores propios de cada cultura.
  - Política: asociados a los intereses de poder entre miembros de la sociedad, a diferentes niveles.
  - Ambiental: aparecen cuando el interés por el mantenimiento y/o mejoramiento de la calidad de vida y del entorno, se enfrenta al interés por la explotación de los recursos que afecta tanto a las generaciones actuales, como a las futuras.
  
- b. Según la fuente que los genera:
  - Conflictos funcionales: asociados a la existencia de usos múltiples que compiten por el espacio.
  - Conflictos generacionales: aquellos que surgen por la confrontación de preferencias y prioridades del presente contra el futuro.
  - Conflictos de intensidad: vinculados a la existencia de tasas diferenciales de uso, que determinan una sobreutilización o subutilización del recurso.

Adicionalmente, los conflictos pueden dividirse en actuales y potenciales, dependiendo si se consideran existentes, o si pudieran presentarse en un futuro previsible, ocasionados por nuevas tendencias en el uso de la tierra, procesos migratorios que incidan en un aumento de la población en la cuenca y la consiguiente demanda de recursos naturales, ocurrencia de asentamientos urbanos espontáneos, cambios en la normativa ambiental, etc.

Los mapas resultantes de la síntesis de evaluación de conflictos a nivel de subcuencas, además de cartografiar y delimitar dichas áreas, contendrán en su leyenda, los atributos que permitan establecer la causa y el grado del conflicto. En términos cartográficos, puede presentarse unidades con un solo tipo de conflicto dominante, o por el contrario, unidades afectadas por más de un tipo de conflicto, lo cual pudiera indicar una complejidad espacial, en términos de usos y una mayor criticidad ambiental.

#### **4.11.2.3. Priorización de problemas y conflictos**

En función de las características de los conflictos y sus impactos, se hará una priorización a los fines de analizar las medidas a emprender para su control y mitigación. Para cada conflicto, se propondrán las medidas a implementar, reflejadas en términos de corto, mediano y largo plazo, como insumo de información para la formulación de los Programas de Gestión, en particular, para el Programa de Vigilancia y Monitoreo, a través del cual se hará seguimiento a los conflictos presentes en la CRAG.

#### **4.11.3. Productos Esperados**

- a. Informe contentivo de la identificación, caracterización y evaluación de los conflictos de uso de la tierra. Recomendaciones para su control y mitigación.
- b. Mapa a escala 1:100.000 donde se mapeen los conflictos a nivel de subcuencas. El mapa base para reflejar los conflictos, puede ser el mapa de cobertura y uso de la tierra.

## **5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CARG**

El diagnóstico ambiental es una síntesis integral dirigida a determinar la condición ambiental actual de la cuenca y las subcuencas del río Guárico. En el diagnóstico se debe interpretar cómo funciona la cuenca actualmente, considerando los aspectos físico-naturales, ecológicos y socioeconómicos. Esto permitirá conocer cuáles son los principales problemas y conflictos por el uso de los recursos naturales, sus restricciones, oportunidades, potencialidades y la vocación de la cuenca. Igualmente, se identificarán las tendencias espacio-temporales de las intervenciones humanas y su magnitud, así como las áreas críticas que merecen atención en la gestión. El diagnóstico se expresará mayormente a través de indicadores que se propondrán en el estudio.

### **5.1. OBJETIVOS**

#### **a. Objetivo General**

Identificar y sintetizar integralmente la situación ambiental actual de la CARG, a nivel de subcuencas y de la cuenca, como unidad.

#### **b. Objetivos Específicos**

- Evaluar el estado de la cuenca alta con base en sus características, cualidades y servicios ambientales, caracterizados en las Secciones respectivas de este Perfil del Proyecto.
- Determinar cuál es la vocación fundamental de la cuenca y sus subcuencas, con base en sus aptitudes y limitaciones.
- Identificar las áreas de criticidad ambiental.
- Identificar y evaluar las alternativas de solución a la problemática ambiental existente.
- Determinar las tendencias y proyecciones de los problemas (Escenario tendencial).
- Identificar las estrategias para superar las restricciones, conflictos y problemas de las cuencas y subcuencas (Escenario deseable).
- Proveer información que contribuya con la propuesta de Plan de Ordenación y Reglamento de Uso, y los Programas de Gestión.

### **5.2. MARCO METODOLÓGICO**

El diagnóstico ambiental de la CARG se hará con base en la información primaria y secundaria utilizada en la caracterización ambiental, tal como se describió en los acápite anteriores, así como en la información resultante del reconocimiento de campo.

### **5.2.1. Análisis de la Situación Ambiental Actual**

Teniendo como insumo los resultados de la caracterización de la cuenca, se realizará un análisis de la situación ambiental actual, que se expresará a través de un conjunto de indicadores (p.e. tasa de deforestación) para cada componente, que sinteticen la realidad actual de la CARG.

El análisis incluirá, entre otros, los resultados con relación a los siguientes aspectos de la caracterización:

- Físico-naturales (abióticos): clima, hidrología, morfometría, geología, geomorfología y morfodinámica y suelos.
- Bióticos y ecológicos: cobertura vegetal y uso de la tierra, fauna silvestre e ictiofauna.
- Socioeconómicos y culturales.
- Sistemas de producción agrícola.
- Marco jurídico ambiental.
- Condición actual de las ABRAE existentes.
- Conflictos de uso de la tierra.
- Degradación ambiental.

Como una forma de orientar el análisis del diagnóstico de los componentes indicados, se sugieren los aspectos que se indican a continuación.

### **5.2.2. Análisis de Potencialidades**

Analizar los recursos humanos, naturales, sociales, económicos, de infraestructura e institucionales con los que cuenta la cuenca, como base para su gestión, ya sean estos utilizados, o no. Estas potencialidades son las condiciones inherentes de la cuenca, que con una planificación y manejo apropiado, se convierten en opciones favorables al mantenimiento de la funcionalidad de la cuenca y el desarrollo sostenible de la misma.

A los fines del desarrollo del diagnóstico, se indican algunas de las potencialidades a considerar, en cada uno de los componentes:

- La oferta hídrica superficial y subterránea, tomando como base la caracterización hidrológica de la cuenca y su potencial para soportar usos múltiples, diferentes a los identificados en la cuenca (agua para acueductos, riego, acuicultura, entre otras).
- Aptitudes de los suelos para fines agrícolas, en general (cultivos, forestaría, agroforestería, uso pecuario).
- Servicios Ambientales: (i) Bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas naturales de la cuenca: alimentos, fibras, maderas, leña, agua. (ii) Servicios de soporte, como la biodiversidad y el ciclo hidrológico. (iii) Servicios de regulación del régimen hídrico, la regulación del clima, el control de la erosión, la conservación de hábitat de las especies, entre otros, (iv) Servicios culturales, como recreación y

ecoturismo, los valores y el conocimiento tradicional, las prácticas amigables con el medio ambiente, utilizadas por los habitantes de la cuenca.

- Coberturas naturales, tanto terrestres como acuáticas, ecosistemas estratégicos.
- Capacidad de resiliencia de los ecosistemas de la cuenca para enfrentar situaciones de amenazas, naturales y antrópicas.

### **5.2.3. Análisis de Limitantes y Condicionamientos**

Analizar las limitantes y condicionamientos para el manejo de los ecosistemas en la cuenca y sus recursos. Esto incluye las restricciones biofísicas, además de las limitaciones de índole social, institucional y legal, que existen para la ocupación del territorio y el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de la CARG.

Se proponen, analizar, entre otras, las siguientes limitantes y restricciones en la CARG:

- Áreas con déficit y mala calidad del recurso hídrico, que afectan el abastecimiento de agua a poblaciones y que limitan el desarrollo de actividades productivas en la CARG.
- Áreas con limitaciones en las aptitudes de los suelos.
- Áreas afectadas por amenazas y riesgos que pueden condicionar o restringir el uso y aprovechamiento del territorio y sus recursos naturales.

### **5.2.4. Degradación Ambiental**

La evaluación del estado de degradación ambiental de la CARG se hará a partir de dos fuentes básicas de información:

- Reconocimiento de campo de cada subcuenca.
- Información secundaria, y primaria levantada durante la ejecución del Proyecto.

Se describirán los principales indicadores de degradación ambiental, considerando entre otros aspectos:

- Deterioro de la cobertura vegetal y degradación del suelo.
- Calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- Degradación del paisaje natural.
- Intervención y degradación de las ABRAE.

Los principales problemas de degradación ambiental deben ser priorizados y referenciados espacialmente, a nivel de subcuencas.

Los problemas identificados serán analizados en talleres con los actores clave, a los fines de generar una matriz donde se concienticen y prioricen los problemas.

### 5.2.5. Diagnóstico Funcional de la CARG

Consiste en identificar y describir las relaciones funcionales en el interior de la CARG, entre los habitantes, y las formas que buscan satisfacer sus necesidades de bienes y servicios, y entre la CARG, y su entorno de influencia (p.e. la movilidad de la gente entre diferentes sitios de la cuenca, o entre centros o áreas pobladas de la cuenca y centros poblados de clase superior proveedores de servicios situados dentro o fuera de la CARG). Las zonas funcionales de la cuenca permiten analizar de manera sistémica, los procesos presentes y previsibles en los subsistemas existentes.

Para realizar el diagnóstico y análisis funcional, se tendrán en cuenta los siguientes subsistemas y su función en el territorio:

- Subsistema productivo: producción de bienes de consumo y sustento para la población, y los elementos para su comercialización distribución.
- Subsistema de servicios.
- Subsistema ambiental.
- Subsistema cultural.

La síntesis de caracterización funcional de la CARG, incluirá entre otros aspectos, la jerarquización de los asentamientos urbanos, la identificación de las relaciones urbano-rurales y urbano-regionales, y la capacidad de soporte ambiental (base de recursos naturales) de la cuenca. Esta síntesis tiene como meta identificar las unidades de funcionamiento espacial, la articulación y movilidad de la población, en función de satisfacer sus necesidades (bienes y servicios), y definir lineamientos que contribuyan con la planificación y ordenamiento del territorio y la satisfacción de las necesidades de la población.

La caracterización funcional actual determinará la relación existente entre los componentes de oferta y demanda de recursos en la CARG, y estimará esta relación a futuro (Escenario prospectivo), y las dinámicas de los subsistemas que componen la cuenca, si se mantienen las tendencias actuales (Escenario tendencial). Esto permitirá visualizar los cambios que sería necesario implementar, de manera que las interacciones de éstos en el tiempo, respondan a una funcionalidad armonizable con los objetivos del desarrollo sustentable (ODS).

El análisis de la funcionalidad de la CARG, permitirá reconocer cuáles son las relaciones que ordenan el territorio, identificar las relaciones que actúan con mayor predominancia y evaluar si las tendencias de esas interrelaciones favorecen la funcionalidad de la cuenca, como sistema, o va en detrimento para la prestación de servicios en el tiempo, en particular la producción de agua.

En el análisis funcional de la cuenca se deben identificar las áreas:

- De interés para la conservación, preservación y aprovechamiento de los Recursos Naturales Renovables.

- Para la preservación y conservación por los servicios sociales actuales y previstos que funcionan apropiadamente (servicios públicos como el agua potable, alcantarillado, rellenos sanitarios, turístico-recreacionales, etc.).
- Para el desarrollo de actividades económicas que demandan un uso y manejo sostenible de los recursos naturales, de soporte para la producción.
- Que prestan servicios culturales con influencia para la gestión ambiental de la cuenca.

### **5.2.6. Identificación de Áreas de Criticidad Ambiental**

Identificar, caracterizar y priorizar áreas donde han ocurrido u ocurren alteraciones degradantes de los recursos, que afectan el uso sostenible de la CARG. Una vez identificados los problemas y conflictos principales, se ubicarán espacialmente para mostrar su criticidad (Subcuenca o unidad de tierra).

A manera de ejemplo, se mencionan algunos criterios para la identificación de áreas de criticidad ambiental:

- Áreas deforestadas, afectadas por quema y áreas en proceso de sabanización.
- Áreas de sobreutilización y subutilización del recurso tierra.
- Áreas con procesos erosivos moderados y severos (cárcavas, terracetos o pisadas de vaca, etc.).
- Áreas afectadas por movimientos gravitacionales (deslizamientos, avalanchas, etc.).
- Áreas de asentamientos humanos en zonas de amenaza natural.
- Cuerpos de agua de calidad deficiente (ríos, embalses, etc.).
- Áreas donde concurren varios tipos de conflictos de uso.
- Áreas afectadas por vertidos ilegales de aguas residuales y contaminación (fuentes fijas y difusas), y por desechos sólidos.
- Áreas degradadas por actividad minera, actual o pasada.

### **5.3. PRODUCTOS ESPERADOS**

- a. Informe integrado, contenido de todos los aspectos asociados al Diagnóstico o Síntesis Ambiental.
- b. Mapa a escala 1:100.000 de las Áreas de Criticidad Ambiental, donde se representen cartográficamente las áreas afectadas, las causas, consecuencias y la extensión de las mismas, así como otros atributos temáticos de interés.



## **6. ESCENARIOS Y PLANIFICACIÓN DEL USO DE LA TIERRA, APLICANDO EL MODELO SWAT**

A fin de minimizar y controlar los daños ambientales y lograr un desarrollo sostenible de la Cuenca Alta del Río Guárico, se hace necesario la evaluación y planificación sistemática e integral de los recursos de la cuenca. En este sentido, se plantea realizar un conjunto de evaluaciones, utilizando como insumo la información generada en la etapa de caracterización y diagnóstico ambiental, mediante el uso de modelos y el apoyo de una plataforma de sistema de información geográfica (SIG). Se propone un proceso de simulación de la producción de sedimentos en respuesta a cambios en los tipos de uso del suelo y de las condiciones climáticas, y un esquema de evaluación de tierras que considera dos elementos: (i) aspectos ambientales (cobertura vegetal, biodiversidad, producción de agua, balance morfodinámico) para la selección de áreas de preservación y rehabilitación, que contribuyan con la conservación y servicios ambientales de la cuenca, como fuente de producción de agua; (ii) generar las pautas para la evaluación de la aptitud de la tierra para usos agrícolas, pecuarios, mineros y turísticos, que permitan planificar el uso de las tierras de la cuenca, así como otras acciones que permitan mejorar el nivel de vida de los habitantes de la cuenca (Machado et al, 2009).

Finalmente, esta información constituye una materia prima fundamental para la conceptualización y formulación del Plan de Ordenación del Territorio, a ser propuesto para la CARG y para su manejo integrado.

Este capítulo está orientado a describir el marco procedimental para la aplicación del Modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para: (i) simular los cambios en el uso de la tierra (escenario actual y futuros), y evaluar sus efectos hidrológicos y en la producción de sedimentos, y de esta forma, contribuir en la planificación general del uso de la tierra en la CARG; y (ii) determinar y evaluar preliminarmente el efecto del Cambio Climático en los recursos hídricos y en la ocurrencia de procesos erosivos extraordinarios en la cuenca hidrográfica del río Guárico.

### **6.1. APLICACIÓN DEL MODELO SWAT EN LA CARG**

El Modelo SWAT fue desarrollado para cuantificar y predecir el impacto de los usos de la tierra sobre la producción y regulación del agua, la producción y transporte de sedimentos, la pérdida de nutrientes y el flujo de sustancias químicas (agroquímicos, biocidas, etc), producto de la actividad agrícola. Este modelo se aplica en cuencas con usos diversos, de gran extensión espacial, con diferentes clases de suelos, de condiciones topográficas (pendiente, desniveles, etc.), de usos de la tierra y condiciones de manejo, durante largos períodos, que le permite estudiar los impactos a largo plazo, tal como es el caso de la CARG. El SWAT es una herramienta cuyo principal objetivo es predecir el efecto de las decisiones en cuanto a manejo y aprovechamiento de los recursos naturales en una cuenca hidrográfica.

Por sus características, el Modelo SWAT fue escogido para la determinación de caudales y sedimentos en la CARG, y la simulación de escenarios de usos de la tierra, en una cuenca tradicionalmente explotada en una forma ineficiente (mayormente uso pecuario en áreas de fuerte pendiente, deforestaciones, quema, etc.), con alta presión por el uso de los recursos naturales, lo que ha provocado una sostenida degradación, especialmente de la cubierta vegetal, que se traduce en la erosión de los suelos, disminución de su fertilidad y el arrastre de sólidos hacia los cursos de agua siendo recibidos y almacenados finalmente, en el embalse Camatagua.

Este modelo está basado en principios físicos y sus ecuaciones necesitan ser alimentadas con información de la zona de estudio, tales como el clima, las propiedades físicas del suelo, la topografía, la cobertura vegetal y las prácticas de manejo; y su principal objetivo es predecir el efecto de las decisiones en cuanto al manejo y el aprovechamiento de los recursos naturales.

## **6.2. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo General**

Proponer las bases para: (i) la Simulación de Escenarios de Uso de la Tierra, a través de la aplicación del modelo "*Soil and Water Assessment Tool*" (SWAT), como instrumento de planificación y ordenamiento de la cuenca y (ii) la simulación de escenarios de cambio climático (con base en sus parámetros hidrometeorológicos) sobre la CARG, para los años 2030 y 2050 y sus consecuencias en la producción de agua y en la degradación de los recursos naturales, especialmente en la erosión de suelos.

### **b. Objetivos Específicos**

- Proponer los escenarios de uso de la tierra en la CARG, orientados hacia un cambio para una agricultura sustentable, en ambientes montañosos.
- Formular los escenarios de cambios climáticos para los años 2030 y 2050, de acuerdo a los modelos regionales (Venezuela) disponibles, propuestos por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC).
- Determinar la respuesta de la CARG a los escenarios de uso de la tierra derivados de la simulación con la aplicación del Modelo SWAT, que permitan evaluar la producción de sedimentos ante cambios de uso del suelo.
- Identificar las áreas más vulnerables al efecto del cambio de uso del suelo y el cambio climático, en la CARG.
- Implementar el modelo *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT), como contribución en la planificación del uso de la tierra y al ordenamiento territorial de la CARG.

### **6.3. METODOLOGÍA. EL MODELO SWAT Y LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE USO DE LA TIERRA Y CAMBIO CLIMÁTICO**

El Capítulo 4 de este documento (Perfil del Proyecto) incluye una descripción general del SWAT y procedimientos apropiados para su implementación no solo en la Caracterización Hidroclimática de dicho capítulo, sino también en la evaluación de los escenarios de uso de la tierra y cambios climáticos, concernientes a este Capítulo. En consecuencia, en esta sección solo se incluyen los aspectos metodológicos específicos de la evaluación de los escenarios de uso de la tierra y cambios climáticos.

#### **6.3.1. Aplicación del Modelo SWAT. Cambios Deseables de los Patrones de Uso de la Tierra en la CARG**

Una de las medidas para reducir, e incluso detener, la degradación de las tierras de la CARG, es promover un cambio en los patrones de uso del suelo, especialmente en el uso agrícola. Los resultados de la aplicación del Modelo SWAT en los ejercicios de simulación de uso de la tierra (rubros, suelos, prácticas de conservación de suelos, subcuencas) permitirán seleccionar las mejores combinaciones de opciones al evaluar la producción de sedimentos (menor erosión de suelos) de cada una de ellas. El Capítulo 11 de este documento incluye las bases para formular un nuevo Modelo de Agricultura Sustentable de Ambientes de Montaña, el cual se mejorará con los resultados de las simulaciones aquí planteadas.

Tomando en cuenta los planes de ordenamiento y el posible uso futuro que se le dará a la tierra en la Cuenca Alta del Río Guárico, se elaborarán escenarios futuros de cobertura y uso de la tierra, hasta el año considerado como horizonte de planificación.

Los resultados de las simulaciones permitirán priorizar aquellos sectores y/o microcuencas que requieran de la aplicación de prácticas de conservación específicas a los fines de reducir la erosión y, por lo tanto, la pérdida de suelo.

En la referencia que se incluye a continuación, se presenta una guía práctica del tipo de medidas y prácticas, tanto estructurales como no estructurales, recomendadas como prácticas conservacionistas, que permiten reducir la erosión y, por lo tanto, la pérdida de suelo. En esta referencia también se incluyen prácticas para proteger y estabilizar la red de drenajes.

- Waidler D., M. White, E. Steglich, S. Wang, J. Williams CA Jones and R. Srinivasan. 2009. *Conservation practice modeling. Guide for SWAT and APEX*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. USDA Agricultural Research Service. Temple, Texas, USA.

Una vez establecidos los escenarios correspondientes, es necesario aplicar el modelo SWAT, considerando las prácticas, a los fines de poder evaluar su bondad.

### **6.3.2. Aplicación del Modelo Considerando el Efecto del Cambio Climático**

#### **6.3.2.1. Definición de escenarios de Cambio Climático**

Para la definición de los escenarios de cambio climático que se van a considerar en el análisis, es conveniente revisar las referencias que se describen a continuación:

- ACFIMAN-SACC (2018). Donde se presenta el Primer Reporte Académico de Cambio Climático realizado con la colaboración de tres grupos de trabajo coordinados por la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC), de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela.
- SCNCC (2017). Que contiene la Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, elaborada por profesionales del Ministerio de Ecosocialismo y Agua, de Venezuela.
- CIGIR (2017). En esta referencia se identifica y analiza el riesgo climático y se definen las estrategias financieras para su mitigación, en el sector agua y saneamiento, en América Latina y el Caribe. Este estudio fue elaborado por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR), para el Banco Interamericano de Desarrollo.

Adicionalmente, es conveniente revisar la información disponible en los siguientes portales (páginas *WEB*):

- CGIAR-CCAFS (2014). Programa de Investigación del CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS). Este programa aborda el creciente desafío del calentamiento global y la disminución de la seguridad alimentaria en las prácticas, políticas y medidas agrícolas a través de alianzas estratégicas y de base mundial. Dirigido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el CCAFS representa una colaboración entre los 15 Centros de Investigación del CGIAR y se coordina con los otros programas de investigación del centro. La sede principal está en Cali, Colombia.  
El portal de datos *CCAFS-Climate* proporciona conjuntos de datos climáticos futuros globales y regionales, de alta resolución, que sirven como base para evaluar los impactos del cambio climático y la adaptación en una variedad de campos, incluida la biodiversidad, la producción agrícola y ganadera, y los servicios e hidrología del ecosistema. Los datos distribuidos aquí están en formato de archivo de texto y se derivan de los Modelos Climáticos Globales (GCM) y los conjuntos de datos de observación (Reanálisis).  
[http://ccafs-climate.org/data\\_bias\\_correction/](http://ccafs-climate.org/data_bias_correction/)
- KNMI (2019). *Climate Explorer. KNMI Climate Change Atlas*. Este portal es auspiciado por el Instituto Meteorológico Holandés (KNMI), a través de un proyecto

que ha sido financiado por el Centro Climático de la Cruz Roja / Media Luna Roja y el Ministerio holandés de Infraestructura y Medio Ambiente, DGMI, de Holanda. [https://climexp.knmi.nl/plot\\_atlas\\_form.py](https://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py)

Los análisis estadísticos de datos climáticos, realizados por el Real Instituto Meteorológico de los Países Bajos (KNMI), permiten establecer, para un determinado país, los cambios y valores absolutos (y relativos) de temperatura y precipitación entre el año 2006 y 2100, utilizando 45 Modelos de Circulación General (GCM), que corresponden al Quinto Informe de Evaluación (AR5), del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP5), disponibles como parte del atlas de datos del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Allí se pueden visualizar los cambios (absolutos y relativos) de las variables temperatura y precipitación, entre 2006 y 2100, para las 4 Trayectorias de Concentración Representativas consideradas en el AR5. (RCP 2.6, 4.5, 6.0 y 8.5).

Utilizando la información descrita en estas referencias, obtenida a través de los portales anteriormente mencionados, se pueden establecer los escenarios de cambio climático que serán considerados en el análisis. En general, los escenarios más comunes que se utilizan en la literatura, son los correspondientes a las *Trayectorias Representativas de Concentración RCP 4.5 y RCP 8.5*. El primero de ellos se considera como un escenario intermedio donde el forzamiento radiactivo (ver referencia ACFIMAN-SACC, 2018), se estabiliza aproximadamente en  $4.5 \text{ W m}^{-2}$ , después del año 2100; mientras que, en el segundo, que se considera como el escenario extremo (más desfavorable), el forzamiento radiactivo sigue aumentando sobre  $8.5 \text{ W m}^{-2}$ , después del año 2100.

En cuanto a los períodos de análisis, los más utilizados en la práctica son: 2040-2060 y 2080-2100. Sin embargo, para este estudio el período de análisis previsto es 2030-2050, sin que esto excluya que puedan analizarse

### **6.3.2.2. Aplicación del modelo para simular los efectos del Cambio Climático**

El modelo SWAT dispone, como parte de su estructura, la opción para estudiar los efectos del cambio climático, sobre la producción de escurrimiento (recurso hídrico) en la cuenca, manipulando la información climática que forma parte de la información de entrada a dicho modelo.

Como fue descrito en la sección anterior, con la información disponible tanto en las referencias como en los portales señalados, se define la afectación del cambio climático sobre las variables temperatura, precipitación y  $\text{CO}_2$  (Concentración del dióxido de carbono en la atmósfera).

La forma como se manipula la información de precipitación y temperatura, es a través de factores de ajuste. Estos factores se introducen como parte de los datos de entrada que caracterizan las subcuencas (\*.sub), y dependiendo del tipo de variable, su valor puede tener un efecto multiplicativo o aditivo, como se explica a continuación.

- Precipitación. Para esta variable el factor de ajuste tiene un efecto multiplicativo y se expresa en porcentaje. La ecuación que define el cambio es la que se muestra a continuación:

$$R_{day} = R_{day} \times \left[ 1 + \frac{adj_{pcp}}{100} \right]$$

Donde,  $R_{day}$  representa la lluvia diaria (mm) y  $adj_{pcp}$  es el factor de ajuste de la precipitación (%), para la subcuenca en consideración. Por ejemplo, si el factor es igual a 10, la precipitación será incrementada en un 10%; si es igual a -10 la misma disminuirá en un 10%.

- Temperatura. El factor de ajuste de esta variable tiene un efecto aditivo, que será aplicado a los datos diarios de temperatura máxima y mínima. Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

$$T_{mx} = T_{mx} + adj_{tmp}$$

$$T_{mn} = T_{mn} + adj_{tmp}$$

Donde,  $T_{mx}$  y  $T_{mn}$ , representan los datos diarios de temperatura máxima y mínima, en °C, mientras que  $adj_{tmp}$  es el factor de ajuste expresado en °C, es decir, el efecto es aditivo.

- CO<sub>2</sub>. El programa SWAT adopta, por defecto, una concentración de dióxido de carbono de 330 ppm. Este valor se cambia en forma directa en la pantalla que contiene las características de las subcuencas. <http://co2now.org/>

El cambio en el dióxido de carbono va a impactar el crecimiento de la vegetación. Cuando este valor se incrementa, aumenta la productividad de la planta, lo que determina que disminuyan los requerimientos de agua (tasa de evapotranspiración). Para poder evaluar este cambio, es necesario que el usuario seleccione el método de *Penman-Monteith* para la estimación de la tasa de evapotranspiración potencial. En el programa SWAT, este método ha sido modificado para considerar el efecto del CO<sub>2</sub> sobre la tasa de evapotranspiración potencial.

### 6.3.2.3. Análisis de los escenarios de Cambio Climático

Se debe realizar un análisis de los resultados obtenidos, a los fines de identificar microcuencas, subcuencas, o sectores de la cuenca, donde sea necesario aplicar prácticas de conservación de suelos, a los fines de disminuir la producción de sedimentos en la cuenca y, por lo tanto, el azolvamiento del embalse Camatagua. Luego, se deben analizar igualmente los efectos que pudiesen tener cambios en los

patrones del uso de la tierra en la cuenca. Finalmente, se analizarán los escenarios de cambio climático.

#### **6.4. PRODUCTOS ESPERADOS**

- a. Un documento con los escenarios propuestos de uso de la tierra, orientados hacia un cambio para una Agricultura Sustentable en Ambientes de Montaña y los escenarios de Cambio Climático para 2030 y 2050.
- b. Un documento con los resultados de las simulaciones de cambios de uso de la cobertura y uso de la tierra y de los Cambios Climáticos, acompañados de los respectivos mapas de cobertura y uso para los escenarios simulados.
- c. Un documento con los lineamientos para la planificación del uso de la tierra en la CARG, con base en los resultados de las simulaciones de cambios en la cobertura y uso de la tierra y en Cambios Climáticos, indicando las áreas más vulnerables.

## **7. BASES PARA LA EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA TIERRA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO GUÁRICO**

Adelantar una gestión integral de una cuenca hidrográfica con criterios modernos, y con base en el conocimiento tácito de sus ocupantes y explícito de los investigadores en evaluación de suelos y tierras, requiere, entre otras actividades, una evaluación de las potencialidades y limitaciones de las tierras, para formular y orientar los planes de utilización de estos importantes recursos, y acometer su implementación para alcanzar la sustentabilidad que plantean los objetivos generales del Proyecto CARG.

En este Capítulo se presentan los lineamientos para el desarrollo de un conjunto de interpretaciones destinadas a evaluar las aptitudes y vocación de las tierras desde un punto de vista utilitario (agrícola y forestal), así como un conjunto de interpretaciones ambientales que serán insumo para sustentar la propuesta de ordenación del territorio (zonificación de las tierras), evaluar su fragilidad ambiental, su aptitud para la producción de agua y para los programas y modelos de gestión que conforman el Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del río Guárico, cuya delimitación se muestra en la Figura 7.1.

### **7.1. OBJETIVOS**

#### **a. Objetivo General**

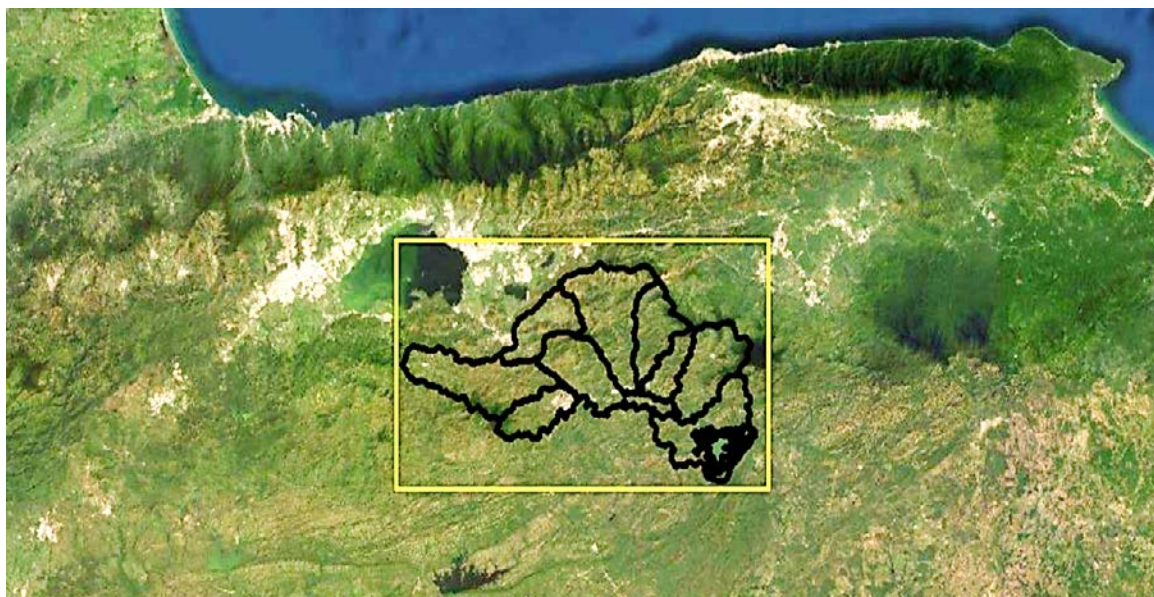
Generar especificaciones técnicas para la evaluación integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, con fines de producción sostenible de agua, conservación de recursos naturales y mejora de la calidad de vida de sus pobladores.

#### **b. Objetivos Específicos**

- Establecer las especificaciones técnicas para la evaluación ambiental y definición de las Áreas con prioridad de preservación y rehabilitación de la CARG.
- Definir los lineamientos técnicos para la evaluación de tierras con fines agrícolas y forestales y establecimiento de la vocación de uso de las tierras de la CARG.
- Generar las directrices técnicas y la información necesaria, como insumos para la formulación del Plan de Ordenamiento del Territorio, los Programas y el Modelo de Gestión de la CARG.
- Generar información para la formulación del Plan de Ordenamiento del Territorio, los Programas y el Modelo de Gestión de la CARG.



**Figura 7.1. Área de Estudio: Cuenca alta del Río Guárico**



## **7.2. MARCO METODOLÓGICO**

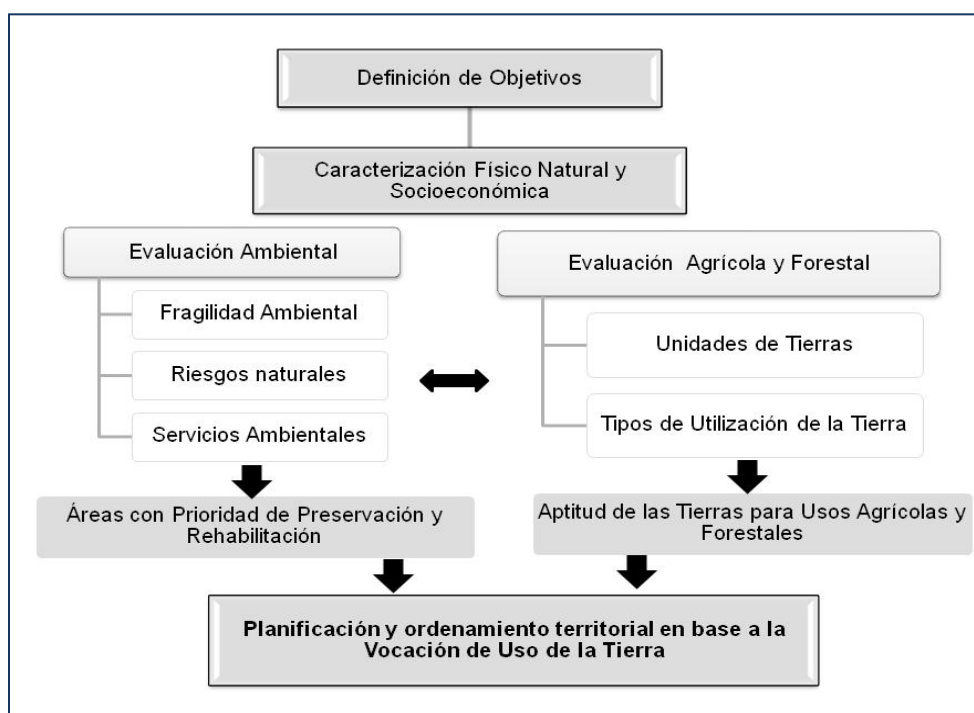
Para la evaluación de tierras, se propone utilizar el esquema metodológico de evaluación integral de cuencas con fines de producción sostenible de agua (Comerma y Machado, 2001), aplicado inicialmente en la Cuenca del Río Caroní (EDELCA, 2004), y posteriormente adaptado para la Cuenca Alta del Río Guárico (Machado et al 2009; Pineda et al, 2006)) y la del río Canoabo (Sevilla y Comerma, 2009).

La metodología toma como base las directrices de la FAO de evaluación de tierras (FAO, 1985; FAO, 1990; FAO, 1998; FAO, 2007), a la cual se le agregan cualidades de orden ambiental (Comerma et al, 2005). La propuesta de evaluación contempla los siguientes pasos: (i) definición de objetivos, (ii) caracterización físico natural y socioeconómica, (iii) evaluación ambiental y agroforestal, y (iv) zonificación como base para la planificación y ordenación territorial (Figura 7.2).

La primera actividad de la Evaluación Integral de la Cuenca, es la definición de la Unidad cartográfica básica de análisis, que denominaremos Unidad de Tierra o Unidad Integrada de Territorio (UIT). Entendiéndose como UT o UIT, las delineaciones relativamente homogéneas cartografiables de la superficie terrestre, definidas con base a propiedades de la biosfera, razonablemente estables o predeciblemente cíclicas (características y cualidades) de geomorfología, geología subyacente, suelos, clima, hidrografía, vegetación, uso de la tierra y aspectos legales, entre otros (Comerma y Machado, 1991; FAO 2007).

Para fines de aplicación del modelo SWAT, se debe evaluar la pertinencia de considerar a las UT, con los ajustes necesarios, como Unidades de Respuesta Hidrológica (HRU), ya que disponen de mucha de la información que requiere el SWAT. De esta forma se pudiera estimar cual es el comportamiento de cada UT para las distintas aplicaciones o simulaciones a realizar.

**Figura 7.2. Esquema de Evaluación y Planificación Integral de Cuencas. Delimitación y Caracterización de Unidades de Tierra (UT)**



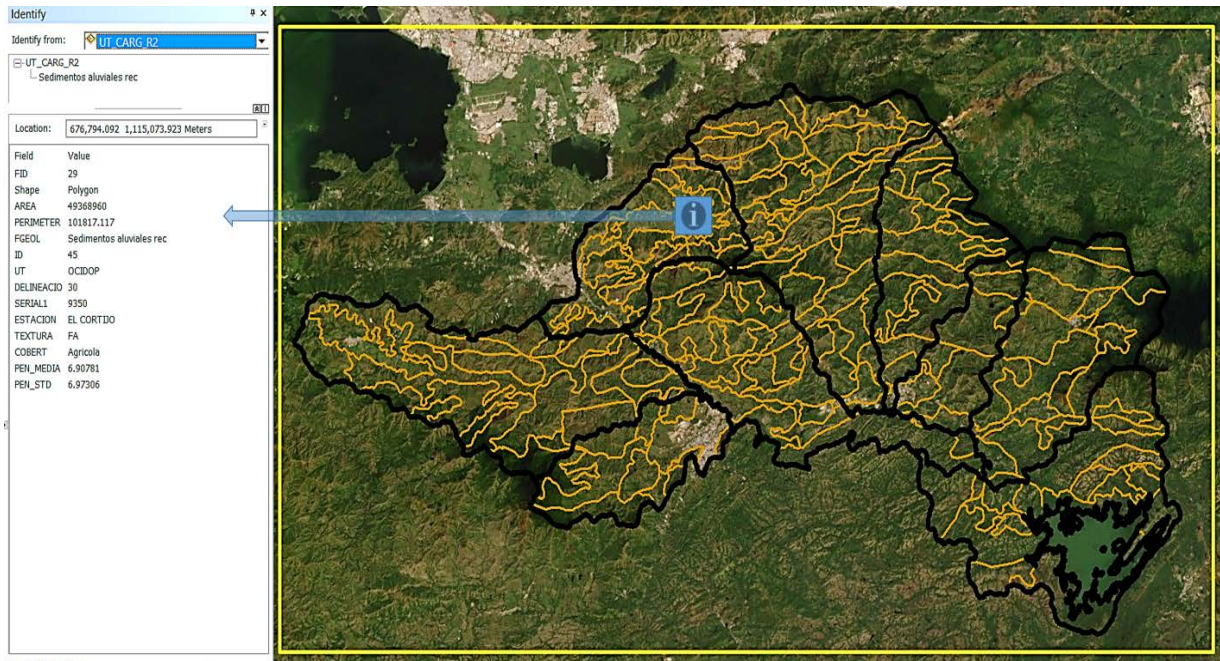
Fuente: Adaptado de: Comerma y Machado, 2001; Pineda et al, 2006.

Para la delimitación cartográfica de las Unidades de Tierra (UT), se considerará como criterio básico el Sistema de Clasificación Geomorfológico propuesto por Zinck (2012). Para la conformación de las unidades cartográficas, se sugiere utilizar las geoformas del nivel categórico tipo de paisaje o asociaciones de tipos de relieve (Subpaisajes), que resultaron de la clasificación de paisajes de la Cuenca Alta del Río Guárico (Ospina y Elizalde, 2004b) (Figura 7.3); las cuales deben ser redefinidas con base en los productos cartográficos a actualizar en el marco del Proyecto propuesto: Mapa Base, MDE y sus variables morfométricas derivadas.

Sin embargo, como el concepto de Unidad de Tierra es más amplio que el de Unidad de Paisaje (Figura 7.4), en la caracterización de cada unidad es necesario incorporar

atributos relacionados con los componentes del ecosistema natural: atmósfera, hidrología, poblaciones de plantas y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente (Uso Actual). En particular, se deben seleccionar aquellos atributos que puedan ejercer una influencia significativa sobre los usos presentes y futuros de la cuenca en estudio.

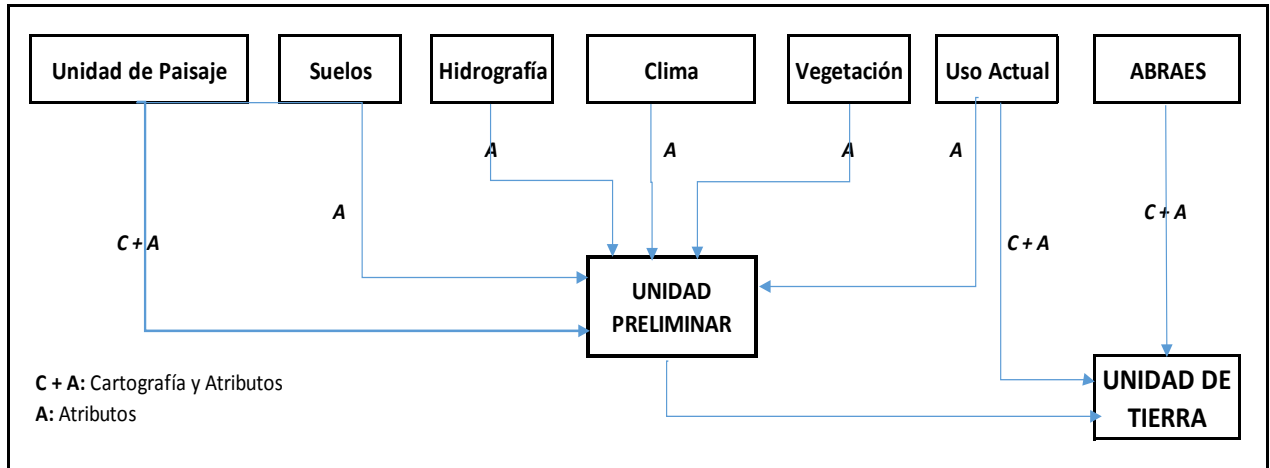
**Figura 7.3. Ejemplo de Unidades Geopedológicas, Cuenca Alta del Río Guárico**



Fuente: Adaptado de Ospina y Elizalde, 2004b.

En este sentido, además de la unidad geopedológica, se deben considerar como criterios de delimitación de la UT, elementos relevantes para la ordenación de la cuenca, tales como Uso Actual (uso urbano, embalses, agricultura, uso forestal, etc) y Áreas Protegidas (ABRAE, Unidades de Ordenación existentes), entre otras variables (Figura 7.4).

**Figura 7.4. Esquema conceptual para la Definición de Unidades de Tierra**



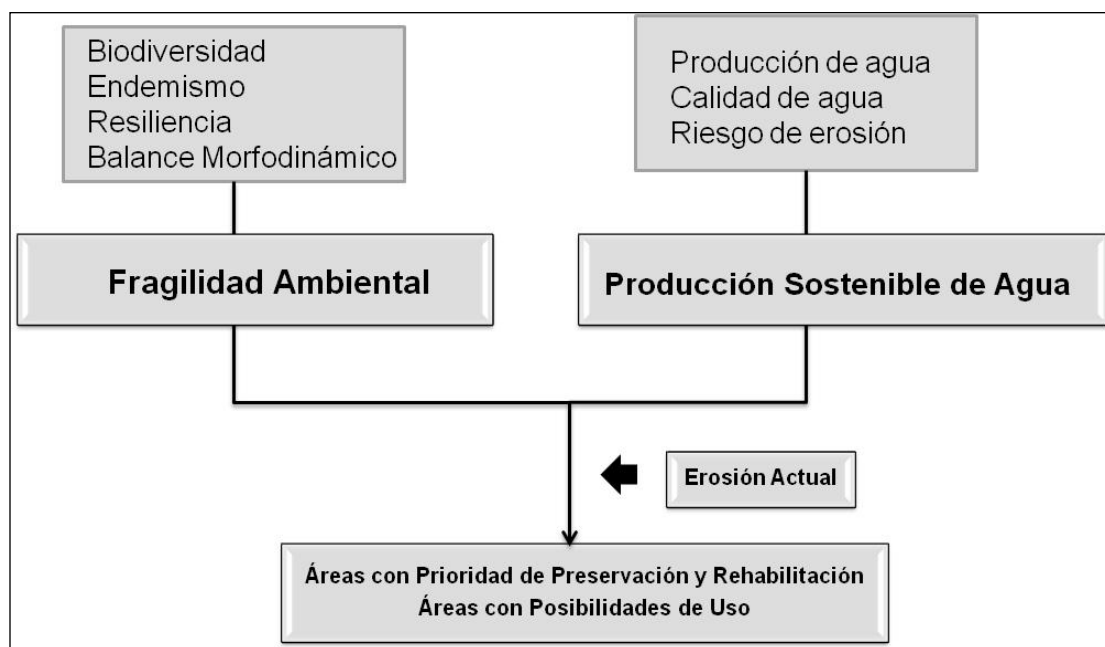
Fuente: Adaptado de Pineda et al, 2006

### 7.2.1. Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental permitirá identificar y caracterizar las áreas de alta significancia ambiental (zonas productoras de agua, por ejemplo), las áreas de fragilidad, las áreas críticas que se deben preservar y/o rehabilitar, y aquellas con potenciales de uso.

Para el caso del esquema de evaluación ambiental de cuencas con fines de producción sostenible de agua, de importancia relevante en la cuenca, se contempla desarrollarlo en tres fases: (i) el análisis de los aspectos relativos a la fragilidad ambiental (Comerma et al, 2005), que considera las cualidades de biodiversidad, endemismo, resiliencia y balance morfodinámico: (ii) agregar al análisis, la producción sostenible de agua (Machado et al., 2005), que valora las cualidades: degradación de suelos, producción y calidad de agua y (iii) incluir los niveles de erosión actual. Las tres fases en conjunto, permiten definir las áreas con prioridad de preservación o rehabilitación y las áreas con posibilidades de uso agrícola (cultivos, pecuario, forestal, agroforestal) (Figura 7.5).

**Figura 7.5. Esquema de Evaluación Ambiental**



Fuente: Machado et al, (2009)

### 7.2.1.1. La fragilidad ambiental

Definida como la capacidad intrínseca de un ecosistema de asimilar, resistir y recuperarse del impacto ocasionado por una acción natural; es el resultado de la integración de las siguientes cualidades:

- Biodiversidad (Riqueza de especies): número de especies vegetales y animales presentes en los ecosistemas.
- Endemismo: grado de dependencia o exclusividad de las especies animales y vegetales a un hábitat particular.
- Balance morfodinámico: balance entre la ganancia de sedimentos y las pérdidas por erosión, en función de factores litológicos, edáficos, topográficos (pendiente), climáticos y de cobertura. Refleja el grado relativo de estabilidad o inestabilidad de la superficie de las unidades de tierra (Ospina, et al, 2004).
- Resiliencia: representa la capacidad de los ecosistemas a recuperarse ante problemas de degradación. Esta cualidad considera, por una parte la capacidad de uso de los suelos y el clima (como indicadores de la potencialidad de las tierras para facilitar su espontánea rehabilitación) y por la otra, la capacidad innata de regeneración de cobertura vegetal de los ecosistemas.

Las dos primeras cualidades seleccionadas para el análisis de la fragilidad, pretenden evaluar al ente receptor de la afectación, la tercera cualidad valora la estabilidad del paisaje, y la cuarta la capacidad de recuperación luego de una afectación (Comerma et al, 2005). Cada una de estas cualidades debe ser valorada de acuerdo a la siguiente escala: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Moderada y 4: Baja; posteriormente se armonizarán las valoraciones de cada cualidad para la obtención de una clase de Fragilidad Ambiental.

#### **7.2.1.2. Áreas de atención para la producción sostenible de agua**

La sostenibilidad de la cuenca, en términos de producción de agua, está asociada a la capacidad de satisfacer las demandas de agua, a las mayores o menores necesidades de tratamiento del agua y a la vida útil de funcionamiento de la infraestructura de captación y almacenamiento, derivada de los niveles de sedimentación; por tanto, debe ser valorada en función del análisis integral de las siguientes cualidades:

##### **a. Producción de agua**

Representada por la lámina acumulada de la lluvia que escurre superficialmente o percola a través del perfil de suelo, por debajo de la zona radical de la vegetación, es decir toda aquella que no se evapotranspira (Machado et al, 2005). Esta cualidad es fundamental en las evaluaciones de tierra y definiciones de planes de manejo sostenible en cuencas hidrográficas; sobre todo, cuando se trata de cuencas cuyo servicio ambiental fundamental es el aporte de agua, bien sea para consumo humano, riego, generación de hidroelectricidad o uso industrial. Se debe estimar a partir de un balance hídrico (Clima Suelo, Cultivo-Vegetación.), preferiblemente diario, en cada unidad de tierra. La evaluación de esta cualidad se realizará con el Modelo SWAT, tal como se indica en el Capítulo 4 “Caracterización Hidroclimática”.

##### **b. Calidad del agua**

Se recomienda evaluar esta cualidad con base al Riesgo de Contaminación Hídrica (RCH), el cual a su vez es valorado, por medio de la integración de las variables calidad física, química y biológica del agua (CA) y el índice de degradación hídrica (IDH). La primera variable, medida a la salida de cada subcuenca, sintetiza el nivel de contaminación hídrica de la referida área, mientras que el IDH genera elementos para la identificación y distribución espacial de áreas sensibles a los riesgos potenciales de impactos negativos en la calidad de aguas superficiales (Miranda et al, 2000).

- **El Índice de Degradación Hídrica (IDH):** se estima con un modelo que considera 3 variables: (i) el uso actual de la tierra, que interviene como fuente potencial de contaminación; (ii) la densidad de drenaje como una expresión de la capacidad de los cuerpos de agua para actuar como agentes de dilución, y (iii) la densidad de cobertura, que funciona como filtro natural de los contaminantes (Machado y Gudiño, 2012).

- **Calidad de agua (física, química y biológica):** se deben tomar muestras de agua a la salida de cada subcuenca y en dos épocas del año (período seco y período húmedo). Esta variable se clasificará a partir del valor más limitante (ley del mínimo), entre los parámetros fisicoquímicos microbiológicos del agua en cada UT, tomando como referencia las Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (Decreto 883. Gaceta Oficial N° 5.021: Tabla 7.1).

**Tabla 7.1. Criterios de Clasificación de Agua para Uso Humano**

Parámetros	Calidad del agua		
	1 (Excelente)	2 (Buena)	3 (Pobre)
Oxígeno disuelto (mg/l)	> 6,5	4 – 6,5	< 4
pH	6 – 8,5	5 – 6 ó 8,5 – 9	< 5 ó > 9
Turbidez (UNT)	< 10	10 – 250	> 250
Color (U Pt-Co)	0 – 20	20 – 150	> 150
Cloruros (mg/l)	< 50	50 – 250	> 250
Fluoruros (mg/l)	< 1,5	1,5 – 3	> 3
Coliformes totales (UFC/ml)	< 10	10 – 20	> 20
<i>Echiericha coli</i> (UFC/ml)	< 1	1 – 5	> 5

Fuente: Adaptado de la Gaceta Oficial N° 5.021

### c. Erosión actual y producción de sedimentos

Esta cualidad está asociada a la vida útil y funcionamiento de la infraestructura de captación y almacenamiento de agua como lo es el embalse de Camatagua. En otras palabras, la sostenibilidad en el tiempo de esta infraestructura, es directamente proporcional al mayor o menor aporte de sedimentos de las Unidades de Tierra de la Cuenca Alta del Río Guárico. En el estudio, esta cualidad se evaluará mediante el uso del Modelo SWAT, tal como se ha planteado en los Capítulos 4 y 6, con los ajustes necesarios para utilizar las Unidades de Tierra como base espacial de estimaciones. El SWAT utiliza la MUSLE (USLE modificada), como módulo de evaluación de la erosión y producción de sedimentos.

Es importante reiterar que la valoración de las cualidades, Producción de Agua y Erosión y Producción de Sedimentos, se realizarán con base en los resultados de la fase de *Caracterización hidrometeorológica de la CARG* (Capítulo 4), y en los resultados generados por la aplicación de técnicas de simulación de los escenarios de uso de las tierras, a través de la aplicación de la herramienta SWAT (Capítulo 6).

#### d. Áreas con prioridad de preservación y rehabilitación

Son el producto del análisis integral de todas las cualidades ambientales consideradas como relevantes, de acuerdo a los objetivos del estudio (Fragilidad, Producción y Calidad de aguas, Erosión actual); por tanto, se puede considerar como el resultado que sintetiza la evaluación ambiental (Comerma y Machado, 2001). Estas áreas se deben clasificar, de acuerdo a las siguientes clases y criterios:

- **Muy alta prioridad de preservación (MAPP):** zonas de muy alta fragilidad ambiental y de moderada a alta producción de agua, con bajos niveles de erosión; que deben ser mantenidas tal y como se encuentran.
- **Alta prioridad de preservación (APP):** agrupa las áreas de alta fragilidad ambiental y de moderada a alta producción de agua, con bajos niveles de erosión.
- **Muy alta prioridad de preservación y con necesidades de rehabilitación (MAPR):** áreas que presentan muy alta fragilidad y de moderada a alta producción de agua, que presenta problemas de erosión, que deben ser mitigados.
- **Alta prioridad de preservación y con necesidades de rehabilitación (APR):** áreas definidas de alta fragilidad ambiental y que producen agua de manera alta o moderada; pero presentan altos o moderados niveles de erosión.
- **Posibilidad de uso (PU):** áreas con moderada fragilidad y de moderada a baja producción de agua, con bajos niveles de erosión actual.
- **Uso restringido (PUR):** son áreas con moderada fragilidad y de moderada a baja producción de agua, con niveles de erosión actual moderada o fuerte.

#### e. Evaluación Agrícola y Forestal

Para las áreas sin restricciones jurídicas o que no requieran preservación ambiental (por ejemplo por muy baja fragilidad ambiental), se debe evaluar el grado de aptitud de cada UT, para cada tipo de utilización de la tierra (TUT), tanto actual como potencial.

La evaluación de tierras con fines agrícolas y forestales, se desarrollará con base a la metodología de Zonificación Ecológica y Económica (FAO 1998). Esta metodología se fundamenta en el esquema de evaluación de tierras de la FAO (1976, 1984, 1985, 1990, 1991); que tiene como propósito identificar el mejor uso posible para cada unidad de tierra definida, tomando en cuenta el contexto físico-natural, socioeconómico e institucional; en un marco de conservación de los recursos naturales que garantice su utilización para las generaciones futuras.

Una vez que las UT han sido definidas en un paso previo, la primera actividad debe ser la identificación y descripción de los TUT. Esta etapa, debe contemplar las siguientes actividades:

- **Tipo de utilización de la tierra (TUT):** definido por la FAO (2003), como la clase de uso de la tierra bajo un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y



producción dentro de un marco social, económico, infraestructural y cultural. Un TUT es la unidad principal de uso de los recursos naturales y representa la entidad de integración de los aspectos biofísicos, económicos, sociales, infraestructurales y técnicos relacionados con una o más actividades productivas específicas dentro del sistema de producción (FAO, 1998), por lo que se deben describir de la forma más detallada posible (Tabla 7.2).

**Tabla 7.2. Variables a Considerar para la Definición de los TUT**

<b>VARIABLES A CONSIDERAR EN LA IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS TUT</b>			
1	Actividad productiva: cultivos, plantaciones forestales, rebaños, etc.	18	Manejo sanitario
2	Canales de comercialización, mercados	19	Actividades complementarias: otros cultivos, silvicultura, pastoreo asociado, etc.
3	Intensidad de capital	20	Manejo postcosecha
4	Intensidad de mano de obra	21	Rendimiento y producción
5	Actitud y habilidad técnica	22	Prácticas conservacionistas
6	Fuentes de energía	23	Impacto ambiental
7	Grado y tipo de mecanización	24	Información económica
8	Tamaño, forma y lotificación de la unidad de producción	25	Nivel tecnológico
9	Régimen de propiedad y tenencia de la tierra	26	Formas de acceso a la unidad de producción
10	Infraestructuras	27	Disponibilidad de servicios: salud, educación, transporte, agua, teléfono, Internet, etc.
11	Obras de riego y drenaje	28	Calidad de vida
12	Disponibilidad de insumos	29	Nivel de organización
13	Prácticas de cultivo	30	Capital social
14	Manejo silvicultural	31	Institucionalidad para el desarrollo económico y social
15	Manejo de rebaños	32	Acceso a fuentes de financiamiento
16	Rotación de cultivos	33	Acceso a programas de extensión y/o asistencia técnica
17	Rotación de potreros	34	Otros indicadores socioeconómicos e institucionales.

Fuente: Adaptado de FAO, 1985 y Trujillo et al, 2009

En el trabajo propuesto, se deben incluir los TUT actuales y potenciales que sean relevantes, tomando en cuenta los objetivos del estudio, las políticas, las condiciones socioeconómicas y el uso actual de la tierra. En este orden de ideas, para la identificación y descripción de los TUT a evaluar, se debe tomar como base de referencia inicial los TUT definidos para la Cuenca Alta del Río Guárico por Pineda et al,

(2004). Esta información se complementará con información levantada y actualizada en la caracterización socioeconómica a través de: (i) entrevistas orientadas a líderes locales, actores claves de las comunidades, representantes de las instituciones presentes en la comunidad; (ii) aplicación de un instrumento de recolección de información (encuesta) a productores ubicados en el área de estudio, la cual debe incluir georeferenciación, levantamiento de información social, de sistemas de producción, económica, asistencia técnica y créditos; (iii) estudios de casos y el diagnóstico rápido participativo; y (iv) levantamiento cartográfico del uso actual de la tierra (obtenido en la Caracterización, capítulo 4).

Los datos recabados deben ser transcritos en la base de datos prevista en el Proyecto y analizados estadísticamente: distribución de frecuencia de las principales variables explicativas, cálculo de intervalos de confianza a un 95%, el análisis de componentes principales, el análisis multivariado para conocer el grado de correlación entre las variables explicativas, el análisis de conglomerados, entre otros.

- **Valoración Física:** esta etapa contempla la selección y valoración de cualidades físico-naturales de la tierra y sus requisitos de uso relevantes. La selección de las cualidades y requisitos de uso de la tierra para cada TUT, se debe efectuar con base a la importancia para el uso, la existencia de valores críticos y la disponibilidad de información. El proceso de valoración consiste en definir por TUT, los requisitos de uso para cada una de las cualidades seleccionadas. Posteriormente, se realiza la valoración, en función del grado de afectación de los rendimientos, de la dificultad de superar ciertas limitantes de manejo y de conservación y del efecto sobre los aspectos económicos, sociales y político institucional. Es importante destacar en esta actividad, que las cualidades relacionadas con disponibilidad de agua y riesgos de erosión, deben ser valoradas en base a los resultados obtenidos en la etapa de *Caracterización hidrometeorológica de la CARG*, utilizando como escenario para la simulación con el SWAT, el TUT a evaluar.
- **Valoración Socioeconómica:** la aptitud socioeconómica de la tierra complementa a la evaluación física de la aptitud de la tierra para proveer un pronóstico de sostenibilidad de las diferentes opciones de uso de la tierra. Los indicadores económicos tradicionales propuestos en la evaluación de tierras (FAO, 1985, 1990), tales como la tasa interna de retorno, el valor presente neto y las estructuras de costos, son de tipo financiero y son válidos sólo en contextos agrícolas empresariales. Sin embargo, carecen de significado al estudiar las circunstancias de pequeños productores rurales, cuya estrategia de reproducción familiar y racionalidad son diferentes.

Consecuentemente, esta evaluación considerará no sólo el aspecto económico sino también social y político institucional. Trujillo (Trujillo et al 2004, Trujillo, 2009), propuso veinte cualidades para la valoración económica, social y político institucional (Tabla 7.3). Cada cualidad es evaluada por medio de indicadores cuantitativos. El estudio de zonificación ecológica y económica del asentamiento campesino El

Cortijo, en el valle del río Tucutunemo (Martínez, 2011), ilustra la aplicación de la propuesta de Trujillo en un pequeño sector de la cuenca alta del río Guárico.

**Tabla 7.3. Cualidades Socioeconómicas a considerar en la Evaluación**

Económicas	Sociales	Político Institucionales
Capitalización	Educación	Organización de los Productores
Ingreso	Pobreza	Institucionalidad para el desarrollo Socioeconómico
Competitividad	Necesidades Básicas Insatisfechas (INB)	Orientación Institucional de los Niveles de Inversión
Propiedad	Calidad de Vida	
Trabajo	Capital Social	
Productos	Presión Demográfica	
Demanda	Población de Relevancia	
Acceso a Mercados		
Gestión Productiva		
Comercialización		

Fuente: Trujillo, 2009; Trujillo et al, 2004.

- **Armonización:** establecimiento de reglas de decisión en base a la importancia de las cualidades para cada TUT, de forma que permitan integrar las valoraciones individuales de las mismas, en un valor global desde el punto de vista físico-natural y socio-económico. Es importante calibrar los resultados de la armonización mediante talleres de expertos, para ajustar las reglas.

En esta etapa, se deben considerar las siguientes premisas:

- Las zonas evaluadas ambientalmente, como de muy alta prioridad de preservación o rehabilitación, no deben ser consideradas para la evaluación agrícola y forestal.
- En las UT clasificadas como de alta prioridad de preservación o rehabilitación, sólo se deben considerar los TUT con menor intensidad de manejo o que incluyan prácticas más conservacionistas.
- Para las zonas definidas con posibilidades de uso o posibilidades de uso previa rehabilitación, se pueden considerar todos los TUT propuestos.
- Sí la aptitud físico-natural es valorada como “no apta” (N), no se evalúa desde el punto de vista socio-económico y la aptitud final será “no apta físicamente” (N1).
- Sí la aptitud socio-económica, es “no apta” (N), la aptitud final será “no apta socio-económicamente” (N2).
- Para el resto de los casos, la aptitud final se definirá en base al valor más limitante entre la aptitud físico-natural y la socio-económica.

La FAO propone realizar esta valoración con base a la escala presentada en el Tabla 7.4.

**Tabla 7.4. Clases de aptitud de la tierra**

CLASE		RENDIMIENTOS (% con respecto al óptimo)	DESCRIPCIÓN
Símbolo	Denominación		
A1	Muy apto	>80	La UT no tiene limitaciones significativas para sostener la aplicación de TUT o sólo pequeñas limitaciones que no reducirán la productividad o los beneficios esperados y no elevarán el uso de insumos por encima de un nivel aceptable
A2	Moderadamente apto	40-80	La UT tiene limitaciones moderadas para la aplicación de un TUT; las limitaciones reducirán la productividad o los beneficios y aumentarán los insumos requeridos hasta un punto en que la ventaja que se gana de sus uso sería apreciablemente inferior a la que se esperaría en la clase A1
A3	Marginalmente apto	20-40	La UT tiene limitaciones que son severas para la aplicación de un TUT y reducirá la productividad o beneficios o aumentará los requerimientos de insumos
N1	No apto Físicamente	<20	La UT tiene limitaciones físico naturales tan severas que, elimina cualquier posibilidad de desarrollo exitoso y sostenible del TUT
N2	No apto Económicamente		Se requiere de la aplicación de insumos o prácticas de manejo, de una magnitud tal, que hacen inviable el desarrollo del TUT desde el punto de vista socioeconómico.

Fuente: Adaptado de FAO (2003); Casanova y Vilorio (2004).

#### f. Zonificación Ecológica y Económica

La Zonificación Ecológica y Económica (ZEE), es un proceso dinámico y flexible que sirve para identificar las diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, tomando como base la evaluación de sus potencialidades y limitaciones, desde el punto de vista físico, biológico, social, económico y cultural, con el fin de que los territorios aprovechen sus ventajas comparativas (FAO, 1998).

La Zonificación establece, el o los principales usos que se recomiendan para cada área geográfica homogénea (UT). La metodología propuesta, debe combinar racionalmente la información básica sobre aptitud agroecológica de las UT para los TUT identificados en

la Evaluación Ambiental, Agrícola y Forestal; con otros criterios relevantes como el uso actual, el marco legal de ordenación del territorio, la infraestructura existente o proyectada de apoyo a la producción y al consumo, y las poblaciones o mercados existentes (Casanova y Vilorio, 2004; Sevilla y Comerma, 2009). Como resultado de la aplicación de esta metodología, se produce un mapa de vocación que se basa en la recomendación de posibles alternativas de uso, en las diferentes unidades de tierras de la cuenca, excluyendo a las unidades de ordenamiento con restricciones jurídicas ambientales o aquellas áreas propuestas para preservación ambiental.

En resumen, la Zonificación Ecológica y Económica, se convierte en un instrumento técnico y orientador del uso sostenible de un territorio y de sus recursos naturales, de gran utilidad para la toma de decisiones y la gestión del territorio por sus autoridades, la sociedad civil y todo aquel ciudadano que necesite realizar alguna actividad en el territorio (República de Perú, 2004). La Zonificación Ecológica y Económica resultante de este proceso de evaluación ambiental, debe ser utilizada como insumo de información para la zonificación propuesta en el Plan de Ordenación, la cual será objeto de promulgación como parte del POT y el Reglamento de Uso de la CARG.

#### g. Conflictos de Uso de las Tierras

Debido a su connotación de recurso escaso, la tierra puede ser utilizada para múltiples usos que usualmente son excluyentes, de tal manera que el proceso de planificación y ordenación territorial requiere también del análisis de las posibles incompatibilidades o antagonismos que se derivan de la confrontación entre los usos actuales o propuestos, las restricciones y usos permitidos por el marco legal que regula el uso de las tierras, y lo que pudiera considerarse como usos óptimos.

Con el objetivo de identificar y describir los principales conflictos actuales o potenciales en la cuenca, se aplica una metodología que intenta armonizar las definiciones comúnmente aceptadas, partiendo de un proceso de superposición y comparación de un conjunto de capas de información cartográfica, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG), y utilizando como insumo básico, los resultados de las diferentes evaluaciones realizadas en la cuenca y el conocimiento de expertos sobre el área.

Para el análisis de los conflictos de uso de las tierras en la CARG se propone, por una parte clasificarlos en base al tipo de conflicto: ambientales, legales, culturales, de intensidad de uso, etc. (EDELCA, 2004 b), y luego definir la magnitud del conflicto tomando en cuenta las características de las UT y su potencial para la obtención de altos rendimientos para los TUT de importancia económica evaluados. Se recomienda utilizar las siguientes grados de conflictos:

- Sin conflicto: hay coincidencia entre el uso actual y la vocación de las tierras para ese uso, o sea la UT es Sumamente Apta o Moderadamente Apta, para el TUT actual.

- Conflicto medio: la UT es Marginalmente Apta, para el uso actual.
- Conflicto alto: la aptitud de esa UT es No apta, para el TUT actual.

#### h. Dinámica espacio-temporal del uso de la tierra

Desarrollar un análisis comparativo, mediante superposición espacial (Spatial Overlay) de los patrones de la cobertura vegetal y uso de la tierra, del mapa de uso de la tierra del SIACARG del año 2000 (Jacome et al, 2001), y el mapa de uso actual de la tierra (para el momento de ejecución del Proyecto). Esta actividad permitirá establecer los cambios en dos décadas y la tendencia de los posibles conflictos de uso de la tierra. Esta actividad debe hacerse simultáneamente con la actualización del mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra, donde también se contempla un análisis espacio temporal del uso de la tierra.

#### i. Integración y Automatización

Para garantizar la integración de las diferentes variables y facilitar el análisis y la representación espacial de los resultados, es necesario utilizar una herramienta tecnológica de apoyo, tal como un Sistema Información Geográfico (SIG). Esta herramienta permite la automatización de los algoritmos necesarios para la determinación de Fragilidad Ambiental, Producción de Servicios Ambientales (Agua, Biodiversidad, Captura de CO<sub>2</sub>, etc.), Producción de Sedimentos, Áreas a Preservar y a Restaurar y Aptitud de la Tierra para Usos Agrícolas, Pecuarios y Forestales, y la Zonificación (Machado et al, 2005).

En el proyecto propuesto, siguiendo la normativa del IGVS, se recomienda trabajar en software libre (QGIS, gvSIG, SAGA, GRASS, etc.).

### **7.3. PRODUCTOS ESPERADOS**

- a. Un documento con las especificaciones técnicas para la evaluación ambiental y el establecimiento de áreas de preservación y rehabilitación en la CARG.
- b. Un documento contentivo de los lineamientos técnicos para la evaluación de tierras con fines agrícolas y forestales y establecimiento de la vocación de uso de las tierras de la CARG.
- c. Un informe de los resultados de las evaluaciones ambientales, agrícolas y forestales y del establecimiento de la vocación de uso de las tierras de la CARG, con sus respectivos mapas a escala 1:100.000.

## **8. LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)**

La caracterización, evaluación y planificación de las cuencas hidrográficas, así como la localización espacial de las variables ambientales y socioeconómicas, requiere del manejo integral de un volumen muy grande de información proveniente de diferentes disciplinas. A la situación anterior se añade, que la mayor parte de las cuencas productoras de agua del país, presenta severas deficiencias de información en cuanto a calidad y representatividad cartográfica de los datos.

Dada la problemática planteada, adquiere significancia el desarrollo de una metodología sencilla, que permita generar la información requerida y representarla cartográficamente mediante la utilización e implantación de herramientas tecnológicas, como la Geomática, que faciliten la generación, recopilación, organización, almacenamiento, interpretación y consulta de información geoespacial (Machado et al, 2007).

La incorporación de la Geomática (Sistemas de Información Geográfica, Teledetección, Cartografía Digital, GPS, etc.), constituye una disciplina e instrumento tecnológico que facilita la elaboración de un plan de manejo integral de un área compleja como lo es caso de la Cuenca Alta del Río Guárico (Machado, 2006) ya que permite, entre otras cosas:

- Generar, recopilar y organizar la información espacial y atributiva de ese territorio.
- Análisis integral de grandes volúmenes de información multitemática.
- Simulación espacial de escenarios alternativos.
- Representación cartográfica de los resultados y consulta sistemática de los mismos.

### **Objetivo general**

Desarrollar los lineamientos técnicos, que permitan el diseño y desarrollo de un Sistema de Información Geográfica, para el resguardo, análisis y consulta de la información cartográfica y temática a obtener en el marco del Perfil de Proyecto y del Plan de Gestión Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico.

### **8.1. LINEAMIENTOS METODOLÓGICOS**

#### **8.1.1. Análisis y Diseño de la Mapoteca Digital**

La implementación de cualquier aplicación en plataforma SIG, requiere de la abstracción de una situación o fenómeno del mundo real, en un modelo de datos. Transferir un fenómeno del mundo real a una base de datos espacial, es una tarea compleja que requiere tomar en consideración 4 Fases (Machado 1998 y Van Lammeren, 1997):

- a. Modelo Contextual: base de conocimientos y puntos de vista de los usuarios que permite generar una clara visión de la realidad. En esta etapa se deben definir los objetivos y requerimientos de los usuarios, que debe satisfacer el sistema y con base a ello elaborar los fundamentos técnicos que soportarán el desarrollo de la aplicación (Especificaciones funcionales).
- b. Modelo Conceptual: se deben describir detalladamente los pasos que sigue cada uno de los procesos (Modelo de Procesos), que debe incluir el sistema, con sus respectivos flujos de datos (Input, Output). A continuación se mencionan los procesos relevantes que deben contemplarse para el Plan de Gestión Integral de la CARG:
- Actualización de Cartografía básica (Altimetría y Planimetría).
  - Actualización de Mapas Temáticos (Suelos, Cobertura y uso actual de la tierra).
  - Definición y caracterización de Unidades de Tierra.
  - Caracterización y Evaluación Socioeconómica y cultural.
  - Definición y caracterización de Sistemas de Producción y Tipos de Utilización de la Tierra.
  - Evaluación hidrometeorológica.
  - Evaluación Ambiental de Tierras.
    - Fragilidad Ambiental.
    - Áreas de atención para la producción sostenible de agua.
    - Áreas con prioridad de preservación y rehabilitación.
  - Evaluación agrícola y forestal de tierras.
  - Zonificación.
  - Dinámica espacio-temporal de los cambios de uso de la tierra.
  - Análisis Conflictos de Uso de la Tierra.
  - Plan de Ordenación del Territorio.
  - Planes de Gestión específicos.
- c. Modelo Lógico: descripción lógica de la metodología, modelo de objetos o diagramas entidad-relación y catálogo de objetos (Diccionario de datos).

Identificar y describir objetos que interactúan en los procesos:

- i. Físico-Natural
- Cuencas, subcuencas, microcuencas.
  - Unidades Pedogeomorfológicas
  - Cobertura Vegetal y uso actual de la tierra.
  - Mapas de pendiente.
  - Clasificación climática: Zonas de Vida de Holdridge.
  - Isoyetas medias mensuales.
  - Isotermas medias mensuales.
  - Unidades de Tierra.



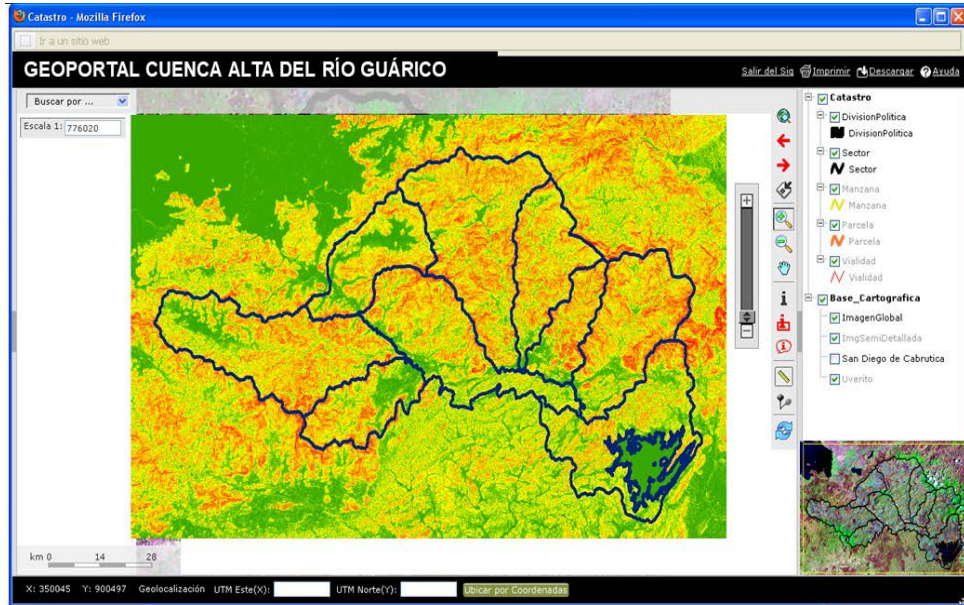
- Áreas Prioritarias de Atención Ambiental.
  - Vocación de Uso.
  - Ordenación Territorial.
- ii. Socio-Económico
- Uso Actual de la Tierra.
  - Sistemas de Producción.
  - Tipos de Utilización de la Tierra.
  - ABRAE.
- iii. Cartografía Base
- Imágenes de Satélite.
  - Modelo Digital de Elevación.
  - Centros Poblados.
  - División político territorial.
  - Red Vial.
  - Red hidrográfica y Cuerpos de Agua.
- d. Modelo de Objetos: cada entidad u objeto será definido por su geometría (localización y topología), más la información temática asociada. Objetos similares, se agrupan en clases, que deben ser descritas por un conjunto de atributos similares (Molenaar, 1997).

Elaborar el modelo de objetos o Diagrama de Entidad Relación.

- Entidad: Representar cada uno de los objetos considerados
  - Relación: se debe definir las formas de interacción entre dos o más objetos.
  - Identificador: Cada objeto debe poseer un identificador (id) único.
  - Atributos: Se debe definir el conjunto de información que describe cada objeto.
- e. Modelo Físico: definición del ambiente de desarrollo, implementación del modelo de procesos, estructura de datos e interface con el usuario del SIG.
- Ambiente de desarrollo: programas (Software) recomendados para el desarrollo del SIG, siguiendo los lineamientos establecidos en el Decreto No. 3.390, publicado en Gaceta oficial N° 38.095, (28 de diciembre de 2004), sobre uso prioritario del Software Libre desarrollado con Estándares Abiertos en la Administración Pública Nacional.
- En el Proyecto propuesto se recomienda la utilización de los siguientes programas:
- QGis y/o gvSIG, como cliente SIG avanzado.
  - PostgreSQL+ PostGIS, como base de datos espacial.
  - MapServer y/o Geoserver, como servidores de mapas.

- OpenLayers + MapFish, como visualizador de mapas web.
  - Linux (Debian, Ubuntu, etc.), como sistema operativo.
  - PHP, JAVA, HTML, etc.; como lenguajes de programación.
  - GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), como biblioteca de aplicaciones (software) para la lectura y análisis de formatos de datos geoespaciales, de código abierto.
  - Apache, como servidor web.
- Desarrollo de base de datos geoespaciales (cartográficas) y atributivas, en base a criterios definidos en la fase de diseño.
  - Integración física de la información cartográfica y atributiva, en base a Catálogo de Objetos.
  - Modelo comunicacional: debe contener al menos tres componentes:
    - Interfaz con los usuarios: Medio con que el usuario interactúa con el sistema (Figura 8.1); esta debe ser intuitiva, flexible, fácil de entender y de operar. Debe incluir facilidades como: ventanas, menú, iconos, líneas de comando, etc.
    - Presentación de resultados: forma en que el sistema presenta la información a los usuarios tanto en pantalla, salidas digitales y/o analógicas: mapas, cuadros, gráficos, informes, etc.
    - Presentación de Metadata: información que caracteriza, describe el contenido, calidad, condiciones, historia, disponibilidad y otras características de los objetos (entidades) contenidos en el sistema a desarrollar. Esta se debe realizar siguiendo los estándares presentados en la norma ISO19115  
 (<https://www.iso.org/standard/53798.html?browse=tc>)

**Figura 8.1. Ejemplo de Interfaz con el Usuario**



### **8.1.2. Desarrollo del Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Para el caso de la Cuenca Alta del Río Guárico, se plantea desarrollar el SIG en dos niveles: el primero, para usuarios especialistas, que requieran reinterpretar espacialmente la información, y el segundo nivel, para usuarios que sólo necesiten consultar la información.

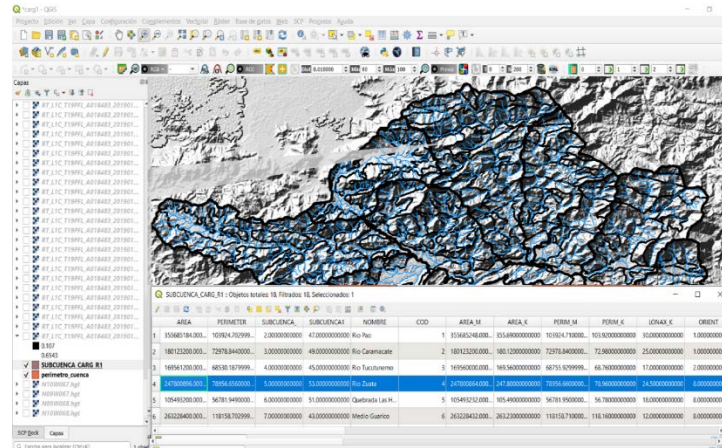
#### **8.1.2.1. SIG para usuarios especialistas**

Desarrollo de una aplicación utilizando como cliente SIG, una o más de las siguientes plataformas: QGIS, gvSIG, SAGA, GRASS, entre otros (Figura 8.2). Esta aplicación debe permitir organizar, analizar, consultar y actualizar la información espacial y atributiva; de acuerdo con los estándares cartográficos previamente definidos y los lineamientos conceptuales y de programación establecidos en el diseño. La aplicación debe permitir al usuario especialista, reinterpretar la información temática contenida en el sistema; por tanto, debe tener la capacidad de realizar análisis espaciales complejos:

- Superposición de capas vectoriales.
- Lógica booleana.
- Generalización, reclasificación.
- Análisis de proximidad (Buffer).
- Algebra de mapas.
- Generación de Isolíneas.
- Interpolaciones.

- Análisis estadístico y geoestadístico.
- Análisis combinado de vectores y raster.

**Figura 8.2: Ejemplo de Aplicación SIG para Usuarios Especialistas**



### 8.1.2.2. Geoportal web, de consulta de información

Elaboración de aplicación web, de consulta de información geoespacial (Figura 8.3). Debe contener todas las funciones básicas de consulta de información geoespacial:

- Acercar (zoom-in), alejar (zoom-out), mover (pan).
- Localizar (find).
- Activar o desactivar capas.
- Colocar el mapa a una escala definida.
- Medir distancias y áreas.
- Ubicación relativa del área consultada.
- Realizar búsquedas atributivas.
- Localizar áreas a partir de sus coordenadas UTM.
- Imprimir o descargar el mapa.
- Consultar la información atributiva.

**Figura 8.3. Ejemplo de Geoportal Web para Consulta de Información**



Desarrollo de módulos de administración, seguridad y actualización del Geoportal.

### 8.1.3. Instalación, Implementación y Evaluación de la Aplicación

- Documentación del Sistema (Manual de Referencia, Manual de Usuario).
- Instalación del Sistema.
- Adiestramiento.
- Validación y evaluación por parte de los usuarios.
- Implementación del Sistema.

## 8.2. PRODUCTOS ESPERADOS

- a. Documento contentivo de las Especificaciones Funcionales para el desarrollo e implementación del Sistema de Información Geográfico de CARG. Se plantea desarrollar el SIG en dos niveles: el primero, para usuarios especialistas, que requieran reinterpretar espacialmente la información, y el segundo nivel, un Geoportal web para usuarios que sólo necesiten consultar la información.
- b. Base de datos documental, para el almacenamiento y manejo de la información primaria y secundaria recopilada (informes, mapas, datos generados por entrevistas, encuestas, talleres, etc).

## **9. BASES PARA EL PLAN DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO (POT) Y GESTIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE LA CARG**

La Cuenca Alta del Río Guárico (CARG) constituye un área especial del territorio venezolano donde se: (i) genera una parte importante del agua para el abastecimiento del área metropolitana de Caracas (60 %), y (ii) almacena el agua cruda producida en la cuenca en el embalse de Camatagua, para su posterior incorporación al acueducto de la ciudad capital. En la cuenca alta se realiza una serie de actividades económicas y sociales (agrícolas, pecuarias, agroindustriales, minería, turismo, asentamientos urbanos y rurales, otras), que en alguna medida entran en conflicto con, o afectan, uno de los servicios ambientales relevantes de la cuenca que es la producción de agua, al disminuir su cantidad y perjudicar la calidad.

La ordenación del territorio, como política pública, es uno de los instrumentos propuestos por el estado venezolano para contribuir a resolver los conflictos entre los usos y aptitudes de la tierra mencionados. Por ordenación del territorio, tal como está establecido en la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983), *“se entiende la regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales del desarrollo integral”*. Además de la ordenación del territorio, otro de los componentes utilizados en la gestión de cuencas hidrográficas es el denominado Plan de Gestión, constituido esencialmente por los Programas de Gestión, (contenido en el Capítulo 10), que no son más que las acciones y actividades estructuradas como propuestas de superación de los problemas de la cuenca (conflictos de uso, afectación de recursos naturales, deficiencias socio-ambientales, etc.), identificados y abordados principalmente en la fase de caracterización y diagnóstico del Proyecto.

Este capítulo del Perfil del Proyecto de la CARG está referido al primer componente mencionado: ordenación del territorio de la cuenca alta.

### **9.1. OBJETIVOS**

#### **a. Objetivo General**

Formular el Plan de Ordenación del Territorio y el Reglamento de Uso de la CARG en toda su extensión, para cumplir con lo establecido en la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (República de Venezuela, 1983) para el Área Bajo Administración Especial “Área Crítica con Prioridad de Tratamiento”, que se propone en este Perfil de Proyecto de la CARG, y darle soporte al Plan de Gestión de la cuenca alta. Así mismo, proponer los lineamientos para la gestión de las ABRAE existentes y otras áreas naturales protegidas por Ley.

## b. Objetivos Específicos

- Preparar Decreto de creación del “Área Crítica con Prioridad de Tratamiento” para la CARG.
- Preparar el Plan de Ordenación y Reglamento de Uso del ABRAE creada.
- Revisar Decretos de creación de los Monumentos Naturales Juan Germán Roscio (Cerro Platillón) y Arístides Rojas (Morros de San Juan) y preparar sus Planes de Ordenación y Reglamento de Uso.
- Evaluar la complementariedad de las zonas protectoras de cuerpos de agua, creadas por Ley, derivadas de la Ley de Aguas (Venezuela, 2007) (franjas de 300 m a ambos márgenes de los ríos de la cuenca y área de protección del embalse Camatagua), con la figura de ABRAE “Área Crítica con Prioridad de Tratamiento”, que se propone para toda la cuenca, y elaborar, si proceden, los Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso.
- Proponer lineamientos de gestión de las ABRAE y otras áreas naturales protegidas de la CARG, de acuerdo con la normativa vigente.

## 9.2. EL PLAN DE ORDENACIÓN DE LA CARG

En esta sección se formulan dos componentes básicos de la gestión de cuencas hidrográficas: (i) el Plan de Ordenación del Territorio de la CARG y (ii) la gestión de las figuras de ordenación denominada Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) y otras Áreas Naturales Protegidas existentes, y por definir, en el Proyecto de la CARG, con base en algunos principios de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983) (vigente), la Ley Orgánica de Planificación y la Gestión del Ordenamiento del Territorio (2006) (no vigente) y la Ley de Aguas (2007). El Plan de Ordenación de la CARG es un instrumento de planificación que sirve de marco de referencia espacial a los planes de gestión de la conservación de los recursos naturales, especialmente el recurso agua, el uso sustentable de los suelos y el mejoramiento del bienestar de los habitantes de la cuenca, considerando las potencialidades y limitaciones del territorio de la cuenca.

### 9.2.1. Directrices Derivadas del Plan de Ordenación

El Plan de Ordenación de la CARG establecerá las directrices en los siguientes aspectos:

- La definición de una visión futura como marco de referencia para orientar el proceso de ocupación del territorio (Imagen Objetivo).
- La identificación y selección de los usos primordiales y prioritarios a que deben destinarse las áreas de la cuenca de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones ecológicas, edáficas, económicas y socioculturales. Así como prohibir los usos de la

tierra no cónsonos con las condiciones físico naturales y socioeconómicas de la cuenca, que se configuran más bien en degradantes de la misma.

- La mejor localización de las actividades económicas y de servicios, en consideración con las condiciones naturales y la dinámica social de la cuenca.
- La localización geográfica de los asentamientos humanos, de las áreas para obras de infraestructura vinculadas con energía, transporte, comunicaciones, aprovechamiento de las aguas, saneamiento de aguas servidas provenientes de ciudades, corredores de servicio y minería.
- La definición de los espacios para las Áreas Naturales Protegidas y de Uso Especial (ABRAE) en razón a su valor ecológico, fragilidad o importancia en la CARG, si fuese pertinente, que contribuyan a alcanzar los objetivos del Proyecto.
- La definición de los corredores vitales de las redes de transporte como elementos integradores del territorio.
- Análisis de riesgo de ocurrencia de eventos naturales que ocasionen degradación de recursos naturales, especialmente en el contexto del cambio climático. Así como la demarcación, protección y reglamentación de áreas sometidas a riesgos naturales.
- La delimitación de las áreas degradadas y frágiles que merecen ser restauradas o rehabilitadas y protegidas de manera especial.
- El establecimiento de acciones para la protección del ambiente y el racional aprovechamiento de los recursos naturales.
- El fomento y desarrollo turístico de áreas con potencial escénico, entretenimiento, histórico y cultural.
- El establecimiento de mecanismos para que la participación civil organizada contribuya a orientar las decisiones relacionadas con la gestión de la cuenca, la protección ambiental y el mejoramiento de la calidad de vida.

### **9.2.2. Marco Legal para el POT**

Es imprescindible revisar los contenidos de los instrumentos normativos de mayor jerarquía espacial que ya estén formulados, independientemente de que estén o no aprobados o vigentes, o en aplicación. Por un lado, se debe considerar el marco de las siguientes leyes, entre otras:

- Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOPOT, 1983) (vigente).
- Ley Orgánica del Ambiente (2006)
- Ley Orgánica de Planificación y la Gestión del Ordenamiento del Territorio (2006) (no vigente).
- Ley de Aguas (2007).
- Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento (2007)
- Ley Forestal de Suelos y Aguas (1966), en sus artículos vigentes
- Ley de Bosques (2013).
- Ley de Zonas Especiales de Desarrollo Sustentable (2002)
- Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (2009)



- Ley de Gestión de la Diversidad Biológica (2008)

Por otra parte, debe ser considerado el conjunto de los planes jerárquicos de ordenación del territorio, que abarca:

- Plan Nacional de Ordenación del Territorio
- Plan Nacional del Ambiente
- Planes Estadales de Ordenación del Territorio (en este caso los de Aragua, Guárico y Carabobo).
- Igualmente deben revisarse los planes referidos relativos a espacios contenidos o que comprenden algún sector de la cuenca, sean estos Planes Urbanos o de ABRAE. Esa revisión debe hacer énfasis en: los problemas y objetivos identificados, las acciones previstas, los actores considerados y su relación con respecto al Plan que se proponga.

### **9.3. MARCO METODOLÓGICO PARA LA PROPUESTA DE PLAN DE ORDENACIÓN DE LA CARG**

En este componente del Proyecto, será determinante el uso y análisis integral de la información generada en la caracterización y diagnóstico ambiental y los resultados producidos por la generación de escenarios de planificación del uso de la tierra con el uso del modelo SWAT y los derivados de la evaluación ambiental de la CARG. La caracterización de los componentes biofísicos representa la información básica para la delimitación y caracterización de las unidades de ordenación a ser propuestas.

La formulación del Plan de Ordenación de Territorio (POT), requiere del desarrollo de las siguientes fases: (i) fase preliminar o preparatoria, (ii) síntesis ambiental y de la ocupación del territorio, (iii) prospectiva o formulación de escenarios de planificación, (iv) zonificación ambiental, (v) formulación de los Decretos de Creación de nuevas ABRAE y de sus Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso (PORU) (vi) formulación de los POT y reglamentos de uso de las ABRAE existentes, (vii) la Gestión del Riesgo y (viii) la formulación de estrategias y políticas ambientales para la implementación del POT de la CARG.

#### **9.3.1. Fase Preliminar o Preparatoria**

- a. En esta fase se definirán y desarrollarán aspectos tales como (i) conformación de un equipo interdisciplinario formulador del POT de la CARG, (ii) definición de los objetivos y alcances del POT, (iii) formulación del plan de trabajo, (iv) revisión, integración y consolidación de información existente generada en la caracterización, diagnóstico y evaluación integral de la CARG, los resultados generados por la aplicación del modelo SWAT y la información secundaria existente en otras fuentes, (v) análisis situacional inicial o de la condición actual de la CARG, (vi) revisión y

análisis del marco legal e institucional para la formulación del POT y (vii) elaboración del plan operativo detallado para la formulación del plan.

- b. Se prestará atención a revisar y analizar otros instrumentos para el POT, conformados por documentos con incidencia y vinculantes con la propuesta del POT que se genere para la CARG, mencionados en la Sección 9.2.2.
- c. En esta fase preparatoria se definirán los lineamientos, criterios y estrategias para la participación y priorización de los actores clave, en las fases de elaboración del POT de la CARG: (i) diagnóstico, (ii) construcción de escenarios, (iii) propuesta de zonificación del POT y (iv) conceptualización y formulación de los programas de gestión.

#### **9.3.1.1. Síntesis ambiental y de la ocupación territorial**

A partir del diagnóstico ambiental (Sección 5) se obtendrán los asuntos y las variables clave que alimentarán los análisis prospectivos y de zonificación que se desarrollarán en la formulación del POT. En tal sentido, se deberán desarrollar los siguientes aspectos:

- Análisis del proceso de ocupación del territorio.
- Priorización de problemas y conflictos ambientales y de ocupación.
- Determinación de áreas críticas en la cuenca.
- Generación de línea base de indicadores ambientales.

#### **9.3.2. Formulación de Escenarios de Planificación**

Las propuestas de ordenación y administración ambiental, como instrumentos de gestión de la cuenca, requieren además del diagnóstico de la situación actual, la elaboración de escenarios a largo plazo que informen sobre la probable evolución del país, región, y de la propia cuenca, puesto que la orientación de dicho futuro es el fundamento mismo de la planificación ambiental y del ordenamiento territorial.

El propósito del desarrollo de escenarios prospectivos es analizar el futuro ambiental de la CARG buscando destacar, a partir de la información existente condensada en la caracterización, los resultados del diagnóstico ambiental, de la simulación de escenarios de uso de la tierra y cambio climático con la aplicación del modelo SWAT, la evaluación integral, las tendencias positivas, pero también los costos o repercusiones ambientales de un posible desarrollo inconvenientemente orientado, que llame la atención de los actores sociales involucrados.

##### **9.3.2.1. Formulación de los escenarios de la CARG**

El propósito de hacer escenarios es visualizar posibles comportamientos a futuro, para luego diseñar e introducir las políticas, proyectos y acciones, que permitan aprovechar y

estimular armónicamente las tendencias favorables, y corregir aquellas que resulten inconvenientes.

A los fines de orientar el análisis prospectivo para la CARG, se formularán los escenarios que se proponen a continuación:

- a. Escenario tendencial.
- b. Escenario de máxima preservación.
- c. Escenario con la implementación de los POT estatales.
- d. El escenario deseable y posible, o escenario concertado.

El escenario deseable, se construirá, en parte, con base en los resultados que puedan surgir de los otros escenarios (a, b y c), de los cuales se tomarán los indicadores o supuestos más favorables y convenientes para la visión de futuro de la CARG.

### **9.3.2.2. Construcción del escenario tendencial**

Viene dado por la identificación en la situación actual de una serie de aspectos clave, susceptibles de ser analizados en su evolución tendencial, para tener una referencia clara de los potenciales problemas, de mayor relevancia en el horizonte de planificación. Es la dinámica real de ocupación territorial y usos de los recursos que ha prevalecido hasta la actualidad.

En Venezuela, el escenario tendencial tiene vigencia y es de suma importancia en virtud de la realidad económica que afecta al país, con unos ingresos petroleros mermados y en consecuencia afectando al presupuesto nacional, como una de las varias fuentes financieras para basar la gestión de la cuenca. Si bien pudiera facilitar algunas soluciones de los problemas ambientales de la CARG en el corto plazo, sin embargo, prevalece un ambiente de incertidumbre que agrava la crisis en largo plazo, al no disponerse de suficientes recursos financieros para la gestión integral de la CARG, en el mediano y largo plazo.

### **9.3.2.3. Escenario de máxima conservación (Preservación)**

Bajo este escenario, se pretende identificar los impactos derivados de no aprovechar los potenciales de producción de la CARG, a partir de la base de recursos naturales que podrían ser no utilizados. Se establece un contexto proteccionista, con el único propósito de sostener la producción agua, la protección de los recursos naturales de la cuenca y el mantenimiento de los servicios ambientales, por lo que se debería evaluar posibles insatisfacciones en las demandas de la población y en el desarrollo regional.

#### **9.3.2.4. Escenario con la implementación de los POT estatales**

Expresa el contenido de los Planes de los estados Aragua, Carabobo y Guárico y, sobre todo, sus consideraciones más específicas dirigidas o con efectos en la CARG. Esta cuenca forma parte en lo político-administrativo de los tres estados, por lo tanto, la imagen-objetivo de la CARG debe armonizarse con las imágenes-objetivo de los POT de estas 3 entidades regionales. En tal sentido, deben compararse las imágenes-objetivo de los 3 estados, puesto que el POT que se formule debe conciliar sus propuestas con los planes estatales existentes, o en proceso de actualización, los POU y el Plan Nacional de Ordenación del Territorio. De igual manera, el POT debe considerar las propuestas de desarrollo, concebidas por los organismos públicos y privados para la cuenca.

En síntesis, se trata del análisis de los elementos destacables de los Planes de Ordenación del Territorio de los estados Aragua, Carabobo y Guárico que puedan ser marco de referencia vinculantes para el POT de la CARG.

#### **9.3.2.5. Escenario deseable o concertado**

Debe ser una construcción más equilibrada, consciente y negociada con los actores sociales clave, que recoja de manera coherente, armónica y sustentable, los objetivos ambientales y de producción considerados deseables y posibles para la cuenca. Se enriquece y complementa con las propuestas más convenientes del escenario tendencial y con los Planes de Ordenación del Territorio Estadales. De este escenario debe surgir la llamada Imagen-Objetivo, el transformar la realidad socio ambiental de la CARG actual hacia condiciones que se consideren deseables y posibles, la cual definirá las líneas maestras del desarrollo social que se desea, entre otras, la ocupación planificada del territorio, el crecimiento y localización de los centros urbanos, de las actividades económicas, la identidad cultural que se aspira, la organización de centros poblados, el nivel de servicios y equipamiento requerido, la participación y transformación social deseada y la base de sustentación ecológica a favorecer.

### **9.3.3. El Marco Metodológico para la Zonificación**

La zonificación ambiental se desarrollará a partir de los resultados de la caracterización y diagnóstico ambiental, los resultados derivados de los escenarios obtenidos por el uso del Modelo SWAT, los componentes de la Evaluación Integral de la Cuenca y con los resultados de los escenarios tendencial y deseado, referentes para la toma de decisiones, por cuanto representan visiones hipotéticas del futuro de la CARG.

#### **9.3.3.1. La participación en la fase prospectiva y zonificación ambiental**

La construcción de los escenarios y su alcance en el proceso, marcan el rol de los actores dentro de ella. Tal como está establecido, el escenario deseado y la zonificación

ambiental, requieren de la consulta y aportes de los actores clave de la cuenca. Las posibilidades de participación de los actores clave pudieran considerar, entre otras, las siguientes modalidades:

- Estudiando, evaluando y avalando los resultados del escenario tendencial construido por el equipo técnico.
- Construyendo y avalando el escenario deseado o posible.
- Presentando sus aportes para la construcción del modelo de ordenación del territorio o la zonificación propuesta para la CARG y las propuestas de uso para las unidades de ordenación.
- Emitiendo sus opiniones sobre los Programas de Gestión que se propongan.
- Contribuyendo en la concepción y delimitación de nuevas ABRAE o aprobación de la ABRAE propuesta para la cuenca como un todo.

### **9.3.3.2. Definición de las unidades de ordenación del territorio (UOT)**

El mayor énfasis de la zonificación está dado a definir las áreas donde existen ecosistemas naturales de importancia ecológica, dado su rol en la conservación de la biodiversidad y la producción de agua, y que por la intervención humana o algún evento crítico, puedan ser amenazados o disminuidos.

La zonificación también busca definir las áreas o UOT que, por sus condiciones, permita el establecimiento de sistemas de producción, útiles para el desarrollo social y la dinámica económica de la cuenca. Igualmente, se separan las áreas que ya poseen un uso definido, como son las zonas urbanas, usos comprometidos y los cuerpos de agua, entre otros.

La zonificación conforma el elemento esencial que, proporciona seguridad jurídica a los particulares, al propio tiempo que reduce considerablemente la discrecionalidad de los funcionarios de las instituciones que tienen responsabilidad en expedir autorizaciones para el desarrollo de actividades económicas y de otra naturaleza (construir obras de ingeniería y/u obras de servicio público, entre otras).

La zonificación tiene dos grandes propósitos, (i) delinear los espacios de relevantes con funciones ecológicas a proteger y (ii) delinear espacios con diferentes opciones de uso (Áreas de desarrollo socioeconómico).

La zonificación permitirá identificar espacios geográficos cartografiables o Unidades de Tierra (UT) a la escala de trabajo del proyecto (1:100.000), diferenciables entre sí en el contexto fisiográfico de la CARG, caracterizados a través de un conjunto de atributos físico-naturales y socioeconómicos que le den identidad propia como Unidades de Ordenación del Territorio (UOT). El proceso de ordenación a ser establecido debe estar en concordancia con la normativa legal que rige la materia, de modo que no pueda ser objetable por vicios de nulidad.

Las superficies geomórficas o geoformas, definidas por aspectos permanentes, tales como la geología, red de drenaje, el tipo de relieve y la pendiente, son el punto de partida para la delineación de las Unidades de Ordenación. Luego de estas delineaciones, las unidades pueden ser subdivididas mediante el uso de otros atributos, tales como las zonas de vida, cobertura vegetal y uso actual de la tierra, evidencias de actividad morfodinámica (actual o pasada) y polígonos de ABRAE existentes.

Sobre estas unidades se identifica el uso actual y luego, sobre la base del análisis de potencialidades y restricciones de cada Unidad de Ordenación, se determina su uso potencial. A partir de allí, se podrán definir, en cada una de ellas, las condiciones de uso y manejo viables y pertinentes para alcanzar la imagen ambiental deseable de la cuenca, así como definir los conflictos actuales de uso de la tierra.

El reconocimiento de campo, tal como está previsto (Sección 4.1), en cada subcuenca es deseable a los fines de obtener información fisiográfica más detallada, percibir la problemática ambiental asociada al uso actual de la tierra, observar la ocupación de áreas protegidas y usos indebidos, tales como: expansión de la frontera agrícola, prácticas agrícolas inadecuadas, ganadería extensiva degradante de los suelos, talas para explotación forestal y la ocurrencia de procesos erosivos inducidos por diferentes causas que se potencian con las condiciones geológicas y del relieve.

### **9.3.3.3. Límites de las unidades de ordenación**

Es conveniente que los límites de las unidades de ordenación estén definidos por límites naturales, accidentes topográficos, sencillos de identificar y materializar en el terreno, para así asegurar su franca e inequívoca ubicación y con ello facilitar la utilización y protección de cada zona, según el caso. Para el establecimiento de estos límites se trata de reconocer unidades cartográficas plenamente observables en el contexto de la CARG.

Tal como fue indicado en la fase de caracterización (Sección 4.7.2), se usarán como UOT las unidades delineadas en el mapa de unidades litogeomorfológicas generado por la UCV Agronomía (Casanova y Vilorio, 2004) a escala 1:100.000, elaborado a nivel de paisajes y asociaciones de tipos de relieve, por ser variables que tienen absoluta representación cartográfica, visualmente identificables, permanentes en el tiempo y donde se pueden hacer mediciones y evaluaciones de los procesos de ocupación y sus consecuencias.

Las unidades de tierra delineadas en el estudio señalado deben estar sujetas a ajustes cartográficos para precisar sus límites y deben ser mejoradas con respecto a la definición de sus rangos de pendiente. En tal sentido, y con el auxilio de modelos digitales de elevación (MDE) se deben delinear las unidades de tierra cuyos rangos de pendiente oscilen en los siguientes valores: menos de 8%, 8-16%, 16-30%, 30-45%, 45-

60% y más de 60%; estos rangos determinan en cierta forma las posibilidades de uso. El uso de estos rangos, puede estar sujeto a la extensión de las unidades de tierra, en consecuencia, no se descarta que algunos rangos puedan fusionarse, sin menoscabo de las aptitudes de las tierras. En tal sentido, es determinante identificar y delinear las tierras con potencialidades de uso agrícola (cultivos, pecuario, agroforestal y forestal).

Como paso adicional se tratarán de armonizar cartográficamente las unidades de respuesta hidrológica (HRU) a ser generadas por el uso del modelo SWAT y las UOT a los fines de incluir en su descripción y evaluación su comportamiento en términos de la producción de sedimentos bajo el uso actual o ante un escenario de manejo.

De esta forma las UT se convertirán en las UOT integrantes de la zonificación del POT.

#### **9.3.3.4. Criterios y variables de caracterización de las unidades de ordenación**

Es pertinente señalar que los atributos diferenciadores previamente son suficientes para separar las unidades cartográficas; sin embargo, para la caracterización de los espacios, se requiere utilizar un conjunto de otros atributos que agreguen un mayor conocimiento de las condiciones físicas, biológicas, culturales y socioeconómicas que permitan definir las vocaciones y patrones de uso, las limitaciones ecológicas y económicas; los impactos ambientales actuales y potenciales generados por su utilización y la definición de las pautas para el aprovechamiento, la conservación y la protección de los recursos naturales existentes.

Con tal objetivo, es necesario considerar los siguientes criterios o aspectos temáticos, entre otros, para propósitos de la zonificación:

- Tipos de geoformas contrastantes (lomas altas, valles, filas, etc.).
- Subcuencas altamente generadoras de agua y/o sedimentos.
- Ecosistemas estratégicos para la producción de agua.
- Áreas boscosas de cobertura densa y alta diversidad biológica.
- Formaciones vegetales con presencia de especies endémicas.
- Áreas con ecosistemas especiales (bosques nublados, bosques de galería, áreas con vegetación saxícola, etc.).
- Áreas con ecosistemas naturales con conectividad ecológica.
- Áreas con ecosistemas naturales fragmentados.
- Disponibilidad de tierras con potencial agrícola.
- Existencia de sitios con valores escénicos singulares.
- Áreas ocupadas tradicionalmente por comunidades campesinas.
- Áreas con potencial y uso minero comprometido.
- Áreas degradadas por la acción antrópica o eventos naturales.
- Áreas en proceso de recuperación natural (sucesiones vegetales).

- Usos de la tierra y espacios comprometidos a futuro, tales como: presas construidas, sitios reservados para la construcción de presas y embalses y corredores de servicio, áreas de expansión de ciudades, entre otros.
- Sitios de interés por su valor histórico, antropológico y cultural.
- Áreas urbanas y centros poblados establecidos.

#### **9.3.3.5. Caracterización de las unidades de ordenación producto de la zonificación**

En tal sentido, en la base de datos a desarrollar para el Proyecto, cada unidad de ordenación (UOT) debe contener, entre otros, los siguientes atributos para su descripción o caracterización:

- Nombre de la Unidad.
- Superficie Ocupada (ha).
- Localización.
- Subcuenca.
- Rango de altitud (m.snm).
- Rango de pendiente (%).
- Precipitación media (mm).
- Temperatura media (°C).
- Zona de vida de Holdridge.
- Geología (litología dominante).
- Restricciones geotécnicas.
- Geomorfología (geoformas dominantes).
- Balance morfodinámico.
- Suelos (Unidades taxonómicas predominantes).
- Capacidad de uso.
- Cobertura vegetal.
- Uso actual de la tierra.
- Erosión actual.
- Fragilidad y sensibilidad ambiental.
- Usos propuestos.

#### **9.3.3.6. Usos y actividades permitidos en cada unidad de ordenación**

Para cada UOT se describirán las siguientes opciones de uso:

- Los usos y actividades permitidas:** están sujetos a las aptitudes de las tierras y a determinantes establecidas en los programas de gestión, dados por el grado de compatibilidad que presenten con relación a los objetivos de la ABRAE propuesta y de las existentes en la CARG.



- b. **Los usos prohibidos:** usos totalmente incompatibles con los objetivos que se persiguen en cada clase determinada en la zonificación y de las directrices particulares establecidas para el Plan de Ordenación de la CARG.
- c. **Los usos restringidos:** los que puedan permitirse, en los casos que no contradigan los objetivos de conservación de la CARG , que no deterioren el paisaje y los recursos y estén sujetos a los criterios de zonificación y condicionantes establecidas previamente para el POT.

#### **9.3.3.7. Zonificación de las ABRAE existentes**

En la CARG, concurren dos ABRAE, que no cuentan con Planes de Ordenación del Territorio, ni Reglamentos de Uso. Estas figuras son: el Monumento Natural Juan German Roscio (Cerro Platillón) y el Arístides Rojas (Morros de San Juan).

Se deberá formular la zonificación y ordenación para estas ABRAE y el reglamento de uso para cada una, tal como lo especifica la normativa al respecto para el caso de los monumentos naturales.

#### **9.3.4. Formulación del Decreto de Creación de Nuevas ABRAE**

Se requiere hacer un análisis para justificar la ABRAE que se proponga (ACPT u otra), cónsona con la realidad socioambiental de la cuenca.

Con base al Artículo 17 de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio, que sirve de fundamento legal para la creación de una ABRAE determinada, se elaborará el decreto para ordenar la elaboración del plan de ordenación y reglamento de uso de la CARG, así como para los Monumentos Naturales y Zonas Protectoras existentes en el ámbito de la CARG.

Igualmente, como resultado del diagnóstico, se evaluará la conveniencia de proponer otras ABRAE tal como será el caso de una Zona Protectora para el embalse Tierra Blanca, un Área de Protección de Obra Pública (APOP) para los embalses Tierra Blanca y Camatagua, y por último una Zona Protectora para la ciudad de San Juan de los Morros. De no ser el caso, debe preverse en la zonificación UOT que contemplen usos como los considerados en las APOP y Zonas Protectoras. De esta forma, pudiera evitarse la proliferación de ABRAE, las cuales demandan de POT Y PORU, lo cual puede resultar en un Plan de Gestión más complejo al cual estaría asociado un sistema de ABRAE.

En el caso de las Zonas Protectoras actuales y propuestas y para otras ABRAE, se seguirán, como orientación, las pautas de zonificación desarrolladas en este documento.

### 9.3.5. La Gestión del Riesgo

De acuerdo con la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009), se debe integrar la gestión del riesgo en la planificación territorial y del desarrollo; considerando la gestión del riesgo, como un condicionante para el uso y ocupación del territorio de forma segura, evitando la configuración de nuevas condiciones de riesgo; lo que hace que el componente de gestión del riesgo sea de carácter transversal en el Plan de Ordenación de la CARG. La gestión de riesgos contempla la probabilidad de ocurrencia de fenómenos socio-naturales en la CARG, que puedan afectar las áreas de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (incluyendo la producción de agua), los asentamientos humanos, la infraestructura estratégica y las áreas donde se desarrollan actividades productivas. Se contempla establecer las medidas necesarias para evitar el deterioro de los recursos naturales, la afectación del desarrollo económico y social, procurando una ocupación del territorio de forma segura, y así evitar la configuración de nuevas condiciones de vulnerabilidad y riesgo.

Por lo tanto, en el componente de gestión del riesgo en el POT de la CARG y en consecuencia para el Plan de Gestión Integral de la CARG, se deben considerar y desarrollar, entre otros, los siguientes aspectos:

- a. Identificar las posibilidades de afectación en la cuenca de las condiciones físicas, ecosistémicas y socioeconómicas, de la infraestructura vital y los asentamientos humanos, por la ocurrencia de eventos amenazantes, incluyendo condiciones de variabilidad climática por eventos hidrometeorológicos extremos, movimientos gravitacionales, etc.
- b. Identificar las UOT más adecuadas para la localización de las actividades socio-económicas en la cuenca, de forma segura bajo los fundamentos de sostenibilidad ambiental y adaptabilidad a la variabilidad climática.
- c. Determinar la tendencia de las condiciones de amenaza, de la vulnerabilidad de elementos expuestos y de los escenarios de riesgo identificados en la cuenca hidrográfica, y proponer y concertar acciones para la reducción del riesgo que estén en consonancia y favorezcan el desarrollo económico, ambiental y social proyectado.
- d. Señalar los condicionamientos de uso y ocupación del suelo, identificar y priorizar programas para el conocimiento y la reducción de los riesgos existentes para evitar la configuración de nuevas condiciones de riesgo.

### **9.3.6. Estrategias Ambientales para la Implantación del Plan de Ordenación**

Representan las líneas maestras de acción que le otorgan direccionalidad específica al proceso de instrumentación del POT y que prefiguran las actividades a seguir. Es un conjunto coherente de lineamientos de acción y de medios instrumentales que definen:

- Énfasis en determinados elementos del ambiente
- Dirección del estilo de desarrollo a lograr y situación objetivo
- Relación de coherencia y consistencia entre los diferentes componentes;
- Líneas de acción cuyo impacto cambie la realidad existente hacia la situación deseada.

Las siguientes pudieran ser algunas de las estrategias a formular para apuntalar los elementos de Política Ambiental, al igual que para la justificación e implantación de los Programas fundamentales de gestión para la implantación de los Planes de Ordenación de las ABRAE existentes y propuestas para la CARG.

Al respecto, se desarrollarán los alcances con base en los siguientes elementos:

- a. Preservación del patrimonio natural y cultural dentro de las áreas bajo régimen de administración especial (Monumentos naturales, zonas protectoras) u otros espacios de interés ambiental.
- b. Conservación (Aprovechamiento adecuado del potencial de recursos de las cuencas).
- c. Divulgación y promoción del Plan de Ordenación de las cuencas, sus repercusiones ambientales y socioeconómicas.
- d. Participación social (Participación de la comunidad organizada).
- e. Promoción de alianzas estratégicas (Desarrollo de vínculos y acción interinstitucional).
- f. Capacitación del personal de las instituciones involucradas.
- g. Mejoramiento de los servicios públicos de las comunidades.
- h. Desarrollo, aplicación, evaluación y adecuación permanente de la normativa ambiental
- i. Mejorar el rol del Estado y su relación con la sociedad civil.

### **9.4. GESTIÓN DE LAS ÁREAS BAJO RÉGIMEN DE ADMINISTRACIÓN ESPECIAL (ABRAE) DE LA CARG**

Constituyen Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), las áreas del territorio nacional que se encuentran sometidas a un régimen especial de manejo conforme a las leyes especiales. También se consideran Áreas Bajo Régimen de Administración Especial, las áreas del territorio nacional que se sometan a un régimen especial de manejo (República de Venezuela, 1983). En la CARG existen tres situaciones en relación a las ABRAE, que se describen a continuación.

#### **9.4.1. Áreas Naturales Protegidas existentes con base en la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOPOT) y la Ley Forestal de Suelos y Aguas**

Fueron establecidas por su condición de Áreas Naturales Protegidas, con base en la LOPOT (Venezuela, 1983), y como Zonas Protectoras de la Ley Forestal de Suelos y Aguas (Venezuela, 1966). Las siguientes son Áreas Naturales Protegidas que se corresponden con esta situación:

##### **a. Monumento Natural Juan German Roscio (Cerro Platillón)**

El Pico o Cerro Platillón o Cerro Platillón es una formación de montaña ubicada en el extremo norte del estado Guárico, Venezuela. Con una altura de 1.930 msnm, el Pico Platillón es la montaña más alta de la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa Central. Es protegido como Monumento Natural Juan German Roscio por decreto publicado en Gaceta Oficial de Venezuela, No. 33.664 de 20 de febrero de 1987 y ocupa la porción más alta de la subcuenca del río San Juan. Presenta diferentes tipos de vegetación, como sabanas secundarias, bosques (incluyendo bosques nublados), matorrales, arbustales sobre lomas expuestas y vegetación abierta sobre afloramientos de rocas. Fue declarado como Monumento Natural (ABRAE) en 1987 por la importante red de cursos de agua que contribuyen al abastecimiento de diferentes embalses, entre los cuales destaca el de Camatagua, que es vital para Caracas. Las principales amenazas al Monumento y sus alrededores son los incendios y las invasiones de tierra, que afectaran severamente la operatividad de los diferentes embalses, si no se toman las medidas adecuadas (Meier W., 2005).

##### **b. Monumento Natural Arístides Rojas (Morros de San Juan)**

Se trata de un sistema de geoformas desarrolladas sobre rocas calizas, formadas por la deposición de sedimentos marinos, las cuales tuvieron su evolución cuando un antiguo mar cubría esta zona hace 80 millones de años. Estas expresiones del relieve son morfogenicamente de origen disolucional, kársticas, configurando domos y lomas rocosas. Esta ABRAE se localiza en los alrededores de San Juan de Los Morros, en la parte más baja de la subcuenca del río San Juan, afluente del río Guárico. Su principal atractivo es la belleza escénica del paisaje de morros, que son geomorfológicamente tipos de relieve que se elevan hasta los 1.060 metros, constituidas por caliza arrecifal. Otro de sus atractivos es la vista panorámica de San Juan de los Morros, el cual se puede divisar desde lo alto del monumento (Wikipedia, 2020).

##### **c. Zona Protectora de Suelos, Bosques y Aguas en la Cuenca Hidrográfica del Río Guárico**

Aun cuando no se cuenta con información precisa de la vigencia del Decreto No. 106 de fecha 27/05/1974, publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 30408 (Venezuela, 1974), se conocen los considerandos del Decreto y el contenido

parcial del artículo mediante el cual se declara la creación de la Zona Protectora, con base en la Ley Forestal de Tierras y Aguas. Los considerandos y parte del artículo declarativo, señalan:

- ✓ Considerando 1: *“La forma en que se están usando las tierras comprendidas dentro de la cuenca del río Guárico tendrá influencia en la vida útil del embalse de Camatagua, así como en la conservación de los recursos naturales de la zona”.*
- ✓ Considerando 2: *“Que las aguas del embalse de Camatagua están dedicadas a varios fines, entre los cuales está el suministro de agua al acueducto que surte a Caracas”.*
- ✓ Artículo No.1 (declarativo): Se declara Zona Protectora de Suelos, Bosques y Aguas en la cuenca del río Guárico un terreno con superficie aproximada de 40.207 ha, ubicado en los municipios Carmen de Cura y Camatagua, del Distrito Urdaneta del estado Aragua (y continúa con la descripción del polígono y sus vértices).

Por la ubicación y el área decretada, se hace evidente, que la Zona Protectora se refiere únicamente al embalse de Camatagua. Se considera que la protección ambiental de este embalse, comienza en la propia cuenca alta del río Guárico y la figura de protección del embalse formará parte de la ABRAE a crear para toda la cuenca alta: Área Crítica con Prioridad de Tratamiento (ACPT). En cualquier caso, el documento de creación tiene un valor documental de referencia para los planes de ordenación y la gestión de ABRAE de la CARG.

Se requiere que estas Áreas Naturales Protegidas sean evaluadas en relación a su estado actual, vigencia de las normativas legales o sublegales, disponibilidad de Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso, necesidad de actualización de los objetivos para la gestión integral de las aguas.

#### **9.4.2. Zonas Protectoras de Cuerpos de Agua, con base en la Ley de Aguas**

Fueron establecidas directamente con base en los artículos 53 y 54 de la Ley de Aguas como Zonas Protectoras de cuerpos de agua (Venezuela, 2007). Las Zonas Protectoras de cuerpos de agua tendrán como objetivo fundamental proteger áreas sensibles de las cuales depende la permanencia y calidad del recurso y la flora y fauna silvestre asociada. Se declaran como Zonas Protectoras de cuerpos de agua, con arreglo a la Ley de Aguas (Venezuela, 2007), las siguientes:

- La superficie definida por la circunferencia de trescientos metros de radio en proyección horizontal con centro en la naciente de cualquier cuerpo de agua.

- La superficie definida por una franja de trescientos metros a ambas márgenes de los ríos, medida a partir del borde del área ocupada por las crecidas correspondientes a un periodo de retorno de dos, coma treinta y tres (2,33) años.
- La zona en contorno a lagos y lagunas naturales, y a embalses construidos por el Estado, dentro de los límites que indique la reglamentación de esta Ley.

Destacan en la CARG:

- (i) La zona protectora de cuerpos de agua conformada por la superficie definida por las franjas de 300 m a ambas márgenes de los ríos afluentes del río principal (río Guárico) y del propio río Guárico. Como Zona Protectora se plantean algunas alternativas: (i) la preparación de un Plan Especial de Ordenación y Reglamento de Uso, (ii) incluirla como un área de protección especial con una sección particular en la propuesta de ABRAE para toda la cuenca alta (Área Crítica con Prioridad de Tratamiento), considerándola igualmente en el Plan de Ordenación y Reglamento de Uso de la figura creada; y (iii) considerarla una ABRAE (Zona Protectora), de acuerdo al artículo 15 de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (1983) y por tanto, prepararle un Plan de Ordenación y Reglamento de Uso, pautados en la misma Ley. El Proyecto propondrá y justificará la opción más apropiada de acuerdo a los objetivos del Plan de Gestión de la CARG, en claro cumplimiento de la normativa aplicable.
- (ii) La zona en contorno al Embalse Camatagua, para la cual se podría aplicar el mismo tratamiento que para las franjas a las márgenes de los ríos, señalado en el párrafo anterior, considerando además el contenido y alcance del Decreto que creó la Zona Protectora de Suelos, Bosques y Aguas, señalado anteriormente.

#### **9.4.3. ABRAE por Crear en el Marco del Proyecto CARG**

Se refiere a un Área Bajo Régimen de Administración Especial para toda la cuenca alta, que contribuya a alcanzar los objetivos del Proyecto. En particular, la figura “Área Crítica con Prioridad de Tratamiento” (ACPT), conceptualmente, implica la obligatoriedad programática de la articulación de las inversiones que conlleven a la reversión de la problemática del área crítica, y a la formulación legal como tal. Se propone desarrollar la figura “ACPT”, que permitiría evaluar dos opciones, para la gestión de la Cuenca:

- (i) Una ABRAE única para la CARG, con una sectorización adecuada que se nutra de las diversas figuras preexistentes (Monumentos Naturales Cerro Platillón y Morros de San Juan) y Zonas Protectoras (cuerpos de agua y Suelos, Bosques y Aguas).
- (ii) La coexistencia de la ABRAE creada “Área Crítica con Prioridad de Tratamiento” con las figuras preexistentes (Monumentos Naturales), con base en el alcance de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio al respecto “*No se consideran*

*incompatibles someter a un mismo espacio del territorio a dos o más figuras de ABRAE, siempre y cuando ellas sean complementarias*". Se requiere para la figura de Área Crítica con Prioridad de Tratamiento" la preparación de propuestas de: (i) Decreto de creación de la ABRAE, (ii) Plan de Ordenación del área de la ABRAE y (iii) el Reglamento de Uso.

Por ello, para su administración como "Área Bajo Régimen Especial" (figura de protección que obliga a la aplicación de las acciones que lleven a la reversión de la problemática que justifica su creación), se propone en el capítulo de Institucionalidad, el establecimiento de una Unidad de Gestión específica usando el concepto de "Autoridad Única de Área" (artículos 58 a 60 de la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio-1983). Esta figura legal se presenta como alternativa para la ejecución de las diferentes acciones de protección y la propuesta de una Agencia de Cuenca, que tiene la característica de ser un Servicio Autónomo y, por tanto, gestionar los mecanismos presupuestarios pertinentes. Además, permite la concreción de una Organización de Usuarios articulados a las instancias superiores de la gestión en su Consejo de Cuenca.

Adicionalmente, se requiere hacer un análisis y justificar otras ABRAE a proponer cónsonas con la realidad ambiental de la cuenca. En tal sentido, es pertinente evaluar la necesidad y conveniencia de proponer nuevas zonas protectoras (ZP) y las Áreas de Protección de Obra Pública (APOP), para la infraestructura hidráulica y para otras que revistan importancia estratégica en la CARG. O en su defecto, proponer en la zonificación del POT del "Área Crítica con Prioridad de Tratamiento", la delineación de unas unidades de ordenación con los propósitos establecidos para una Zona Protectora (ZP) o un Área de Protección de Obra Pública (APOP), definiendo en el reglamento los diferentes propósitos y restricciones de cada unidad de ordenación. De esta forma se evita la promulgación de más figuras y se simplifica la gestión.

## **9.5. PRODUCTOS ESPERADOS**

Se generarán los siguientes documentos:

- a. En relación a la figura de ordenación Área Crítica con Prioridad de Tratamiento (ACPT)
  - Propuesta del Plan de Ordenación y Reglamento de Uso.
  - Proyecto de decreto de formulación del Plan de Ordenación y Reglamento de Uso de la CARG.
  - Proyecto de decreto de creación de la ABRAE (ACPT).
- b. En relación a las ABRAE existentes
  - Resolver complementariedad con la ACPT.
  - Propuestas de Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso.
  - Proyectos de decretos de implementación de los Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso.

- c. En relación a otras ABRAE propuestas
- Resolver complementariedad con la ACPT.
  - Propuestas de Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso.
  - Proyectos de decretos de implementación de los Planes de Ordenación y Reglamentos de Uso.
  - Proyectos de decretos de creación de las nuevas ABRAE, si fuese el caso.



## **10. BASES DEL PLAN DE GESTION INTEGRAL DE LA CARG**

La gestión de cuencas hidrográficas, cuyo propósito fundamental sea el abastecimiento de agua a poblaciones, está orientada principalmente a asegurar que el agua generada mantenga los estándares oficiales de calidad requeridos por la normativa vigente de calidad de agua y por las especificaciones técnicas de las plantas potabilizadoras de los acueductos respectivos. No obstante, las cuencas además deben mantener la suplencia de agua en cantidad suficiente de acuerdo a la planificación general del acueducto.

Mejorar la calidad y disponibilidad de agua de las cuencas abastecedoras son objetivos claros de la gestión que se proponga en cualquier cuenca que manifieste signos de degradación en estos indicadores. La Cuenca Alta del Río Guárico presenta signos de que sus aguas alcanzan el embalse de Camatagua con niveles de calidad inferiores a los exigidos por las especificaciones para el consumo humano y para su potabilización en las plantas de depuración y desinfección, así como con contenidos de sedimentos en tal magnitud que comprometen la vida útil del embalse.

El Plan de Gestión Integral de la CARG se concibe como un conjunto de programas y acciones cuya instrumentación va a permitir orientar el proceso de ocupación territorial y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, en concordancia con la estructura socioeconómica y el marco legal e institucional vigente.

El diagnóstico ambiental de la cuenca permitirá visualizar las potencialidades y aptitudes, así como las limitaciones para el desarrollo sustentable de la cuenca alta. La implementación del desarrollo sustentable de la CARG estará asociada a los problemas identificados, al tomar como referencia la ordenación territorial. De esta manera se establece el marco de referencia de los Programas específicos dentro del Plan de Gestión Integral de la cuenca.

Los Programas de Gestión se conciben como modelos de actuación que se elaboran anticipadamente para orientar y dirigir las acciones, en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de darle solución a los principales problemas detectados en el diagnóstico. Los componentes del Plan Integral de Gestión de CARG tendrán en buena medida una orientación ajustada a los objetivos señalados de mejoramiento de la calidad y cantidad del agua generada.

Los Programas de Gestión permitirán hacer un seguimiento permanente de los eventos que están ocurriendo en la cuenca, que permitan evaluar periódicamente su estado.

## **10.1. OBJETIVOS**

### a. Objetivo General

Elaborar el Plan de Gestión Integral de la CARG, incluyendo los Programas específicos, que definen las directrices para solucionar los principales problemas que afectan la producción de agua, la conservación de los recursos naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, de la cuenca alta.

### b. Objetivos Específicos

- Evaluar los Programas de Gestión propuestos en este Capítulo, y proponer, si se considera necesario, otros Programas específicos.
- Preparar los Programas de Gestión (propuestas) de acuerdo a las pautas contenidas en la Sección 10.10 de este Capítulo.
- Proponer un esquema de uso sustentable de la tierra de la cuenca alta, con base en los resultados de (i) la caracterización y análisis de los sistemas de producción agrícola (Sección 4.10) , (ii) el plan de ordenación del territorio (Sección 9), (iii) la aplicación del modelo de simulación SWAT de pérdida de suelos por erosión y sedimentación (Sección 6) , (iv) la evaluación ambiental de la cuenca (Sección 5), y (v) el modelo general de agricultura sustentable en ambientes montañosos (Sección 11).

## **10.2. COMPONENTES Y ALCANCES DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

El Plan de Gestión Integral de la CARG contará, entre otros, con los siguientes componentes que se aprecian como muy relevantes:

- Formulación de Programas específicos de gestión de la cuenca, con indicación de prioridades de actuación de acuerdo a los problemas identificados en la Caracterización y Diagnóstico.

Esta sección del documento hace mayor énfasis en los Programas de Gestión. Los mismos son secciones alusivas a temas o problemas específicos, a ser implementados en el corto, mediano y largo plazo para su solución. Serán identificados y elaborados por especialistas del equipo consultor del Proyecto CARG, bajo los lineamientos contenidos en este documento de Perfil del Proyecto. Preliminarmente, y con base en el conocimiento previo que se tiene de la cuenca, se identificaron doce (12) Programas de Gestión para la CARG, que no son, necesariamente, los únicos. Este número puede variar en función de los resultados que surjan de la Caracterización y Diagnóstico Ambiental. Inclusive, algunos de ellos pueden convertirse en Subprogramas.

- Propuesta de uso sustentable de la tierra de la cuenca, con base en la caracterización y análisis de los sistemas de producción agrícola, en el plan de ordenación del territorio, los resultados del uso del modelo de simulación SWAT de pérdida de suelos por erosión y sedimentación, la evaluación ambiental de la cuenca, y el modelo general de agricultura sustentable en ambientes montañosos, incorporando los posibles efectos del Cambio Climático.

Constituye uno de los mayores retos de la gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico, por cuanto no implica solamente un problema de cambio de tecnología agrícola, sino que significa un cambio de actitud de los agricultores ante el quehacer de la producción de alimentos y un cambio de valores de mucha gente ante problemas que tienen un carácter colectivo en la cuenca. Esto es difícil de abordar. El Proyecto CARG propondrá una metodología de trabajo para alcanzar usos alternativos – sustentables- de los espacios agrícolas de la cuenca. Se propone una integración de conocimientos, contenidos en las fuentes señaladas en el aparte “a”, conducentes a juicios expresados en textos y mapas, que resumen el planteamiento de nuevos escenarios.

- Propuesta de lineamientos para el mejoramiento del bienestar de los pobladores de la cuenca, a través de acuerdos interinstitucionales, de manera de mejorar los servicios de salud, servicios públicos, educación, y transporte y movilidad. Este componente del Programa de Gestión tiene un carácter muy especial y se abordará principalmente considerando como bases preliminares el contenido del Programa de Apoyo a las Comunidades, en cuya sección (Sección 10.9.6) correspondiente, se incluye de manera abreviada y con carácter motivador, el trabajo por realizar en el Proyecto CARG.

Esencialmente los 3 componentes señalados conforman el Plan de Gestión del Proyecto CARG y hacia allí se deben orientar los esfuerzos y los recursos de la gestión ordinaria de la CARG.

### **10.3. PREMISAS PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE GESTION**

Las premisas para la definición de los Programas, deben considerar las siguientes condiciones:

- El propósito es transformar a la CARG, en un territorio sostenible (social, económica y ambientalmente).
- Los Programas se deben basar en la caracterización y el diagnóstico ambiental, el análisis de los escenarios tendencial y deseable (prospectivo) y las propuestas de zonificación ambiental.
- La escala de resolución del estudio (1:100.000)
- La necesidad de identificar aquellos Programas que sean de aplicación general para las 9 subcuencas de la CARG, o en su defecto, aquellos programas que

sean particulares para algunas subcuencas, de acuerdo a sus condiciones físico-naturales, socioeconómicas y a su problemática ambiental.

- Los programas inicialmente conceptualizados por el equipo técnico del Proyecto CARG, deben ser objeto de validación por los diferentes actores, durante el proceso de participación, y previo a la aprobación del Plan de Gestión Integral de la CARG.

#### **10.4. LAS DIMENSIONES TEMPORAL Y ESPACIAL DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN**

Algunos de los criterios de priorización, en la implantación temporal de los Programas de Gestión, son:

- La severidad de los problemas de la cuenca, y sus impactos en la producción de agua y el bienestar de los pobladores.
- La facilidad o dificultad de implantación de cada programa.
- La disponibilidad de información, de recursos humanos, económicos y logísticos, del tiempo para la capacitación de los profesionales.
- La distribución espacial de la problemática ambiental a enfrentar.
- El proceso de negociación o abordaje a las instituciones, comunidades y otros actores.

Esta priorización, constituye un insumo para la Hoja de Ruta de los Programas, que se expresará en el corto, mediano y largo plazo. Igualmente, los plazos de implantación van a tener influencia en la definición de los Indicadores de los Programas, puesto que algunos pueden implantarse en el corto plazo, y dar resultados inmediatos; mientras que otros, en el mediano y largo plazo.

En relación a la dimensión espacial, es de utilidad indicar los espacios donde se implantaría un determinado Programa o varios de ellos (sectores de las cuencas, subcuencas, microcuencas, unidad de ordenamiento, por ejemplo). En efecto, es el diagnóstico, la principal fuente de información que permite identificar el problema ambiental, el valor ambiental que se quiere preservar, o el recurso natural que se quiere aprovechar y conservar.

Hay Programas donde no es fácil direccionar espacialmente la acción, pues el tema tiene un carácter generalizado en el territorio. En este caso, se deben tener criterios de priorización, tales como el grado de deterioro de los recursos naturales, tamaño de las comunidades, accesibilidad, conflictos de uso, o por el contrario, si se trata de un territorio no intervenido, donde prevalece la acción de preservar.

## **10.5. CRITERIOS PARA LA FORMULACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN**

Se visualizan los siguientes criterios para la conceptualización y ámbito de aplicación de los Programas:

- Grado de conservación (o de deterioro) de los recursos naturales: el estado actual de conservación y al grado de deterioro de los recursos naturales y la necesidad de realizar alguna acción de mitigación, recuperación y/o manejo.
- Necesidad sentida (expresada por los actores): grado de necesidad de implantar cada Programa, para contribuir con la sustentabilidad de la cuenca o subcuenca, o una determinada comunidad.
- Beneficio ambiental directo: contribución de cada Programa para prevenir, mitigar o compensar los impactos en la cuenca o subcuencas, o unidad de ordenamiento.
- Beneficio socioeconómico: aporte de cada Programa para mejorar las condiciones socio-económicas de las comunidades de la CARG.
- Coherencia con iniciativas de otras instituciones: concordancia de cada Programa con los procesos institucionales, o comunitarios, y la posibilidad de asignación de recursos.
- Continuidad: compromiso por parte de las comunidades, instituciones y otros actores, en la ejecución y permanencia de los Programas.

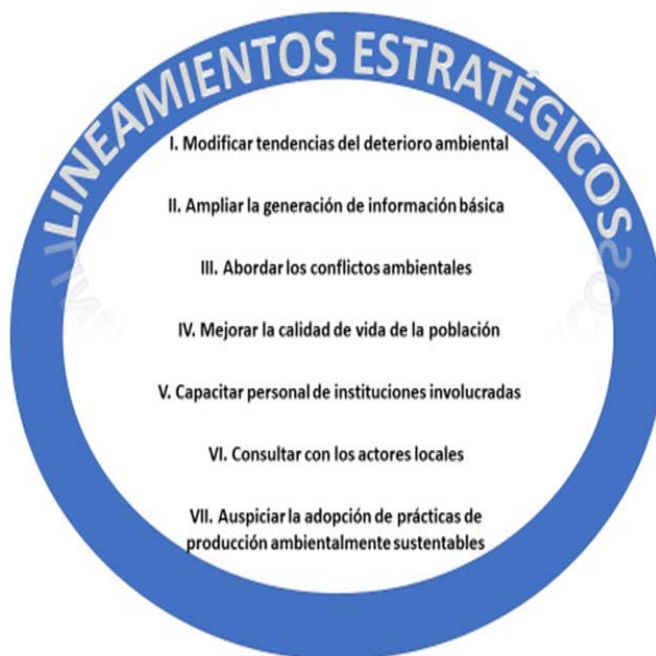
## **10.6. LOS PROGRAMAS DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

Los Programas de Gestión, deben tener como base un conjunto de lineamientos estratégicos, alineados al funcionamiento de la institucionalidad deseable para la gestión de la cuenca, tal como se muestra en la Figura 10.1.

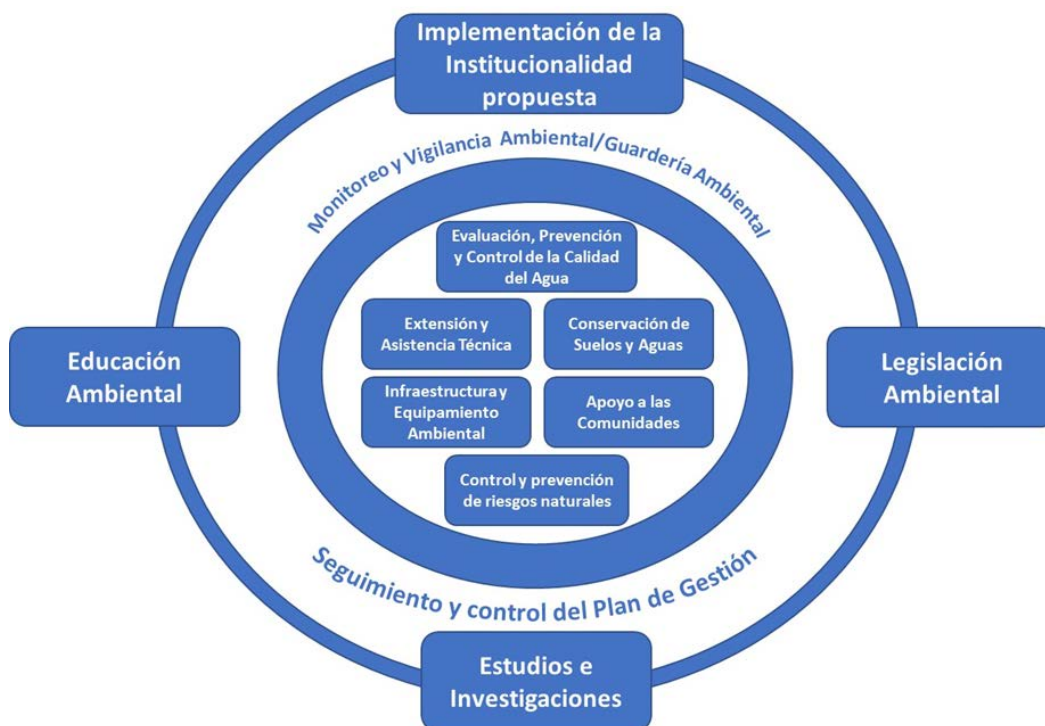
Los Programas de Gestión se conciben integrados e interrelacionados, distinguiéndose como i) operativos, ii) de seguimiento y evaluación y iii) transversales, desde el círculo central hasta la periferia, tal como se ilustra en la Figura 10.2.

Los doce (12) programas propuestos a desarrollar se indican, en versión abreviada, en las Secciones 10.6.1 a la 10.6.12.

**Figura 10.1. Lineamientos Estratégicos de los Programas de Gestión**



**Figura 10.2. Integración e Interrelación de los Programas de Gestión de la CARG**



### **10.6.1. Programa de Implementación de la Institucionalidad Propuesta**

Aun cuando es un Programa de muy alta relevancia para el futuro Proyecto CARG, es de corto periodo de ejecución (p.e. un año). Se trata de acelerar la implementación de la estructura institucional de la CARG, de manera de iniciar lo antes posible, la ejecución de los Programas. De esta forma, se busca superar una debilidad de la mayoría de los proyectos de gestión de cuencas hidrográficas en el pasado, la cual fue organizar simplemente un ente de corte administrativo con algún componente de seguimiento técnico al avance del proyecto, por el periodo de ejecución del mismo (3 a 5 años), establecido por la agencia internacional de financiamiento. Finalizado este periodo, se cerraba el proyecto conjuntamente con el ente organizativo creado. Excepción fue la creación de la Agencia de Cuencas del Río Tuy y la Cuenca del Lago de Valencia en el año 1993, con una vigencia muy efímera, por lo que no hubo oportunidad de evaluarla, como una experiencia de gestión novedosa e interesante para el país.

Se pretende con el Proyecto CARG, establecer un entidad institucional de gestión de la cuenca de carácter permanente, con el cumplimiento de todas las formalidades y normativas vigentes o por crear, en un tiempo relativamente corto y con participación de los actores relevantes de la cuenca. El ente institucional tendrá una agenda de largo plazo, plasmada en un Plan de Gestión orientado al mejoramiento permanente de la capacidad de la cuenca de suministrar sus servicios de abastecimiento de agua y contribuir a ofrecer una mejor calidad de vida a sus habitantes. Uno de los propósitos importantes de este Programa consiste en diseñar e implementar una especie de ruta para establecer la institucionalidad de la gestión de cuencas en la CARG.

### **10.6.2. Programa de Evaluación, Prevención y Control de la Calidad de las Aguas**

Es un Programa de máxima prioridad en las cuencas abastecedoras de agua a ciudades, incluyendo la CARG, con un alto grado de contaminación en ríos y embalses, provenientes de fuentes puntuales y difusas. Destacan las aguas servidas (sin, o con escaso tratamiento) de San Juan de los Morros, parte de Villa de Cura, San Sebastián de los Reyes, San Casimiro, Güiripa y Tiara. También se suma el trasvase de aguas servidas, desde la cuenca del lago de Valencia a la cuenca del río Guárico (aunque no está operando actualmente); las aguas servidas sin tratamiento de fincas de producción de aves y porcinos; y provenientes de sépticos inadecuados de viviendas dispersas en la cuenca; los residuos de biocidas y fertilizantes provenientes de áreas agrícolas con cierta intensidad; el arrastre de sedimentos en suspensión (arcillas) con sustancias contaminantes adheridas; y los residuos domésticos e industriales.

Dado que el componente agua constituye el elemento transversal para la gestión de la cuenca, en interacción con los otros componentes, de la cual se deriva la alteración de su calidad, este programa contemplará aquellas acciones y medidas que deben ser realizadas por la institucionalidad que defina la gestión integral de la cuenca, orientadas a mantener o mejorar la calidad en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos,

donde prevalezcan aquellas de carácter preventivo, en armonía con las actividades productivas de la cuenca, en el marco del desarrollo sustentable. Este programa incluye promover las acciones para garantizar el abastecimiento de agua segura para consumo de las comunidades en la cuenca.

El programa permitirá la ampliación de la información básica en los aspectos relacionados con el uso y calidad de las aguas de la CARG, la afectación de la calidad del agua por fuentes de contaminación puntuales y difusas; requerimientos de calidad para los diferentes usos consuntivos y no consuntivos del agua, así como el monitoreo y control de las consecuencias de las medidas adoptadas para la preservación de la calidad del agua en la CARG, entre otros. Todo ello con el propósito de ofrecer información sistemática y confiable que asegure el mejor soporte a la toma de decisiones en esta materia y un seguimiento adecuado de su efectividad.

Es así como el monitoreo de la contaminación de las aguas y embalses y la implementación de soluciones a la contaminación constituyen componentes esenciales de este Programa.

### **10.6.3. Programa de Conservación de Suelos**

Los suelos son elementos esenciales en el almacenamiento temporal de las aguas de escurrimiento de las cuencas y en la regulación del flujo superficial y subterráneo. Constituyen además uno de los componentes principales de la producción agrícola al suministrar los nutrientes y el agua de los cuales dependen los cultivos y los pastos. Igualmente, constituyen el anclaje de los distintos tipos de bosques que aún se sostienen a lo largo de la cuenca, especialmente los denominados de galería, adyacentes a la red de drenaje superficial, los cuales son reservorios de carbono, por una parte, y protectores de la superficie de los suelos al impacto erodante de las gotas de lluvia. Los suelos son uno de los sumideros esenciales de carbono del planeta, formando parte de la materia orgánica de los horizontes superficiales. La pérdida de suelos, principalmente por erosión acelerada, afecta el ciclo hidrológico, la producción agrícola y forestal, y contribuye con el Cambio Climático a través de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la pérdida de los horizontes superficiales. La conservación de suelos debe ser un pivote fundamental en la gestión de la CARG y posiblemente en todas las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua de ciudades en Venezuela.

La actividad agropecuaria es una de las principales actividades económicas en la CARG, y como se ha señalado en varias oportunidades en el documento, la explotación de ganado bovino es la más significativa. De acuerdo a la tendencia del uso de la tierra en la CARG, se asume que ha venido evolucionando desde una cubierta general de bosques de diferentes clases, y sustituida principalmente por agricultura en pequeñas superficies. Posteriormente, por adquisición de bienhechurías, y agrupación de las pequeñas superficies agrícolas de subsistencia, se han transformado en áreas extensas



de sabanas, dedicadas a la ganadería extensiva de montaña. Se atribuye a la actividad ganadera de montaña la mayor parte de la degradación de suelos por erosión originada por el pisoteo del ganado y formación de terracetos (pie de vaca).

El Programa de Conservación de Suelos para la CARG, en este contexto, debe estar muy vinculado con el de Extensión Agrícola, con base en un modelo diferente de agricultura de montaña y un cambio en el patrón de uso de la tierra.

El Programa de Conservación de Suelos será conceptualizado e implementado en dos ámbitos: (i) en las áreas con aptitud agrícola (cultivos, pecuario, agroforestal, forestal productor o plantaciones) a los fines de identificar, proponer y describir las prácticas para prevenir y mitigar los efectos que vienen generando usos tales como la agricultura de subsistencia y mecanizada, el uso ganadero extensivo, el aprovechamiento forestal extractivo, la construcción de infraestructura vial mal concebida; y (ii) en las áreas sin vocación agrícola, donde se identificarán y describirán las medidas de conservación y rehabilitación de las tierras afectadas por procesos erosivos, deforestación, quemados, etc.

Las medidas a identificar e implantar deberán contribuir a racionalizar los usos agrícolas y agropecuarios y otros usos (rehabilitación, preservación), para iniciar los procesos de recuperación que mitigarán en el mediano y largo plazo, los efectos degradantes causados por la erosión hídrica, como consecuencia de la baja capacitación de los productores y del uso de tecnologías y métodos de trabajo no congruentes con la conservación de los suelos, las aguas y la vegetación, así como la apertura de vías de comunicación, construcción de infraestructura, etc.

Se espera que el Programa pueda contribuir a revertir la disminución de la cobertura vegetal protectora que ha ocasionado una crítica problemática de erosión y degradación de las tierras.

#### **10.6.4. Programa de Extensión Agrícola y Asistencia Técnica para la Producción Ambientalmente Sustentable**

Este Programa debe proponer las estrategias y medidas que permitan el uso de buenas prácticas para los productores agrícolas y otras actividades comerciales presentes en la CARG. El Programa debe fomentar la participación de los productores y del Estado Venezolano, para desarrollar y ejecutar un programa de capacitación, extensión y asistencia técnica, que satisfaga las necesidades de los beneficiarios, contribuya a la producción de alimentos y otros bienes o servicios, así como la conservación de los recursos naturales y la producción sustentable de agua.

Este Programa debe orientarse a apoyar los procesos productivos en dos ámbitos principales, (i) asistencia a productores agrícolas y (ii) asistencia a los pobladores con emprendimientos en actividades productivas agroindustriales, manufactureras y turísticas y de otros servicios.

Estudios recientes y muy completos sobre el tema de la extensión agrícola en América Latina revelan que, de los numerosos Programas de Extensión Agrícola que se han ejecutado son muy pocos los que se mantienen activos y la mayoría no han sido exitosos, al parecer porque han insistido más sobre el cambio técnico que sobre el componente socioeconómico. No obstante, los programas exitosos que aún sobreviven también en varios países tienen en común las siguientes características: (i) son democráticos y participativos; (ii) abarcan a todos los usuarios dentro del mismo programa o tienen programas para cada tipo de usuario y (iii) establecen diferentes formas de cofinanciamiento.

Uno de los principales énfasis de este Programa, es definir las pautas de asistencia técnica orientadas a cambiar el modelo de agricultura predominante en la CARG, hacia un modelo de agricultura sustentable en ambiente montañoso. En tal sentido, la caracterización y diagnóstico de las condiciones socioeconómicas y de los sistemas de producción agrícola (SPA), permitirán precisar y corroborar lo que los antecedentes revelan sobre la influencia de los Sistemas de Producción Agrícola y las condiciones socioeconómicas, sobre el deterioro de los sistemas ambientales de la CARG. El Programa debe proporcionar las bases conceptuales y lineamientos para producir los cambios necesarios, mediante un enfoque de extensión novedoso y actualizado, que atienda a las especificidades de la CARG y su sostenibilidad, contribuyendo así con el abastecimiento seguro y permanente del agua de Caracas.

La Extensión Agrícola en la CARG debe ser un Programa de carácter permanente, que se ejecutará conjuntamente mediante convenio con el ente gubernamental responsable por el desarrollo agroalimentario de la nación, así como con los entes con competencia en los temas ambiente y agua (“actores” públicos relevantes), bajo la coordinación del ente institucional responsable de la gestión de la CARG. Deberá abarcar a los productores, sus familias y las comunidades asociadas, ya que los problemas no sólo son técnico- productivos, sino también social y ambiental, por lo que la extensión rural debe incluir un fuerte contenido organizacional, asistencial y educativo.

El Programa debe establecer los lineamientos para proponer: (i) alternativas agrícolas sustentables con sistemas de cultivos conservacionistas como el café con sombra en áreas con aptitudes apropiadas, cultivos frutales (cobertores de la superficie del suelo) de piso medio y alto; (ii) áreas de conservación y producción de agua, protección de bosques y hábitats de fauna y de áreas degradadas sujetas a restauración y (iii) sistemas de producción con prácticas culturales conservacionistas incorporadas, adaptadas a ecosistemas frágiles en ambientes montañosos.

#### **10.6.5. Programa de infraestructura y equipamiento ambiental**

Uno de los objetivos del Plan de Gestión de la CARG es contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca, especialmente de las áreas rurales, la

cual es extremadamente baja. Los servicios públicos (agua, electricidad, gas doméstico, recolección de desechos, transporte) son limitados o inexistentes; los servicios de salud y la educación son mínimos; la vialidad rural, especialmente en los meses lluviosos, es muy restringida. La actividad económica en las áreas rurales de la cuenca es igualmente muy baja, dependiendo principalmente de unas explotaciones ganaderas de muy baja eficiencia, con muy poco manejo técnico del rebaño (pastoreo sistemático, alimentación, sanidad) y poco demandante de mano de obra. El empleo es casi inexistente, la mayoría de los habitantes en edad productiva han emigrado a las ciudades, o tienen pequeños sistemas de producción de subsistencia, con cultivos tradicionales, tipo “conuco”.

El Programa debe proponer lineamientos que puedan contribuir al mejoramiento de la calidad de agua que finalmente alcanza el embalse de Camatagua, promoviendo el diseño, construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas servidas de los centros poblados más importantes de la Cuenca Alta del Río Guárico y la minimización de las descargas de aguas residuales y excretas a los cuerpos de agua, tanto en las áreas urbanas como rurales. Igualmente, deberá evaluar el estado del equipamiento o infraestructura para el tratamiento y disposición final desechos y residuos sólidos, vías de comunicación, electricidad, entre otros servicios básicos.

Este programa debe identificar las demandas de infraestructura ambiental necesarias para el mejoramiento de la vialidad, el control de la erosión asociado a las vías de comunicación en la cuenca alta, control de taludes y torrenteras.

Adicionalmente, el Programa de Infraestructura y Equipamiento deberá contribuir a mejorar el conocimiento de la información hidroclimática de la cuenca, a partir de la definición de lineamientos técnicos para la instalación o redimensionamiento de la red hidroclimática en la CARG, cuya generación de datos va a permitir un manejo más eficiente de los recursos hídricos, mejores pronósticos hidroclimáticos y seguimiento de los efectos del cambio climático.

#### **10.6.6. Programa de Apoyo a las Comunidades**

Este programa busca proveer mejores condiciones, oportunidades y herramientas a la población que habita en la CARG, para mejorar sus condiciones generales de vida, expandiendo el acceso a los servicios básicos e incrementando los niveles de ingreso familiar mediante el desarrollo de emprendimiento en actividades productivas, que constituyan alternativas válidas de aprovechamiento racional de los recursos naturales, en concordancia con los lineamientos y estrategias para el desarrollo sustentable y la conservación de la cuenca.

El Programa de Apoyo a las Comunidades debe establecer las estrategias y lineamientos técnicos para orientar la identificación de las acciones necesarias para dotar y mejorar los servicios básicos a la población, con énfasis en salud, educación y transporte, de acuerdo a las condiciones particulares de las comunidades. Proponer

actividades productivas que, en concordancia con el potencial de recursos naturales y la tradición de los pobladores, permita diversificar la base productiva y las fuentes de empleo, elevando, en consecuencia, el ingreso familiar.

El Programa de Apoyo a las Comunidades está considerado como uno de los programas más importantes del Plan de Gestión y constituye un reto de envergadura, especialmente en los primeros 5 años de la gestión.

#### **10.6.7. Programa de Normativa Ambiental**

La cuenca carece de un esquema normativo que sirva de soporte para la gestión del desarrollo y conservación, y para el fomento de las actividades económicas compatibles con su vocación fundamental.

Se debe diseñar un programa de normativa específica para la gestión de cuencas, apoyado en la normativa ambiental existente en Venezuela. Este Programa incluye para el ámbito de la CARG, un marco normativo de los temas relevantes, acorde con las condiciones ecológicas, económicas y potencialidades de la cuenca, que regule el uso de los recursos naturales, las actividades productivas asociadas a estos y la ocupación del territorio, así como la restauración las áreas degradadas y la protección de las áreas que lo requieran. Se concibe como un programa permanente, sujeto a revisiones periódicas, adaptadas a la situación particular de la cuenca.

A los fines de la definición de este programa, se revisarán las normas vigentes relacionadas con: la institucionalidad en cuenca hidrográficas, los planes de gestión integral, el control de las actividades asociadas a la prestación de servicios, a las actividades productivas asociadas al manejo de recursos naturales, el control de actividades turísticas y recreacionales, las del manejo, control y vigilancia de las áreas con fines protectores, las de la calidad de aguas, entre otras.

#### **10.6.8. Programa de Estudios e Investigaciones**

Es conocida la deficiencia relativa de información que existe en la CARG, ya sea por disponibilidad limitada, desactualización o dispersión. Se hace necesaria la formulación de un programa de estudios e investigaciones para generar conocimiento sobre los componentes físico-naturales (ecosistemas, recursos naturales) y socioeconómico, asociados al territorio de la cuenca alta.

Este Programa debe identificar temas prioritarios y acciones de estudios a ser ejecutados por la organización responsable de la implementación del Plan de Gestión, que pueden ser desarrollados por convenios con universidades, institutos de investigación, ONG y la empresa privada. Este programa busca mejorar el conocimiento de los procesos naturales y antrópicos, con repercusiones en los componentes físicos, bióticos y sociales de la cuenca.

El programa va a permitir sistematizar la información ambiental, fortalecer la capacidad de monitoreo, suplir de insumos al resto de los programas, con el objetivo de avanzar en la gestión integrada de la CARG. La generación de información contribuirá con el desarrollo del sistema de información ambiental de la CARG, para facilitar las decisiones de la Autoridad que se acuerde para la cuenca.

Algunos de los subprogramas y proyectos que se identifiquen en el diagnóstico ambiental, tienen como propósito definir los estudios requeridos para generar y mejorar el conocimiento científico que demandan los diferentes programas de gestión de la CARG.

#### **10.6.9. Programa de Educación Ambiental**

El objetivo central de este programa es promover la concienciación de los pobladores e instituciones de la CARG, en los valores y conductas sociales vinculadas a la sustentabilidad de la cuenca, como vía para garantizar los servicios ecológicos, en beneficio de la calidad ambiental y humana.

Por ello, es necesario desarrollar un programa de educación ambiental dirigido a los pobladores de la CARG, el cual pretende, mediante acciones educativas continuas, fortalecer a los actores sociales, para incorporarlos en los procesos de toma de decisiones, y en las acciones que se asumirán para la conservación, el aprovechamiento y el manejo racional de los recursos naturales de la cuenca. Un componente nuclear, para el largo plazo, en el camino del desarrollo sustentable de la CARG, lo constituyen los programas de educación ambiental, dentro de los que se piensa de la educación formal.

El programa debe considerar las dimensiones social, económica y ambiental. En lo social, la población que aprovecha los recursos de la cuenca, y la población particular asentada en ella, deberán conocer su importancia, los servicios ambientales que ofrece, así como el compromiso de la población con la sustentabilidad de la cuenca. En lo económico, el Programa debe propiciar la diversificación económica, el proceso de adopción de prácticas productivas sustentables, así como el desarrollo de capacidades en los habitantes para la búsqueda de fuentes alternativas de ingresos. En lo ambiental, debe gestionar la educación para fortalecer la participación responsable de la comunidad, en la identificación, análisis y aportes en las soluciones de los problemas ambientales de la CARG. Así mismo, se debe fomentar la creación o fortalecimiento de redes, así como a la organización de la población de la cuenca.

#### **10.6.10. Programa de Monitoreo, Vigilancia y Control**

El Programa de Monitoreo, Vigilancia y Control Ambiental de la cuenca y la evaluación de sus resultados, es un instrumento esencial para valorar la efectividad del Plan de Gestión Integral de la CARG, y en particular de los Programas que se implementen.

Este Programa debe contener las estrategias y acciones para cuantificar los logros y debilidades en la ejecución del Plan de Gestión, y recopilar experiencias dirigidas al desarrollo sustentable de la cuenca.

El Programa puede definirse como un proceso continuo de observaciones y mediciones, para evaluar los resultados de la gestión de la cuenca, a través de los indicadores, y comprende actividades sistemáticas que proporcionen información sobre el cambio o la permanencia de atributos ambientales. Los resultados del monitoreo permite alimentar la base de datos y su procesamiento dentro del contexto del sistema de información ambiental de la CARG.

La vigilancia y control, se identifican principalmente, como actividades de evaluación del cumplimiento de la normativa ambiental vigente en el territorio de la cuenca. Los resultados derivados de la vigilancia y control serán, además, la base para los expedientes que se levanten por infracciones a la legislación ambiental vigente. El programa suministrará la información necesaria para realizar el seguimiento del cumplimiento del Plan y así definir los ajustes y modificaciones que permitan hacerlo más efectivo.

#### **10.6.11. Programa de Control y Prevención de Riesgos Naturales**

Este Programa debe diseñarse a los fines de incorporar la variable riesgo, en el Plan de Gestión de la CARG, para una mejor toma de decisiones, en el uso y ocupación del territorio y para beneficio del ambiente de la cuenca. Este programa permite incluir los fundamentos de sostenibilidad ambiental y adaptabilidad a la variabilidad climática, dentro del proceso de ordenación territorial ya realizado (Sección 9).

La gestión de riesgos debe contemplar la probabilidad de ocurrencia de fenómenos amenazantes de origen natural o antrópico en la cuenca, que pueden afectar las áreas estratégicas para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, los asentamientos humanos y la infraestructura estratégica.

Este Programa incluye la visión de seguridad de la cuenca, incluyendo la evaluación de amenazas y análisis de vulnerabilidad y la definición de escenarios de riesgo, que permitan una ocupación segura del territorio, estableciendo los condicionamientos para su uso y ocupación. El programa se orienta hacia el conocimiento, la reducción y control de los factores de riesgo que permitan soportar la toma de decisiones.

El Programa deben contemplar (i) el conocimiento del riesgo (susceptibilidad, amenazas y vulnerabilidades), (ii) la evaluación de la susceptibilidad, la amenaza y la definición y priorización de los escenarios de riesgos, (iii) las alternativas relacionadas con la reducción de las condiciones de riesgos, (iv) la definición de estrategias y acciones tendientes a intervenir y reducir las condiciones de riesgo existentes, (v) determinar en la “Fase Prospectiva y de Zonificación del Plan de Ordenación del Territorio”, los posibles

escenarios en los sectores definidos como críticos (Áreas de criticidad Ambiental), a partir de la evaluación de la susceptibilidad y amenazas a la cuenca, de acuerdo con la tendencia de ocupación del territorio y (vi) identificar las medidas de adaptación y adecuación que puedan adoptarse y que permitan minimizar los impactos derivados del cambio climático.

Tal como está planteado en la concepción de la interrelación de los programas, es necesario que en el programa de educación ambiental se contemple la capacitación en gestión del riesgo. Esta propuesta se basa en lo previsto en la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (Gaceta Oficial N° 39.095, del 9 de enero de 2009), en las Normas Venezolanas COVENIN y en las normas de la Organización Internacional para la Normalización (ISO), en vigencia; así como las aprobadas en los tratados, acuerdos, pactos y convenios internacionales suscritos y ratificados por el país.

#### **10.6.12. Programa de Seguimiento, Control y Evaluación del Plan de Gestión**

Se incluyen los procedimientos sistemáticos de seguimiento e indicadores para evaluar la eficiencia, efectividad y pertinencia de los Programas del Plan de Gestión de la CARG, permitiendo identificar los logros y debilidades de la gestión de la cuenca. Con su implementación, se propondrán las medidas correctivas para alcanzar los objetivos del Plan.

Este Programa debe ser concebido como un proceso dinámico y permanente de retroalimentación, por parte de la autoridad responsable de la ejecución del Plan. Los resultados deben ser: (i) dados a conocer periódicamente a los actores de la CARG y permitirán mantener la memoria activa sobre los aciertos o fallas a lo largo del seguimiento y la evaluación; y (ii) compilados en informes técnico-administrativos de rendición de cuentas, que permitirá identificar las acciones de mejora, o continuar la gestión, en consonancia con lo planificado.

Como parte de la formulación del Programa, deben proponerse los instrumentos de divulgación de los resultados del seguimiento y la evaluación del Plan.

#### **10.7. PROPUESTA DE CONTENIDO DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN PARA LA CARG**

A continuación, se indican, de manera esquemática, los acápites que se deben considerar en los Programas, advirtiendo que el esquema general propuesto admite algunas adaptaciones dependiendo de los resultados de la caracterización y diagnóstico ambiental, y de acuerdo con las características propias de cada Programa:

- Definición del Programa.
- Objetivos general y específicos.
- Justificación.

- Alcance.
- Ámbito espacial de aplicación del Programa.
- Contenido (Lineamientos técnicos del Programa).
- Subprogramas o Proyectos identificados (si proceden).
- Resultados esperados.
- Responsables de la implementación.
- Plazos de ejecución.
- Indicadores.
- Reportes.

## **10.8. PRODUCTOS ESPERADOS**

1. Documentos contentivos de los Programas y Subprogramas de Gestión, para las áreas temáticas siguientes:
  - a. Programa de implementación de la institucionalidad propuesta.
  - b. Programa de evaluación, prevención y control de la calidad de las aguas.
  - c. Programa de conservación de suelos.
  - d. Programa de extensión agrícola y asistencia técnica para la producción ambientalmente sustentable.
  - e. Programa de infraestructura y equipamiento ambiental.
  - f. Programa de apoyo a las comunidades.
  - g. Programa de normativa ambiental.
  - h. Programa de estudios e investigaciones.
  - i. Programa de educación ambiental.
  - j. Programa de monitoreo, vigilancia y control.
  - k. Programa de control y prevención de riesgos naturales.
  - l. Programa de seguimiento, control y evaluación del plan de gestión.

Si se definen nuevos programas, se incluyen como productos esperados.

2. Un documento que muestre la planificación propuesta de uso sustentable de la tierra de la CARG. El documento solicitado vendrá acompañado de mapas síntesis (Escala 1:100.000) y gráficos ilustrativos de la metodología utilizada y detalles de la propuesta.



## 11. BASES PARA EL MODELO DE GESTION INTEGRAL DE LA CARG

Uno de los retos centrales de este proyecto es proponer un Modelo de Gestión Integral para la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), cuyos elementos constructivos pudieran ser replicados -con los ajustes pertinentes- en otras cuencas abastecedoras de agua a centros poblados en el país. Los desaciertos en los proyectos de cuencas hidrográficas en Venezuela en el pasado, pueden ser asociados -en buena medida- a la falta de una visión de gestión integral y de una organización institucional permanente. Un estado excesivamente centralizado, como el venezolano, no ha podido admitir un ente de gestión y administración de los proyectos de cuencas hidrográficas, en algún formato descentralizado, participativo y con autonomía de gestión.

Huergo (s.f.) señala literalmente que *“gestionar es una acción integral, entendida como un proceso de trabajo y organización en el que se coordinan diferentes miradas, perspectivas y esfuerzos, para avanzar eficazmente hacia objetivos asumidos institucionalmente y que deseáramos que fueran adoptados de manera participativa y democrática”*. Esta definición vinculada a la gestión de organizaciones, es una buena aproximación a lo que sería gestionar cuencas hidrográficas, agregándole un carácter permanente en un contexto territorial. La consideración de objetivos de *“manera participativa”*, asume la intervención de varios actores, seguramente con diferentes intereses; esto es lo que hace la gestión de cuencas hidrográficas -especialmente en el marco de la gobernanza-, un proceso complejo.

La gestión de la cuenca a través de una entidad institucional, donde participan varios actores, implica una articulación de procesos y corresponsabilidades en la toma de decisiones, en contraposición a una visión centralizada y vertical, de un solo actor, por ejemplo, un Ministerio con la responsabilidad de la gestión de cuencas. Esto significa un mayor esfuerzo en manejar las diferencias, pero promueve la pluralidad y lo colectivo.

En este sentido, Huergo (s.f.) expresa, adicionalmente: *“la gestión es un proceso de construcción colectiva desde las identidades, las experiencias y las habilidades de quienes allí participan. Esto quiere decir que el proceso de gestión no debe apuntar a la negación o aplanamiento de diferencias, o al acallamiento de conflictos; sino que necesariamente debe articularlos, construyendo procesos colectivos, donde lo “colectivo” no es lo homogéneo, sino una plataforma y un horizonte común, una trama de diferencias articuladas en una concreción social. Lo que implica el reconocimiento y la producción de una cultura colectiva, organizacional o institucional. La gestión implica también una concepción y una práctica respecto del poder, de la administración y la circulación del mismo y de las formas de construir consensos y hegemonías dentro de una determinada organización o institución. La gestión es un juego de consensos, disensos y transformaciones que implican a toda la institución y a todos sus integrantes. No se trata de soslayar las dificultades o de silenciar los conflictos, sino de crear alternativas de viabilidad para los procesos que vive un grupo, una organización o una institución. Para ello es necesario ponderar, negociar, producir siempre nuevos*

*consensos. Porque cuando nos referimos a la gestión, en definitiva, estamos hablando de una acción política. Gestionar es el arte de hacer posible un rumbo y alcanzar una meta en medio de las dificultades y de la imprevisibilidad de los acontecimientos”.*

Gestionar de forma integral una cuenca hidrográfica –en el marco del planteamiento anterior y con un sentido amplio y democrático-, constituye el gran desafío del Proyecto CARG. Múltiples actores relevantes de los sectores públicos, privados, y de organizaciones de la sociedad civil, con algún tipo de interés en la cuenca, concurren hipotéticamente, según lo establecido por la Ley de Aguas (Venezuela, 2007), a participar en organismos de gestión, donde se confrontaría una pluralidad de intereses, que se deben convertir en consensos, al menos, en un horizonte común para la cuenca. Esencialmente, este es el propósito de la Gestión Integral de cuencas hidrográficas: lograr consenso en aspectos fundamentales de la conservación de sus ecosistemas y recursos naturales y procurar la mejor calidad de los recursos hídricos y los restantes servicios ambientales que aportan, así como contribuir a mejorar las condiciones de vida de sus pobladores.

Este Capítulo plantea algunos lineamientos a considerar para desarrollar una propuesta de modelo preliminar de cogestión integral para la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), como una contribución a la gestión de cuencas sustentable. El modelo a proponer pretende ser un prototipo que sirva de referencia para quienes diseñan formas de gestionar cuencas hidrográficas, pudiendo aprovecharse los productos y posibles ventajas de este prototipo, en otras cuencas que tengan como objetivo el abastecimiento de agua a ciudades.

### **11.1. OBJETIVOS**

#### **a. Objetivo General**

Desarrollar, a partir de las bases conceptuales del modelo preliminar de este documento, un Modelo de Gestión Integral para la CARG, que contribuya al establecimiento y fortalecimiento de la organización para la gestión de la conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos naturales y los servicios ambientales de los ecosistemas de la cuenca alta.

#### **b. Objetivos Específicos**

- Evaluar las bases contenidas en el modelo preparatorio y elaborar los elementos conceptuales para un Modelo de Gestión Integral para la CARG, considerando el contexto de ambientes montañosos.
- Realizar un análisis comparativo (Benchmarking) de las principales experiencias internacionales y nacionales, sobre gestión de cuencas hidrográficas, con el fin de mejorar el proceso de construcción del modelo a ser propuesto.

- Establecer con mayor detalle la relación propuesta en este documento, entre la Gestión Integral y la Institucionalidad en la CARG.
- Proponer las estrategias para (i) fomentar la participación de los actores, beneficiarios y usuarios de los recursos de la CARG, (ii) lograr el fortalecimiento de las capacidades locales, (iii) promover la gestión de actividades no tradicionales, como el turismo, la agroindustria, el pago por servicios ambientales, que desarrollen nuevos servicios que generen recursos económicos que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la cuenca alta, (iv) priorizar los problemas y (v) sensibilizar a la población, a través de la educación ambiental, para propiciar el cambio de actitudes y comportamientos que favorezcan una mayor conservación ambiental y producción sostenible y la conservación de los recursos hídricos.

## **11.2. PREMISAS PARA DISEÑAR UN MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

Un modelo de Gestión integral de Cuencas, que incluye el abastecimiento de agua a ciudades, debe ser diseñado considerando al menos las siguientes premisas:

- a. La producción de agua es un servicio ambiental, provisto por los ecosistemas naturales. El agua es un recurso natural vital e insustituible, por su rol en el sostenimiento de todo tipo de vida en el planeta.
- b. El agua como producto, posee un valor económico en todos sus usos, incluyendo los no extractivos (ecológicos, recreacionales).
- c. El enfoque de gestión para una cuenca hidrográfica debe estar basado en la sustentabilidad de su funcionalidad y de los servicios ambientales que ésta ofrece.
- d. Una institucionalidad permanente, descentralizada, autónoma y participativa.
- e. La cogestión, que implica una participación activa de los actores clave (sector público, privado y la sociedad civil), el fortalecimiento del rol de los usuarios de la cuenca, la resolución de conflictos y los mecanismos de coordinación intra e inter-institucionales.
- f. La Planificación, como instrumento de gestión, orientada al corto, mediano y largo plazo, para lo cual es necesario disponer de sistemas de información y comunicación actualizados.
- g. La gestión de conocimiento como componente importante de mejoramiento e innovación de la Gestión Integral de cuencas.

- h. La evaluación integral de la cuenca (su caracterización y diagnóstico) y la ordenación del territorio, como instrumentos que direccionan la actuación en la CARG, a través de la zonificación; y de la propuesta de institucionalidad donde se focalizan “el cómo y con quien”, hacer la gestión de la cuenca.
- i. La sujeción a los “Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030”, de Naciones Unidas. El tema de la gestión de cuencas hidrográficas se inscribe en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, por cuanto su complejidad de temas a ser abordados de forma integrada, así lo requieren. La gestión de cuencas es indudablemente uno de los temas por excelencia del desarrollo sostenible de Venezuela.
- j. El cumplimiento de los acuerdos de la Conferencia de las Partes sobre Cambio Climático (COP 21, 2015), en lo relativo a mitigación y adaptación a los cambios climáticos, vinculados a la cuenca como el espacio geográfico donde se desarrollan diferentes sectores productivos (agricultura, entre otros), asentamientos poblacionales, y un espacio fundamental con vocación de producción de agua y conservación de la biodiversidad.

### **11.3. EL MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

El Modelo de Gestión Integral constituirá un prototipo que servirá de referencia y ejemplo para quienes diseñan y construyen formas de gestionar cuencas hidrográficas y que pueden aprovechar las bondades y ventajas del modelo de referencia de CARG, en otras cuencas que tienen como objetivo central, el abastecimiento de agua a ciudades.

#### **11.3.1. Requisitos Fundamentales**

Basado en Wadsworth (1997), se proponen los siguientes requisitos fundamentales, para construir un modelo de gestión para la CARG:

- a. Un propósito claramente definido: conservar los ecosistemas y la base de recursos naturales de la cuenca, que proveen varios servicios ambientales, entre los que destacan los aportes de agua en cantidad y calidad suficiente a los usuarios. Al mismo tiempo, fomentar el uso sustentable de tales recursos para proveer unas mejores condiciones de calidad de vida de los pobladores, sin incurrir en su degradación.
- b. Identificar e incluir aspectos esenciales, para el caso de la CARG ya se han señalado los siguientes:
  - Una institucionalidad permanente, con autonomía de gestión.
  - La participación de los actores clave en la gestión y la organización de la comunidad para participar en la gestión del agua en la cuenca.

- La planificación como instrumento de gestión con un sistema jerárquico de planes.
  - El financiamiento y seguimiento de la gestión.
  - La priorización del uso del agua.
  - La articulación institucional en la gestión integral.
  - La creación de capacidades de gobernabilidad sobre la cuenca, con el propósito de minimizar los conflictos actuales y futuros.
  - El diseño de herramientas económicas para el mejoramiento de la calidad del agua.
- c. Desechar consideraciones superfluas: con las consideraciones esenciales incluidas en el modelo funcional de la cuenca hidrográfica, los gestores tienen las herramientas para identificar y desechar los contenidos superfluos de una gestión.

### **11.3.2. Temas Prioritarios en la Gestión Integral de la CARG**

El Modelo de Gestión Integral que será diseñado, debe considerar al menos los siguientes temas que se consideran prioritarios:

- a. La evaluación de la vocación de las tierras de las subcuencas de la CARG.

La mayor parte de CARG presenta tierras con altas pendientes, y un marcado nivel de degradación de suelos asociado, lo que se traduce en una muy baja capacidad de carga animal. De allí que las tierras de la CARG, se evalúan como tierras con baja aptitud para el uso de ganadería extensiva.

- b. Asegurar la producción de agua, en cantidad y calidad, que en la CARG está supeditada, al menos, a las siguientes condiciones:

- La conservación de ecosistemas y la base de recursos naturales presentes en la cuenca hidrográfica. Para ello, se requiere desarrollar acciones asociadas a los problemas vinculados con el uso de la tierra, que actualmente afectan el estado de los ecosistemas, tales como:
  - La reducción de la deforestación.
  - La prevención y control de los incendios de vegetación.
  - La prevención y control de la erosión de suelo.
  - La restauración de áreas degradadas.

Todos estos problemas de degradación, están asociados mayormente a la actividad agropecuaria que actualmente se adelanta, con un manejo poco o nada sustentable.

- La promoción de una agricultura sustentable de ambientes montañosos.
  - Para ello se requiere diseñar e implementar una agricultura diferente a la actual, denominada en este documento: “Bases para un modelo de agricultura sustentable de ambientes montañosos” (Sección 10.4).
  - La incorporación de esa nueva forma de hacer agricultura en la CARG, exige la conceptualización del modelo, así como el diseño y la implementación de un Programa de Extensión Agrícola y Asistencia Técnica, asociado a esta forma de agricultura.
  
- c. La identificación y control de la contaminación puntual y difusa de las aguas, ya que aun cuando las aguas producidas en la CARG son potabilizadas en plantas para tales fines, la entrega del agua de la cuenca a las plantas de potabilización, debe satisfacer ciertos estándares de calidad establecidos por las autoridades de ambiente y salud, y las especificaciones técnicas de los procesos de potabilización.
  
- d. La implantación de un Programa de sensibilización y formación en conservación de cuencas y producción de agua, para los habitantes de la cuenca, como parte de los actores relevantes.
  
- e. La mejora de la calidad de vida de los habitantes de la cuenca: esto implica contribuir en la disminución de los niveles de pobreza existente y la diversificación de actividades económicas de sus habitantes. Usualmente, la sensibilización en conservación de recursos naturales, tiene muy poca receptividad en pobladores con niveles altos de pobreza, centrados en satisfacer necesidades básicas, de alimentación y salud.
  
- f. La generación de información para la gestión integral: la falta de información es una deficiencia o limitación generalizada en la mayoría de las cuencas del país, incluyendo la CARG. La generación de información, por diversas vías (incluyendo el uso de modelos para llenar los vacíos de información), representa un instrumento a implementar en la gestión de cuencas.
  
- g. El establecimiento de convenios y acuerdos de cooperación con las universidades nacionales y otros centros de investigación, que en muchos casos son instituciones que no hacen parte de los actores claves, por estar fuera del ámbito de la cuenca.
  
- h. El soporte técnico o financiero que pueda ser el resultado de la cooperación internacional.

El consultor debe proponer las estrategias o mecanismos para incluir estos aspectos en el modelo de gestión.

### 11.3.3. Los Componentes del Modelo Preliminar de Gestión

El Modelo Preliminar propuesto en este documento es una primera aproximación, que servirá de base para ser desarrollado por el Proyecto CARG (Figura 11.1). Los principales componentes del modelo preliminar se describen a continuación.

- a. La Institucionalidad: en términos del modelo, este componente se refiere a tres condiciones fundamentales de la institucionalidad para la gestión integral: permanencia, descentralización y autonomía.
- b. La normativa legal: otorgarle legalidad a la institución propuesta (Sección 12) y a su funcionalidad, lo que implica revisar la normativa en las leyes vigentes y proponer nuevos instrumentos legales, de ser necesarios.
- c. Los planes y programas de gestión: el conjunto de los planes locales ambientales (p.e. subcuencas) y los Programas de Gestión, como un sistema, proveen de una orientación, tanto en el orden conceptual, como práctico. Este grupo de planes y programas estructuran a la gestión, en el corto, mediano y largo plazo.
- d. El talento humano: se refiere al continuo mejoramiento del capital humano al servicio de la gestión, incluyendo el progreso profesional, la meritocracia y las óptimas condiciones de trabajo. Alude igualmente al desarrollo de equipos interdisciplinarios de trabajo competentes, puesto que este componente es una de las bases fundamentales de la gestión.
- e. El financiamiento: para que la gestión de cuencas se materialice es indispensable contar con recursos financieros, provenientes de diversas fuentes.
- f. La Gestión de conocimiento: una gestión moderna de cuencas hidrográficas debe tener un fuerte soporte en el conocimiento adquirido a través de la experiencia y la educación. La mayor contribución en conocimiento a la gestión de las cuencas, proviene de la experiencia de los pobladores (conocimiento tácito) y al conocimiento explícito de los profesionales e instituciones de investigación, asociados a los múltiples temas involucrados en la gestión de cuencas.
- g. Los sistemas de información y comunicación: la gestión de cuencas genera y maneja una gran cantidad de información documental y cartográfica, la cual debe ser recuperada y recolectada, procesada y almacenada, así como una red de comunicación, que permita el intercambio de información, y el acceso a las conexiones especializadas, en el conocimiento necesario para la gestión.
- h. Las relaciones interinstitucionales y coordinación permanente: la gestión de cuencas hidrográficas es un proceso complejo que aborda diversos temas y actividades, en

el que participan múltiples actores. Mantener una comunicación fluida y un intercambio útil entre todos ellos, requiere contar con un instrumento de relacionamiento efectivo.

- i. La relación con los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS) de la agenda 2030 de Naciones Unidas: la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2018) y sus 17 objetivos (ODS), surgen como una plataforma transformadora, en la cual Venezuela podría tener una referencia de planificación para el desarrollo, en los años por venir. La gestión de cuencas hidrográficas debe adoptar los objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), puesto que el tema de la gestión de cuencas hidrográficas se inscribe perfectamente en la Agenda 2030, dada la complejidad y la diversidad de temas a ser abordados en el proceso de Gestión Integral.
- j. Los acuerdos de Cambio Climático (COP21): este convenio promueve la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (mitigación), y las medidas adaptativas. La degradación de los ecosistemas boscosos y la erosión de horizontes superiores de los suelos, conllevan a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), y contribuyen con el cambio climático que, en buena medida, afectan al ciclo hidrológico y la producción de agua.

La Figura 11.1 muestra los componentes del Modelo de Gestión preliminar.

**Figura 11.1. Componentes del Modelo Preliminar de Gestión Integral de la CARG**





#### **11.4. BASES PARA UN MODELO DE AGRICULTURA DE AMBIENTES MONTAÑOSOS EN LA CARG**

La cuenca alta del río Guárico, ubicada en la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa, incluye en gran parte de su extensión el predominio del típico paisaje de montaña de la región central del país, con variaciones en su altitud, desde 500 a 1.930 m.snm, en el Cerro Platillón (la mayor altura en la Serranía del Interior). Asociado al paisaje de montaña, ocurren otras geoformas de menor elevación como lomas altas y filas, oscilando en un rango de altitud comprendido entre 245-500 msnm, hasta llegar a la cota 245 msnm correspondiente a la altura del embalse de Camatagua, donde se concentra el escurrimiento de la CARG, y se almacena el agua cruda, que se potabiliza antes de llegar a la ciudad de Caracas.

Esta configuración de geoformas de altitud variable, de pronunciados desniveles, picos pronunciados, pendientes muy inclinadas, y valles, usualmente, estrechos, configuran un conjunto de atributos geomorfológicos, que permiten catalogar a la cuenca alta del río Guárico como un “ambiente montañoso” variado, conformado por una combinación de relieves contrastantes de topografía muy accidentada. En todo caso, se trata de relieves inclinados, lo que constituye en muchos casos, su principal limitación para el aprovechamiento agrícola, con una alta susceptibilidad a la erosión hídrica. Los cambios altitudinales configuran variaciones climáticas, especialmente los regímenes térmicos y de precipitación, que condicionan una diversidad de ecosistemas, que persisten en algunas subcuencas, como los bosques nublados, montanos y submontanos, además de bosques más secos.

Las actividades agrícolas que se realizan actualmente en la CARG traen consigo degradación de los recursos naturales que intervienen en esas actividades. Los distintos tipos de ecosistemas de bosques, que han constituido una parte importante de la cobertura de la cuenca, han sido removidos y ocupados por diversas clases de agricultura: subsistencia, comercial, ganadería extensiva; todas con impactos degradantes en los ecosistemas y en los recursos naturales.

La destrucción de los hábitats de fauna silvestre asociados a los bosques naturales y a la vegetación removida, constituye una de las causas más importantes de la pérdida de la biodiversidad de esos ecosistemas. Los suelos cultivados mediante prácticas agrícolas poco conservacionistas, han sido y son erosionados, perdiendo los horizontes superficiales con sus mayores contenidos de materia orgánica. La actividad ganadera extensiva con pastoreo de áreas sabanizadas, en pendientes excesivas, ocasionan el fenómeno degradador de suelos denominado “pie de vaca”, que consiste en la formación de terracetas por donde transitan los animales, que con el constante pisoteo, promueven la compactación y la erosión acelerada de los suelos, con el posterior arrastre de sedimentos, que contribuyen con la colmatación de los embalses. La aplicación de insumos agrícolas (biocidas, fertilizantes, etc.), con poco criterio de conservación de los

recursos naturales, ocasionan contaminación de los suelos y aguas de escurrimiento, que finalmente deterioran las aguas para el abastecimiento de los habitantes de la CARG y de la ciudad de Caracas. Estos procesos de contaminación suceden aun con la escasez y el alza de los precios de estos productos, por la situación económica del país.

La agricultura que actualmente se realiza en la CARG es insustentable; es una de las causas de la mala calidad de las aguas de la cuenca y del deterioro de la productividad de la agricultura que allí se lleva a cabo. Un cambio en el modelo de agricultura es una necesidad. Esta Sección propone unas bases para iniciar el trayecto de cambio requerido; el estudio tendrá la responsabilidad de completar el diseño del Modelo de Agricultura cónsono con el ambiente montañoso dominante en la CARG.

Las actividades agrícolas en los ambientes montañosos están estrechamente vinculadas a las características del relieve y los suelos, particularmente frágiles, susceptibles a los impactos por la deforestación, a las prácticas agrícolas deficientes, a los cambios climáticos, que todos afectan su fertilidad y desencadenan la degradación de tierras (FAO, 2015). Esto nos indica que la degradación de suelos en ambientes montañosos, necesita prevenirse, e incluso revertirse. Aunque la restauración/rehabilitación de suelos degradados es técnicamente factible, evitar la degradación es mucho más efectiva y menos costosa que la restauración/rehabilitación. Es por ello que se precisan acciones perentorias para implementar planes apropiados de uso de la tierra con base en los planes de ordenación del territorio (Sección 9), los resultados generados por la aplicación del modelo SWAT (Sección 6) y la evaluación ambiental de la CARG (Sección 7), asociados con el modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos, que incluye entre otros componentes, el de conservación de suelos.

#### **11.4.1. Objetivos del Modelo de Agricultura Sustentable en Ambientes Montañosos**

##### **a. Objetivo General**

Formular los lineamientos técnicos, sociales y ambientales, para el diseño de un modelo de agricultura sustentable de montaña que contribuya a reducir la degradación de los suelos y ecosistemas, e incrementar el capital natural, así como los capitales económico y humano de los agricultores, y por ende, el bienestar del amplio grupo de usuarios de la de la CARG.

##### **b. Objetivos Específicos**

- Identificar y evaluar las estrategias y buenas prácticas de potencial aplicación en la cuenca, a los fines de mejorar la capacidad de los agricultores de la CARG de realizar una agricultura sustentable que les permita incrementar sus ingresos, sin deteriorar, ni agotar la base de los recursos naturales de la cuenca.

- Contribuir a revertir el deterioro ambiental de la CARG y permitir la producción de una mejor calidad de agua para el abastecimiento de centros poblados.
- Compilar y analizar la normativa vigente en el país que regula la actividad agrícola en los ámbitos montañosos, especialmente las referidas a las pendientes de los terrenos.
- Compilar y analizar experiencias (benchmarking) nacionales e internacionales de aplicación de buenas prácticas agrícolas en áreas montañosas, e identificar las de potencial aplicación en el contexto socioambiental de la CARG.

#### **11.4.2. La Situación de la Agricultura en la CARG: el Conflicto entre Agricultura y la Producción de Agua**

La actividad agrícola que predomina en la Cuenca Alta del Río Guárico es la actividad de ganadería extensiva (60 %), que supera a la agrícola vegetal (40 %), y en términos generales, la producción agrícola (pecuaria y cultivos), es de bajo nivel tecnológico. Los productores disponen escasamente de asistencia técnica, carecen de registros contables o de producción, así como tampoco mecanizan, en áreas de bajas pendientes, por carecer de maquinarias e implementos agrícolas para la preparación del terreno. En casi todos los sistemas de producción, la siembra y el control de maleza se realizan manualmente y en general, no existe control de plagas y enfermedades en los cultivos. Los productores de leche no cuentan con refrigeración del producto y la fabricación de quesos se realiza en condiciones higiénicas muy limitadas (Abreu, 2000).

La actividad ganadera en la CARG se ha desarrollado mayormente a expensas de la deforestación de áreas boscosas y de la adquisición, por parte de los propietarios de tierras bajo ganadería extensiva, de pequeñas propiedades de agricultores de subsistencia, e incorporación a los predios más extensos de cría de vacunos. La quema de pastizales es una práctica usual para promover el rebrote de las pasturas en la época seca, ocasionando incendios descontrolados de vegetación, y la pérdida de la cobertura de los suelos, al inicio de la subsiguiente época de lluvias. Por otra parte, el uso pecuario en la zona, incide en la calidad del recurso agua en la CARG, producto de la contaminación de los cursos de agua con excrementos y orinas, aguas servidas de la explotación animal y desechos sólidos. La ganadería extensiva con pastoreo, en áreas sabanizadas con pendientes pronunciadas, está ocasionando un significativo y progresivo proceso de erosión de suelos. Buena parte de las tierras de la cuenca, presenta una capacidad de carga animal muy baja, por lo que la ganadería extensiva presenta una disminuida eficiencia como proceso productivo, y constituye una actividad con poca fuerza social, con una minúscula capacidad de empleo y un enorme potencial de degradación, que no internaliza los costos de protección o rehabilitación ambiental. Estos aspectos evidencian que el sistema de producción pecuario predominante en la cuenca es insustentable, en las distintas dimensiones, por lo que la sustitución de este esquema de producción, se convierte en una necesidad perentoria y trascendente, en la CARG.

La actividad agrícola vegetal en la CARG esta principalmente vinculada a cultivos asociados, en algún grado, a la ganadería extensiva, conformando sistemas de ganadería-maíz, ganadería-caraota, ganadería-mango/aguacate, ganadería-cítricas. Igualmente, se adelanta la producción tradicional, con monocultivos, o cultivos asociados como maíz, en la época de lluvia, seguido de caraotas en el ciclo de “norte”, cuyos productos son mayormente de subsistencia, y cuando existe un pequeño excedente, se destina al comercio local. En algunas subcuencas, como la del río Caramacate, se encuentran algunas pequeñas fincas de café con sombra, que se han visto desincentivadas por las desacertadas políticas agrícolas gubernamentales, especialmente para este importante rubro “conservacionista”, con buena adaptabilidad a las regiones montañosas del país [Pineda, C. y C. Moreno (2004); Ochoa, j., Pineda, C. y C. Moreno. (2004); y Abreu (2000)].

En el contexto de la agricultura que se realiza actualmente en la CARG, existe un conflicto entre los servicios ambientales que ofrece la cuenca: actividades productivas vs. servicios ecológicos. Actualmente, el uso pecuario constituye una práctica degradante de la cuenca, en su integralidad, sus diversos ecosistemas, específicamente en los recursos suelos, vegetación, fauna silvestre y aguas. De la misma manera, con las particularidades que la caracteriza, la producción predominante de cultivos, conforma también, una actividad degradadora de la CARG.

#### **11.4.3. Las bases Conceptuales para un Modelo de Agricultura Sustentable en Ambiente Montañoso**

Un primer nivel en la propuesta para formular las bases de un modelo general de agricultura sustentable en ambiente montañoso para la CARG, parte del esquema desarrollado por Gabaldón (2006), aplicado a una comunidad agrícola montañosa del estado Lara (Rosales e Iskandar, 2016), a través de sus tres componentes principales (Figura 11.2).

##### **11.4.3.1. El capital natural**

Constituido por los recursos naturales, con los que cuentan los agricultores de la CARG, como soporte para la producción agrícola e incluye los ecosistemas, y sus componentes suelos, clima, agua y vegetación. Para los efectos del capital natural, se consideran los ecosistemas naturales y los servicios ecológicos que estos ofrecen en la cuenca.

Tal como señala Gabaldón (2006), el capital natural, es considerado con frecuencia inapropiadamente, pues en el análisis integral de capitales, se le asigna mayor peso al capital económico. Se propone considerar la calidad y cantidad de la base de los recursos naturales sobre los que descansa la producción agrícola y de agua, así como el bienestar de la población.

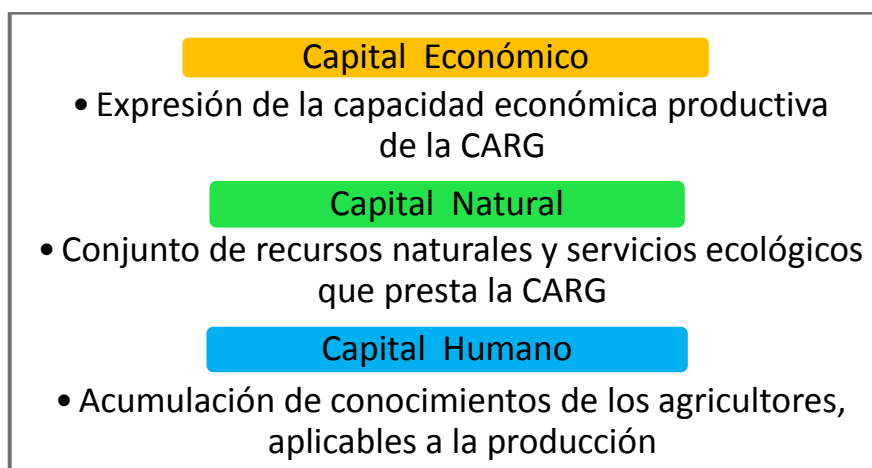
Así, la degradación de los suelos y las aguas compromete la capacidad de estos recursos de proveer los servicios ambientales mencionados, en la cuenca hidrográfica. El capital natural de la CARG, puede considerarse actualmente de mediano a bajo, y ha venido sufriendo una reducción marcada, por acción antrópica. Dada esta circunstancia, de no conceptualizar e implementar las prácticas agrícolas conservacionistas adecuadas, en términos incluso de corto plazo, se podría perder, de manera irreversible, el capital natural de la cuenca, afectando al mismo tiempo, la capacidad de producción de agua segura.

#### 11.4.3.2. El capital económico

El cual incluye: (i) el ahorro y la capacidad financiera (individual y colectiva), de los agricultores de la CARG y (ii) las inversiones representadas en la infraestructura permanente y bienes de capital que han realizado los agricultores de la cuenca.

En la CARG, por una parte hay que considerar al capital representado por las inversiones realizadas o procuradas por la comunidad ante los organismos de gobierno, para incrementar la infraestructura (instalaciones de riego, el acueducto, vías de acceso, tendidos eléctricos locales, edificaciones escolares y de salud, vehículos de carga agrícola, el valor de la tierra, entre otros). Estas inversiones, que hoy en día representan activos de la comunidad, principalmente de agricultores (colectivo), provienen de los esfuerzos individuales y sociales de sus miembros y de los aportes de los gobiernos municipales, estatales y nacionales. Este acumulado de capital es el resultado de los derechos que las comunidades tienen de aspirar a mejores condiciones de vida. En cualquier caso, son componentes que aunque pudieran haber sido financiados por el estado, constituyen una parte del Capital Económico de la comunidad.

**Figura 11.2. Principales formas de capital para estudiar la sustentabilidad de la agricultura en la CARG**



Por otra parte, incluye la capacidad económica y financiera individual y colectiva de los agricultores, comerciantes y transportistas, que podría estimarse como de baja proporción, en consideración a las dimensiones de la producción agrícola local. Aun cuando no se dispone de datos actualizados, pareciera que el capital económico de la CARG se viene reduciendo con el tiempo. Sin embargo, la actual situación económica del país, y del sector agrícola en particular, tiene una influencia importante en el Capital Económico de la cuenca. En general, el Capital Económico de los agricultores de la CARG, se puede considerar bajo.

#### **11.4.3.3. El capital humano**

Incluye el conocimiento tácito (individual y social) de los agricultores de la CARG, sobre los cultivos, los recursos naturales, la organización social y la gerencia del negocio agrícola. También se considera la salud y la educación de los miembros de la comunidad. La CARG, principalmente integrada por agricultores de subsistencia, posee un limitado acervo de conocimientos agrícolas que, en parte, no se ha enriquecido a través del tiempo. Los ganaderos poseen cierto nivel de conocimiento, pero muy poca conciencia del deterioro ambiental que trae consigo la cría extensiva de ganado vacuno en la cuenca. Cambiar el modelo de agricultura en la CARG es un proceso complejo, que consume tiempo, y requiere el manejo de muchas variables, entre otras, recursos financieros, nuevos conocimientos y tecnologías. El cambio fundamental es en la actitud de los agricultores. Los Programas de Extensión Agrícola y Educación Ambiental son esenciales para este propósito.

En resumen, la CARG enfrenta una situación crítica, por cuanto el capital natural está decreciendo a tasas moderadas y constantes. Revertir esta situación, exige no sólo una inversión de recursos en la conservación de recursos naturales y protección de áreas críticas, sino incrementar significativamente el capital humano y, en buena medida, el capital económico de los agricultores, quienes finalmente enfrentan las consecuencias del deterioro de sus predios agrícolas.

Incrementar o mantener la base de recursos naturales que sustenta la agricultura en la CARG, esto es su capital natural, implica sustituir el modelo actual de agricultura degradante de los recursos, por un nuevo modelo de agricultura sustentable de ambientes montañosos. ¿A qué se refiere la agricultura sustentable en ambiente montañoso? En términos generales, es una agricultura apropiada y ajustada a las condiciones de zonas montañosas, con sus implicaciones particulares. De este modo, la agricultura sustentable de ambientes montañosos, incluye:

- Una productividad agrícola aceptable de los cultivos adaptados al clima de la CARG, con una rentabilidad económica suficiente para los agricultores.
- La conservación y/o mejoramiento de la base de recursos naturales, especialmente suelos, aguas y vegetación de la cuenca; y

- Aceptable socialmente, por los agricultores, en términos del conocimiento y convencimiento, sobre el beneficio que les aporta la sustentabilidad (Rosales e Iskandar, 2016).

Partiendo del análisis multidimensional e integral de la CARG, se desprende que las condiciones de la cuenca serán favorables para alinearse con un enfoque de agricultura sustentable en ambientes montañosos, cuando todos los capitales mencionados se incrementen, y para el caso del capital natural, al menos, se mantenga. No es suficiente contar con un elevado capital económico y una alta capacidad financiera, si los recursos naturales están en un proceso de degradación. Este deterioro, comprometerá en el corto y mediano plazo, el capital natural de la cuenca hidrográfica, base de la producción agrícola y de agua, del territorio. En buena medida, este es uno de los propósitos medulares del Proyecto de Gestión de la Cuenca Alta del Río Guárico.

#### **11.5. FUNDAMENTOS Y TÉCNICAS GENERALES PARA DISEÑAR EL MODELO DE AGRICULTURA SUSTENTABLE DE MONTAÑA**

Los fundamentos técnicos generales y las buenas prácticas agrícolas propuestas contenidas en esta Sección, las cuales deben ser objeto de ampliación y desarrollo en el estudio, están referidos a los dos principales sistemas de producción agrícolas presentes en la CARG: (i) la producción extensiva de ganado vacuno (carne y leche) y (ii) la producción de “cultivos tradicionales”, que usualmente se practican en asociación. Algunos de los fundamentos técnicos y “buenas prácticas agrícolas”, aplican por igual a las dos actividades agrícolas, mientras que otros, son específicos para cada una.

##### **11.5.1. Los Fundamentos Técnicos Generales para la Actividad Agrícola**

Se propone desarrollar el modelo sustentable de agricultura en ambiente montañoso para la CARG, con base en los siguientes fundamentos técnicos generales:

###### **a. La Ordenación del territorio de la CARG**

El Plan de Ordenación del Territorio (POT) suministrará los criterios para realizar la actividad agrícola con un mínimo o ningún deterioro ambiental, al señalar las áreas con vocación para la producción de cultivos y ganadería con sustentabilidad.

###### **b. La Planificación del uso de la tierra**

El uso agrícola de las cuencas hidrográficas abastecedoras de agua a ciudades, debe ser planificado cuidadosamente, por cuanto su capacidad de deterioro de la calidad del agua generada es alto, si no se implementan prácticas conservacionistas.

c. La Agroforestería y prácticas de conservación de suelos y aguas

Los sistemas agroforestales y forestales para la producción de alimentos, forraje y combustible (leña) también pueden contribuir a mejorar el manejo de los recursos suelo y agua. Estos sistemas protegen los suelos de la erosión hídrica, contribuyendo al suministro sostenible de nutrientes. La cubierta arbórea crea un microclima y reduce el impacto de temperaturas extremas para aumentar la producción en estos ambientes montañosos. Los sistemas agroforestales, así como las prácticas de conservación de suelos y aguas (a desarrollar en extenso), producen beneficios múltiples e incluyen mejoras significativas en las condiciones de los suelos, las aguas, así como en la productividad, la conservación de la biodiversidad y las reservas de carbono (FAO, 2015).

d. El Bajo nivel de insumos tóxicos

La agricultura, en general, utiliza cantidades importantes de biocidas para combatir plagas y enfermedades de los cultivos. En algunos rubros prácticamente no se obtienen cosechas con alguna rentabilidad, si no se aplican esas sustancias a lo largo del ciclo del cultivo. Obviamente la contaminación de suelos y aguas con los principios tóxicos de estos productos, ocasiona impactos ecológicos importantes, incluyendo la concentración de los mismos en las redes tróficas de la naturaleza. Es así como la contaminación de las aguas es usual en las cuencas hidrográficas, por lo que la promoción del uso de productos naturales y el control biológico, así como reducir sustancialmente el uso de insumos tóxicos (agroquímicos) en el nuevo modelo de agricultura sustentable, es una necesidad.

e. El Cambio climático

El cambio climático, tal como se pronostica para los años por venir, tendrá posiblemente impactos considerables en las regiones montañosas, con consecuencias importantes en la erosión de los suelos y en la cobertura de bosques de esas áreas. A su vez, los suelos y los bosques, constituyen reservorios de carbono, por lo que su desaparición añade gases de efecto invernadero a la atmósfera. Medidas de adaptabilidad y mitigación a los efectos del cambio climático deben ser sumadas a las prácticas agrícolas del nuevo modelo de agricultura.

### **11.5.2. Principios y Prácticas para la Actividad Ganadera**

En el marco del modelo de agricultura sustentable en ambientes de montaña, se proponen los siguientes principios para la actividad ganadera:



a. Intensificación de la producción

Las explotaciones pecuarias extensivas en la CARG son usualmente de doble propósito (carne y leche), con muy baja intensidad en el proceso productivo. Los rendimientos en carne y leche son bajos y la rentabilidad es igualmente baja. El negocio agrícola no permite realizar inversiones significativas para mejorarlo. Un modelo sustentable de producción pecuaria requiere intensificar el proceso productivo, considerando la baja capacidad de carga animal, de las tierras de la CARG (Abreu, 2000).

b. Orientar la producción hacia a la explotación lechera con fabricación de quesos

La especialización en la producción de leche puede ser una opción económica viable, en restringidos sectores de la cuenca, sobre todo si está asociada a la producción de quesos “de mano” y “de cincho”, en condiciones higiénicas apropiadas, que en general son productos reconocidos y demandados en el comercio de los centros poblados de la CARG. Usualmente, la explotación de leche se adapta mejor a un sistema de estabulación.

c. Estabulación o semiestabulación del ganado, con base en pastos de corte y henificación

El pastoreo del ganado en áreas de montaña con pendientes inclinadas, es la causa principal del desarrollo de las terracetas, que originan procesos de compactación y erosión de suelos y, eventualmente, pequeños movimientos en masa. Esta actividad pastoril está descartada en un modelo de agricultura sustentable en ambientes montañosos. La alternativa que se plantea, es la estabulación o semi-estabulación, con base en la siembra de pasto de corte, henificación, y sólo si fuese factible, el pastoreo limitado (rotación de potreros), de manera categórica, en áreas de pendientes muy suaves.

d. Uso de estiércol de vacunos y orinas en la fertilización de los pastos y cultivos asociados

El manejo sostenible de la tierra y la calidad mejorada del estiércol aumentan significativamente los niveles totales de nitrógeno, lo que resulta en una reducción de las aplicaciones de fertilizantes, una mayor capacidad de retención de humedad y resistencia a la sequía, y un mejor control de la erosión del suelo. La asociación de sistemas pecuarios estabulados, con la producción de cultivos bajo estrictas prácticas de conservación de suelos, se ve favorecida con el aprovechamiento del estiércol y las orinas de vacunos, en su aplicación a los cultivos, en zonas de bajas pendientes.

e. Introducción de pastos mejorados

El modelo de agricultura sustentable requiere el uso de pastos de corte y henificación, de mejor calidad nutritiva y de mejor rendimiento. ¿Cuáles son esos pastos adaptables a la CARG? El estudio debe responder esa interrogante.

f. Implementación de un plan de mejoramiento genético del rebaño

El incremento sostenido de la productividad en las explotaciones pecuarias es uno de sus componentes importantes, ya que le introduce sustentabilidad al negocio de la producción de leche o carne que se realiza. El uso de padrotes con calidad genética comprobada y la selección de vacas con buen historial de producción, así como técnicas de fertilización artificial, para incrementar la tasa de preñez, contribuyen decididamente a incrementar la productividad del rebaño, condicionado a un cambio de manejo del sistema de producción pecuario.

g. Implementación de un plan de salud animal con asistencia profesional veterinaria

La salud de los animales en una explotación pecuaria en una cuenca productora de agua, tal como la CARG, significa disminuir la contaminación de las aguas de escorrentía superficial con microorganismos que pueden ser patógenos para las personas, usualmente presentes en las heces y orinas de los animales, y contribuir a generar agua segura. Este Plan, está condicionado a la premisa de limitar la explotación pecuaria a zonas de bajas pendientes.

h. Instalación de cercas

Un manejo sustentable del rebaño en los predios pecuarios implica la segregación de las áreas de pastoreo (si se utiliza), de acuerdo a la pendiente de los terrenos y a la susceptibilidad de los suelos a la erosión, entre otros factores. Además, las cercas en los predios contribuyen a que el ganado no se acerque a los cuerpos de agua, tales como embalses, ríos, quebradas y manantiales.

i. Ubicación de instalaciones pecuarias y potreros a más de 300 m de ríos, quebradas y manantiales

Está asociada a la planificación del uso de la tierra, especialmente a la planificación física dentro de los predios pecuarios. Evitar la contaminación de las aguas con desechos de la explotación pecuaria (heces y orinas, principalmente) es una necesidad ineludible, especialmente en las cuencas abastecedoras de aguas, tal como la CARG. Sujeción a la Ley de Aguas (2007) que establece Zonas Protectoras en un espacio de 300 m a ambos márgenes de ríos, quebradas, manantiales, lagos y embalses, que no pueden ser intervenidas permanentemente.

j. Implementar registros de producción en las fincas

La sustentabilidad de la producción a nivel de fincas pecuarias exige un seguimiento de los niveles de producción de leche, en el caso de las fincas con esa orientación, o la ganancia en peso de los animales productores de carne. La selección de animales del rebaño para incorporarlos a los planes de mejoramiento animal requiere de estos registros.

### 11.5.3. Principios y Prácticas para la Producción de Cultivos

Dentro del esquema de una agricultura sustentable en ambiente montañoso, deben ser evaluadas las buenas prácticas potenciales, que mejor se adapten a las diferentes condiciones de las subcuencas de la CARG. A continuación se presentan algunas de las prácticas para la actividad agrícola vegetal, que deben ser objeto de análisis, en el estudio, con el fin de decidir su viabilidad, en el ámbito técnico, social y económico.

a. Implementación de prácticas de conservación de suelos y aguas (FAO, 2015a)

Se hace necesario realizar la identificación y evaluación de las prácticas de conservación de suelos y aguas, tanto en ambientes agrícolas, como no agrícolas, en las zonas degradadas por procesos erosivos, a lo largo de la CARG. A continuación, se desarrollan brevemente, algunas de las posibles prácticas de esta categoría, para la cuenca:

- Cultivos en contorno

El cultivo en tierras con pendiente es una causa importante de erosión hídrica acelerada, a menos que se practiquen ampliamente las medidas de conservación de suelos y aguas. En pendientes suaves, se requiere una agricultura de contorno. En zonas de mayor precipitación, se requiere además de la siembra en contorno, con vegetación permanente, las zanjas de retención, o derivación, para romper la pendiente y aumentar la infiltración del agua de lluvia, reducir el volumen y la velocidad de la escorrentía y, por lo tanto, minimizar la erosión.

- Cultivos en terrazas

Para cultivos en pendientes pronunciadas, se requieren terrazas progresivas o de banco, que aunque son costosas, son imprescindibles para que la productividad de la actividad agrícola perdure en el tiempo. Los variados tipos de sistemas de terrazas promueven la conservación del suelo y amplían las áreas cultivadas, garantizan luz solar en periodos más largos durante el día, aumentan el almacenamiento de agua y permiten un uso más eficiente del agua para el riego. También contribuyen en la protección de los campos agrícolas de posibles deslizamientos de tierra, pues el uso de material de roca en los taludes de las terrazas, fortalece las laderas de las montañas. En la CARG, se deben

evaluar las condiciones específicas de cada localidad, especialmente suelos, pendiente y clima, así como los tipos de cultivos, con el fin de definir los tipos de terrazas adecuados para cada caso.

- Mínima preparación de tierras o labranza

Es una práctica que permite mantener la estructura del suelo y la rugosidad del suelo superficial, con el propósito de (i) reducir la velocidad del flujo de agua de escorrentía superficial, e incrementar la infiltración del agua de lluvia o riego, y (ii) reducir la erosión de suelos.

- Incorporación de materia orgánica a los suelos

Esta práctica incluye un abanico de numerosas alternativas que van desde el mejoramiento de los métodos de preparación, almacenamiento y aplicación de los fertilizantes orgánicos en la finca, el uso de compost con base en el estiércol, en las fincas con sistemas de producción de cultivos asociados con actividad pecuaria; la rotación de cultivos, integrando leguminosas en todos los sistemas de cultivo; el manejo integrado de nutrientes de las plantas, entre otras (FAO, 2015 c).

#### b. Prácticas agroecológicas

Entendidas en su amplia acepción, lo que abarca una gran diversidad de buenas prácticas agrícolas, enmarcadas en la denominada agricultura ecológica, agricultura de conservación, entre otras:

- Agricultura Ecológica

En las actuales condiciones económicas del país, los agricultores están limitados y casi obligados a constituirse en “agricultores orgánicos”, ya que no disponen de fertilizantes químicos para los cultivos, ni de biocidas para el combate de plagas y enfermedades. En las áreas agrícolas se ha popularizado el uso de diversos tipos de prácticas, englobadas en el enfoque de agricultura ecológica. Se utilizan cada vez más, los abonos orgánicos y productos naturales (bioproductos) para el combate de plagas, enfermedades y el control de malezas en los cultivos. Existen múltiples iniciativas y empresas que se han establecido para tales fines.

- Agricultura de conservación

La agricultura de conservación es otro enfoque de gestión que se puede utilizar en tierras inclinadas para mantener los rendimientos de los cultivos y la salud del suelo a través de sus tres principios cardinales: alteración mínima del suelo, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos. Esto engloba la incorporación de residuos, los diversos tipos de asociación de cultivos y la alternancia de especies, incluyendo

siempre la familia de leguminosas, para restaurar el nitrógeno, la materia orgánica y alentar el enraizamiento profundo de las plantas, para mejorar las condiciones físicas del suelo, y optimizar el acceso a la humedad y los nutrientes.

- Cultivos que provean la máxima cobertura de los suelos

En suelos de montaña con relieves accidentados y pendientes pronunciadas, como son buena parte de los de la CARG, una práctica recomendada, es proveer la máxima cobertura de la superficie de los suelos para prevenir la erosión, promover la infiltración de aguas de lluvia y reducir el escurrimiento superficial. Los bosques proveen esa máxima cobertura, al igual que una gran diversidad de sistemas de producción que incluyen cultivos permanentes, como el café bajo sombra, o frutales de arquitectura arbustiva o arbórea, contribuyen igualmente, con la cobertura deseada.

#### c. Bosques y árboles

Los bosques y los árboles hacen una contribución esencial a la agricultura de montaña al ayudar a mantener las condiciones ambientales necesarias para la producción agrícola, al tiempo que proporcionan alimentos, leña y forraje, así como materiales de construcción y madera. Con su cobertura del suelo diversa y sistemas de raíces altamente desarrollados, los árboles y los bosques, estabilizan el suelo, lo protegen de la erosión y los deslizamientos de tierra, mejoran su fertilidad y su capacidad para almacenar agua, y moderan las temperaturas del aire y del suelo. Los diversos sistemas agroforestales y forestales sostenibles y, según se requiera, la restauración de bosques degradados, la reforestación basada en los procesos de sucesión vegetal, forman una parte nuclear de los sistemas de gestión de cuencas hidrográficas, que regulan los flujos hidrológicos y proporcionan un suministro constante de agua río abajo.

- #### d. Promoción del café bajo sombra en los bosques actuales y en áreas regeneradas con aptitud para la producción cafetalera.

A pesar de la intervención estatal en la producción y economía del café en el país, que condujo al abandono del rubro, en la CARG aún existen áreas bajo cobertura de bosques naturales remanentes, con uso cafetalero pasado, y en algunas zonas específicas, con uso actual de café, bajo sombra de bosques. Una parte considerable de la Cuenca Alta del Río Guárico, está conformada por áreas con alta aptitud para la producción cafetalera, por sus condiciones de altitud, clima asociado, suelos y sombra natural apropiada. El sistema de producción de café de alta calidad, bajo sombra, con buen manejo agronómico es una alternativa altamente favorable para una parte importante de la CARG, puesto que ofrece una buena rentabilidad a los agricultores, además de constituir un sistema productivo afín a la conservación de los recursos naturales (especialmente los suelos y agua), de la diversidad biológica, así como también contribuye a la captación de CO<sub>2</sub>, en magnitudes apreciables.

#### **11.5.4. Productos Esperados Vinculados al Modelo de Agricultura Sustentable en Ambientes Montañosos**

Los resultados con los que se espera contar, son los documentos contentivos de:

- a. La revisión y el análisis de la normativa vigente en el país, que regula la actividad agrícola en las áreas de montaña, especialmente las referidas a las pendientes.
- b. Un análisis comparativo (benchmarking) de los modelos de agricultura sustentable de montañas, desarrollados en Venezuela, y otros países, con el fin de definir los criterios para la selección de las estrategias específicas y las prácticas agrícolas factibles de ser aplicadas en la CARG.
- c. Las bases para el desarrollo del modelo de agricultura sustentable de montaña apropiado a la CARG.

#### **11.6. LA GESTIÓN INTEGRAL Y LA INSTITUCIONALIDAD**

Tal como se ha señalado anteriormente, la relación entre la gestión integral y la institucionalidad, en el marco del modelo de gestión que se propone, enfatiza los tres requisitos que debe satisfacer la institucionalidad a los fines de una gestión efectiva y sostenible: permanencia o continuidad programática, descentralización y autonomía.

Este modelo preliminar de gestión integral constituye un componente medular del Proyecto de Gestión de la CARG, puesto que una buena parte de la gestión de cuencas en Venezuela, se ha caracterizado por sus escasos logros. Justamente, este fracaso se debe, entre otras razones, a no contar con un modelo integral de gestión y con una institucionalidad efectiva y permanente. La gestión practicada se ha realizado desde la posición del estado como única autoridad, y en la mayoría de los casos, desde una perspectiva centralizada, sin considerar de forma práctica, otros actores que intervienen de diversas maneras en las cuencas, y que pudieran participar en rol de corresponsables en la Gestión Integral. Además, se ha practicado con una visión de muy corto plazo, que se mantiene mientras existe el apoyo de una agencia financiera internacional y/o un determinado gobierno.

Las experiencias señalan que se requiere un ente institucional sólido y permanente, desde donde se pueda adelantar la gestión de las cuencas hidrográficas, desde asuntos o problemas del corto plazo (1-3 años), hasta la planificación y ejecución de compromisos del largo plazo (15-20 años o más).

La propuesta de institucionalidad se aborda en el Capítulo 12, dedicado para este tema, dentro de la gestión integral de la CARG.

## **11.7. PRODUCTOS ESPERADOS DEL MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL**

El Proyecto CARG (el consultor) tendrá primariamente la responsabilidad de evaluar las bases conceptuales del “Modelo Preliminar” propuesto en este capítulo y desarrollar un modelo de gestión que incorpore los aportes que se consideren pertinentes de su evaluación, para iniciar las acciones y actividades de gestión que le son correspondientes.

El trabajo ejecutado por el Proyecto producirá los siguientes documentos:

- a. La evaluación de los elementos y las bases conceptuales contenidos en el Modelo Preliminar suministrado en esta Sección.
- b. El análisis comparativo (Benchmarking) de las principales experiencias internacionales y nacionales sobre gestión de cuencas hidrográficas.
- c. Los vínculos entre el modelo de gestión integral y el modelo de la Institucionalidad para la CARG.
- d. El Modelo de Gestión Integral para la CARG, a partir de los elementos y las bases conceptuales del Modelo Preliminar.
- e. Las estrategias para fomentar la participación de los actores, el fortalecimiento de las capacidades locales, la promoción de sectores no tradicionales, el pago por servicios ambientales y la educación ambiental, en la CARG.

## **12. BASES PARA UN MODELO DE INSTITUCIONALIDAD PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA CARG**

El Proyecto se centrará en desarrollar las bases para una propuesta de Institucionalidad para la gestión integral de la Cuenca Alta del Río Guárico (CARG), con un sentido de modernidad, dinamismo y participación. Se espera que este prototipo pueda ser reproducido en otras cuencas abastecedoras de agua del país, con las correcciones y mejoras que la práctica indique como necesarias. Diseñar una primera aproximación a un modelo institucional preliminar es uno de los temas sustantivos de este capítulo.

En Venezuela, ha habido procesos discontinuos de creación y fortalecimiento de Instituciones dentro de la Administración Pública para la gestión de cuencas hidrográficas. Estos procesos van desde alguna gestión en cuencas, dentro del Ministerio de Agricultura y Cría (1936-1940), pasando por el Ministerio de Obras Públicas (Recursos Hidráulicos), el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, hasta el vigente Ministerio de Atención a las Aguas. En las dos últimas décadas, el país ha sufrido un colapso institucional, incluyendo el ambiental y la gestión de cuencas hidrográficas.

A lo largo del tiempo, los modos más frecuentes de actuación han derivado en un tratamiento que no se ha centrado en los aspectos sustantivos de la gestión de las cuencas hidrográficas, ocasionando por tanto su deterioro progresivo. Entre los aspectos desatendidos, destacan la falta de consideración de la cuenca como espacio óptimo de análisis, planificación y de gestión, así como la no valoración económica de los servicios ambientales (incluida el agua), que una cuenca puede aportar y, por tanto, de la remuneración que se reconozca y haga de los mismos.

La Unidad de Gestión propuesta para las cuencas hidrográficas, debe estar adscrita a un marco nacional, con un ente institucional, que asuma la responsabilidad de la autoridad de las aguas y las cuencas hidrográficas. La unidad de gestión para las cuencas hidrográficas, debería contar con una serie de características, que contribuyen con la sustentabilidad y eficiencia institucional, tales como: permanencia, continuidad administrativa, dinamismo, autonomía, descentralización, democracia, meritocracia, voluntad política, recursos financieros y recursos humanos capacitados, y la participación de actores relevantes, entre otros.

Esta organización debe, además, tener la capacidad de incorporar nuevos enfoques de organización de la gestión, así como nuevos instrumentos, conocimientos y tecnología, en materia de gestión de cuencas.



## **12.1. OBJETIVOS**

### **a. Objetivo General**

Proponer las bases para un modelo de institucionalidad moderna, dinámica y participativa, para la gestión integral de la CARG que pueda ser replicada –con los ajustes pertinentes- a otras cuencas abastecedoras de aguas del país.

### **b. Objetivos Específicos**

- Realizar un análisis comparativo (Benchmarking) de las principales experiencias internacionales sobre institucionalidad en cuencas hidrográficas.
- Realizar un análisis de la normativa legal y sublegal venezolana, aplicable a la institucionalidad de cuencas hidrográficas. El inventario y el análisis podrá ser realizado a través de la metodología de matrices o fichas, para todos los instrumentos normativos vigentes.
- Evaluar y proponer las alternativas de financiamiento para la gestión de la CARG. Incluye la evaluación de aplicar formas de remuneración de los servicios ambientales prestados por la CARG, para la obtención de los medios económicos y la incorporación directa y activa de todos los usuarios o de la mayor cantidad posible de ellos, en el proceso de gestión.
- Identificar y analizar los principales obstáculos o limitaciones (técnicas, legales, financieras, políticas, etc) que afectan a la institucionalidad actual para la gestión de cuencas hidrográficas.
- Identificar las iniciativas nacionales, regionales y locales presentes para la gestión de la CARG y su marco institucional.
- Realizar una evaluación crítica al modelo institucional preliminar que se propone en este Capítulo, mejorándolo si fuese posible, con el conocimiento obtenido o recabado durante el desarrollo de las actividades señaladas en los objetivos específicos anteriores.

## **12.2. PREMISAS PARA EL DISEÑO DE LA INSTITUCIONALIDAD PARA LA CARG**

El diseño de una institucionalidad para la gestión de la CARG, debe considerar al menos las siguientes premisas:

- a. Un marco político nacional en democracia, con una separación y autonomía real de los poderes políticos.
- b. La gestión se desarrolla en un territorio determinado, que para este caso corresponde con la Cuenca Alta del Río Guárico, el cual tiene una diversidad de características, tanto físico-naturales, ecológicas, socioeconómicas y culturales, que determinan la dinámica de la cuenca y que deben ser consideradas en el diseño de la institucionalidad para una gestión integral de la misma.

- c. Cumplir con condiciones indispensables para su funcionalidad y eficacia: permanencia, autonomía, descentralización, dinamismo, democracia, meritocracia, perfectible y participación de actores.
- d. Institucionalidad basada en un proceso de concertación, vinculación y de coordinación permanente.
- e. Adscrita a un ente institucional nacional, coordinador y responsable de la autoridad de aguas y del sistema de cuencas hidrográficas. Este ente coordinador, sería el representante de la CARG ante los organismos de financiamiento, y otros entes institucionales nacionales, responsables de las áreas conexas con la gestión de cuencas (salud, agricultura, planificación, etc).
- f. Poseer legalidad, con el fin de constituirse en un ente formal, amparado en instrumentos legales y sublegales, para ejercer su autoridad en la gestión de la CARG.
- g. La cogestión o gestión participativa de los actores sociales relevantes, en su diversidad de roles y formas de relacionamiento con la gestión integral de la CARG, asumiendo su corresponsabilidad en la toma de decisiones.
- h. Contar con un grado de autonomía financiera, que permita formular presupuestos para la gestión ordinaria de la estructura organizativa propuesta, y en alguna medida, para los programas de gestión.
- i. Considerar la gestión de conocimiento, como parte esencial de la gestión de la cuenca hidrográfica.
- j. Basada en un plan de ordenación de la cuenca que, que marque las pautas sobre la ocupación y usos del territorio, así como la regulación de los mismos.

### **12.3. PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA ORGANIZATIVA**

La propuesta de la organización institucional a desarrollar, además de las premisas mencionadas, debe descansar en dos elementos básicos adicionales:

- La integralidad, entendida como el conjunto de intereses en un espacio territorial, dónde el territorio y la necesidad de su incorporación a un papel relevante en la dinámica del desarrollo, permita ampliar el abanico de posibilidades a su población, así como conectar con el resto del país, en la construcción de la totalidad nacional. En el marco de la CARG, se hace referencia a la integralidad de la gestión y de su desarrollo, teniendo como base los servicios ambientales que su territorio presta.

- Una forma de organización ágil, dinámica y moderna, que permita enfrentar de manera eficiente y sostenida, los problemas existentes en la CARG, así como sostener la oferta de los servicios ambientales que provee la cuenca, en particular el agua. Para ello se propone diseñar una forma de organización que pueda ser compartida por todos, o la mayoría, de los actores relevantes involucrados.

Se plantea, en los próximos acápite, en primer lugar, un acercamiento al marco de la institucionalidad de las cuencas hidrográficas a nivel nacional, para seguidamente desarrollar el núcleo de la propuesta organizativa, de lo que sería la Unidad de Gestión de la CARG: la Agencia de la CARG, con la suficiencia de constituirse en Autoridad Única de Área, y sus elementos relevantes.

### **12.3.1. Estructura Organizativa de la Gestión de Cuencas a Nivel Nacional**

Aun cuando este documento está dirigido a la formulación de una propuesta de un modelo de la institucionalidad de la CARG, es necesario vincularla al marco de la institucionalidad de las cuencas hidrográficas a nivel nacional. Se concibe una estructura de coordinación nacional, que contemple la creación o actualización de:

- Una Unidad de alto nivel de Gestión de Cuencas Hidrográficas (Viceministerio, Dirección General, Gerencia, otra), adscrita al ente responsable de la Autoridad de las Aguas y Cuencas Hidrográficas.
- Los organismos técnicos y administrativos de apoyo a la unidad de alto nivel, en áreas como Planificación de Cuencas Hidrográficas (Sistemas de Planes de Gestión), Relaciones Institucionales (HIDROVEN, Ministerio de Salud, de Agricultura y Tierras, otros); Finanzas (Fuentes de Financiamiento, Concesiones, Valor Económico del Agua), Relaciones Interinstitucionales y Administración y Presupuesto.
- Oficinas Técnicas de Gestión de Cuencas Hidrográficas (Agencias de Cuencas), en aquellas que son prioritarias para el abastecimiento de agua de ciudades y otros usos, como es el caso de la CARG.. Aun cuando estas Oficinas técnicas estén adscritas al ente responsable de la Autoridad de las Aguas y Cuencas Hidrográficas, gozarán de un nivel de autonomía, para lograr una gestión efectiva.

### **12.3.2. La Unidad de Gestión de la Cuenca: la Agencia de la CARG**

Constituye un aspecto medular de la propuesta institucional del Proyecto CARG, por cuanto es en esta Unidad donde se sucede lo que se ha concebido como la gestión integral participativa o la cogestión de la cuenca. Uno de los principios sustantivos de la gestión integral, es la participación de actores relevantes, que junto a la complejidad del proceso, exige la conformación de varios niveles jerárquicos en la toma de decisiones, y

el desagregado lógico de la división del trabajo. En este sentido, esta sección aborda los elementos significativos que deben ser considerados para la propuesta de organización.

### **12.3.3. Los Actores Relevantes**

La gestión de cuencas hidrográficas se considera como un proceso de responsabilidad compartida entre las diferentes instancias públicas y la sociedad civil. Implica, por una parte, una función vinculante y coordinada ejercida en forma permanente por la Unidad de Gestión de la Cuenca y, por otra, la promoción de una organización social, capaz de responder a las exigencias del desarrollo sustentable de la cuenca.

El análisis de actores clave, la forma como éstos se relacionan entre sí y con el contexto socio-espacial, denominado “mapeo de actores”, es una herramienta fundamental en la gestión de proyectos, aplicado por entes hacedores de políticas, reguladores, agencias de desarrollo, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y empresas, entre otros.

Se definen como “actores clave”, a los grupos de personas, o instituciones con el poder, la capacidad, los recursos y/o los medios, para decidir e influir, positiva o negativamente, en la acción de la comunidad, en el desarrollo de una propuesta o intervención, o que son importantes para que una situación se manifieste de determinada forma y cuya participación es indispensable y obligada para el logro del propósito de la iniciativa a desarrollar. Un mapa de actores clave (MAC), mapa de actores sociales” o “sociograma”, incluye a las instituciones y organizaciones gubernamentales, sociales y comunitarias, grupos de individuos, internos o externos al espacio donde se realiza el Proyecto.

En la gestión integral de cuencas, la identificación e involucramiento de los actores clave es fundamental, desde la fase de diagnóstico, así como en la propuesta de institucionalidad. Esta participación contribuye con una propuesta de gestión con viabilidad socio-política y con mayores oportunidades de financiamiento. El mapeo de actores de la CARG, permite identificar sus acciones y los objetivos de su participación en la gestión de la cuenca, pudiendo conocerse, las alianzas y los conflictos. Es así como se seleccionan a los actores relevantes a ser involucrados en las distintas fases del proyecto.

Dada la importancia de los actores clave en el marco del plan de gestión integral y del modelo de Institucionalidad propuesta para la CARG, es pertinente darle al tema, un tratamiento especial, incluyendo los objetivos, marco metodológico y resultados esperados.

### **12.3.3.1. Objetivos (Actores Relevantes)**

#### a. Objetivo General

Identificar y analizar los actores clave de la CARG con el propósito de contribuir a su identificación y selección (por cualquier mecanismo democrático) para formar parte de los diferentes niveles institucionales propuestos para la cuenca, bajo el principio de la cogestión en la toma de decisiones y participar activamente en el proceso de planificación y desarrollo del Plan de Gestión Integral de la cuenca.

#### b. Objetivos Específicos

- Generar información relativa a “actores y asuntos clave”, como insumo para facilitar sus procesos de identificación y selección en los diferentes niveles institucionales propuestos para la CARG, y para facilitar su participación en la formulación del Plan de Ordenación del Territorio y el Plan de Gestión Integral.
- Incorporar la información sobre los actores clave a fichas individuales diseñadas para tal fin y a la Base de Datos del Proyecto.
- Asegurar que se identifiquen y consideren los legítimos intereses de los diferentes actores clave vinculados a la CARG.
- Priorizar los actores necesarios para el Proyecto, con el fin de formular una estrategia que permita su participación en todas las fases de la planificación de la cuenca y en la implementación del Plan de Gestión.

### **12.3.3.2. La participación de los actores relevantes**

La participación de los actores en la gestión de la CARG se sustenta en razones de diversa índole. En primer lugar, por exigencias de la normativa venezolana vigentes (Artículo 62 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela y Artículos 4, 10, 20, 23, 30, 39, 40 y 42 de la Ley Orgánica del Ambiente) sobre participación de la ciudadanía en proyectos de gestión, como el de la CARG. Por otro lado, la exigencia de las agencias de financiamiento internacional en relación a la participación de los actores en la elaboración y ejecución de los proyectos a ser financiados por ellas. Así mismo, el proyecto de la CARG se inscribe en los compromisos del Desarrollo Sustentable ONU 2030, que concibe el desarrollo como un diálogo permanente con las comunidades y sus representantes. El enfoque es el de “construir conjuntamente”, superando al enfoque tradicional de consultar “lo construido”. Esto permite abrir espacios de participación que faciliten la implementación del Proyecto de la CARG, con el fin de lograr su viabilidad socio-política. La participación de los actores en los entes de decisión, contribuye con la gobernanza en la gestión, por lo que es fundamental conocer los intereses de los actores clave en relación al Proyecto, los posibles conflictos y las alternativas de solución.

A los fines del desarrollo de la propuesta, los actores clave deberán tener una “presencia equilibrada” en la gestión de la cuenca, por lo que en este punto se deben considerar varios aspectos, que contribuyen al “equilibrio”, en la participación de los diferentes actores presentes en la cuenca:

- Se requiere la participación de los actores vinculados a la temática que aborda el Proyecto, necesarios para la implementación del mismo; y no de aquellos actores que no tengan un papel específico que cumplir.
- Determinar la manera de relación de los actores frente al Proyecto o frente a algunas de sus acciones en particular. Esta puede ser: “neutrales”, “aliados” y “adversarios”. Es necesario desarrollar acciones que fortalezcan las alianzas naturales, o contribuyan a la construcción de viabilidad del proyecto, así como disminuir o neutralizar, las oposiciones al mismo.
- La definición clara de los roles de los actores involucrados, y el estímulo a su participación activa en cumplimiento de esos roles.
- La práctica efectiva de la transparencia en la toma de decisiones y el flujo permanente de información, son elementos que favorecen el éxito del Proyecto.
- Definir el nivel de participación de los “socios eventuales”, y las capacidades reales de los ejecutores, así como promover el mejoramiento permanente de sus capacidades.

El Proyecto de la Cuenca Alta del Río Guárico, puede ofrecer la oportunidad de impulsar la participación de los diferentes actores, al plantearse nuevos diseños institucionales participativos y concertados, capaces de articular con instancias públicas y privadas, y garantizar un modelo de gestión integral. Mayores detalles se encuentran en la Fase 2 de “El marco metodológico para el análisis de actores” en la Sección 12.3.3.3.

#### **12.3.3.3. El marco metodológico para el análisis de actores**

Se propone el desarrollo de los instrumentos necesarios para recopilar y analizar la información asociada a los actores clave y generar un “mapa de actores”, que determine los ámbitos de actuación e interrelaciones existentes. Esta identificación y caracterización de actores, que se realizará a escala regional, municipal y local, permitirá visualizar las dinámicas institucionales, económicas y sociales, en las que los actores se desempeñan y establecen relaciones de participación y/o conflicto, en su ámbito de acción en la CARG.

El marco metodológico planteado incluye los siguientes aspectos: (i) la identificación de actores clave (a través de talleres, entrevistas, encuestas, fuentes secundarias); (ii) la clasificación de los sectores de origen de los actores clave (gubernamental, empresarial, sindicatos, asociaciones de productores, agricultores, Organizaciones No Gubernamentales (ONG), comunidades, actores externos de la cuenca, etc); (iii) la identificación de intereses y/o vinculación con la gestión, el uso y la conservación de la

CARG, de los diferentes actores clave (fichas o matrices para inventariar los actores de la cuenca).

a. Criterios para la identificación de los actores clave

Para el mapeo de los actores clave es fundamental considerar el vínculo con la cuenca, ya sea porque tienen responsabilidad en su manejo, se benefician de sus recursos, contribuyen a su deterioro, o recae sobre ellos un impacto negativo o existe tal riesgo.

En un determinado contexto espacial, los vínculos entre los actores conforman redes, desempeñando roles y ocupando posiciones, que definen comportamientos, valores y creencias. Por tanto, el énfasis de la construcción de un mapa de actores radica en la comprensión de la articulación de las relaciones entre grupos de actores, así como las cualidades de esas relaciones: de poder o influencia, económicas, de intercambio, de solidaridad, clientelares, etc.

El tratamiento del tema implica explicitar los criterios para determinar la representatividad de los actores, los temas y actividades que les atañen, la metodología que se utilizará para su abordaje o socialización y los mecanismos para asegurar su participación. Para ello se propone diseñar instrumentos (matrices y/o fichas), que faciliten el registro de datos relevantes, como el inventario de actores y su clasificación, según el campo de actuación, intereses, ámbitos espaciales, teniendo en cuenta la delimitación por subcuenca y la división política-administrativa (estado, municipio y parroquia).

El enfoque participativo trata de lograr la mayor inherencia y consenso posible de las comunidades e instituciones, por lo que es pertinente asegurar la intervención de dichos actores y su identificación con los objetivos del Proyecto. Esto supone la posibilidad de trabajar con grupos focales representativos con legitimidad y dominio de los problemas y de las potencialidades del territorio de la CARG; y la identificación debe estar focalizada en los objetivos del Plan de Gestión Integral de la cuenca.

El éxito del Plan de Gestión de la CARG, está vinculado en buena parte, a la participación efectiva de los actores clave, por lo que, como estrategia en la realización del Proyecto, es conveniente el acercamiento con los actores locales, para informar sobre el Proyecto, y estimular su participación. Paralelamente, se realizan los contactos con los actores a nivel estatal o regional, para informar e impulsar su involucramiento activo.

En el proceso de identificación de los actores sociales con influencia (internos y externos), deben considerarse algunos criterios de actuación:

- Que formen parte de la sociedad asentada en la CARG y representen intereses legítimos del conglomerado que hace vida en la cuenca.

- Que tengan conocimiento del contexto, capacidad de acción, con funciones que contribuyan con los objetivos del proyecto y las soluciones de los problemas existentes en la CARG.
  - Que tengan posibilidades de identificar fuentes de financiamiento o de donación de recursos para respaldar la gestión en la CARG (organizaciones productivas, instituciones públicas o privadas, etc.).
  - Con capacidad de construir alianzas de cooperación y participación, con habilidades para la negociación y la construcción de acuerdos y consensos.
- b. Propuesta Metodológica para la identificación y análisis de los actores.

De manera procedimental, para el desarrollo de este aspecto, se propone como referencia, la metodología EC-FAO (2006), con las debidas adaptaciones a las necesidades del proyecto de la CARG. La metodología está estructurada en seis fases:

- **Fase 1. Propuesta inicial de clasificación de actores**

El objetivo es identificar a los actores (instituciones, grupos organizados) y su posible participación en las distintas fases del proyecto. Esto implica identificar a los actores que manejan información importante, los que deben ser entrevistados, e invitados a los talleres. Resulta clave registrar los posibles actores con los que se vincularán las propuestas de acción, las relaciones con ellos y el nivel de participación de cada actor. Se identifican a los actores:

- Que serán influidos por el Proyecto.
- Que podrían acompañar (colaboración), u obstaculizar (conflicto), el desarrollo del Proyecto y sus actividades.
- Con influencia sobre la opinión pública de la comunidad.
- Con conocimiento y manejo de información sobre temas vinculados al Proyecto.

Durante la fase inicial de planificación del trabajo y de reconocimiento de campo, el equipo de trabajo con apoyo de facilitadores locales, elaborarán un primer inventario de actores, clasificándolos en grupos de actores (“clusters”), para reconocer los más importantes o influyentes.

De allí, surge el ejemplo que se muestra en la Tabla 12.1.



**Tabla 12.1. Ejemplo de matriz de identificación y clasificación de Actores Clave**

<b>Actor</b>	<b>Tipo de organización o Actor</b>	<b>Interés / área de gestión</b>	<b>Jurisdicción / Ámbito espacial</b>
Alcaldía XX	Organismo público local	Políticas públicas y administración local	Municipio XX. Subcuenca XX
HIDROCAPITAL	Organismo público regional	Administración, operación y mantenimiento del acueducto de la región Capital	Regional
Asociación de Productores de Hortalizas XX	Sociedad civil	Uso de suelos y aguas superficiales para riego	Subcuenca XX. Municipio XX Localidad XX

Fuente: elaboración propia

- **Fase 2. Identificación de funciones y roles de cada actor**

El objetivo es reconocer las principales funciones de los actores, respecto al Proyecto, e identificar las posibles acciones que podría desarrollar cada grupo (sociales e institucionales), perfilando una red de alianzas, en relación con la propuesta de gestión de la cuenca.

La identificación y caracterización de actores es un proceso iterativo, lo cual permite decantar o complementar la lista inicial, agregando nuevos actores, a medida que el análisis avanza, identificando las prácticas, influencias e intereses de dichos actores, y definir las estrategias de integración, a lo largo del desarrollo del Proyecto. Mediante observaciones de campo, opiniones de expertos, trabajo con grupos focales, entrevistas, o combinaciones de estas acciones metodológicas, se deben identificar:

- Los grupos interesados en la problemática de la cuenca, con funciones y atribuciones vinculadas a los objetivos del proyecto de la CARG.
- Quienes por tener capacidades de negociación con agentes gubernamentales, pudiesen influenciar, positiva o negativamente, en la implementación de acciones para construir acuerdos; y quienes presentan habilidades, conocimiento y/o recursos para proponer, atender y solventar los problemas de la cuenca.
- Agencias que deberían integrarse en el proyecto de la CARG.
- Actores que podrían emprender acciones de oposición hacia el proyecto de la CARG.

- Posibles alianzas entre los actores, que puedan ejercer influencias sobre otros actores, a favor, o en contra del Proyecto de gestión de la cuenca.
- Actores sujetos a ser afectados por las acciones de control y de solución de la problemática ambiental de la cuenca, previstas en el Plan de Gestión.
- Actores que tienen conocimiento o experiencia en los temas asociados a la planificación de la CARG, y aquellos con capacidad para movilizar recursos necesarios para la formulación e implementación del Plan.
- Actores necesarios para la aprobación y adopción del Plan y para la implementación de la zonificación y los proyectos.

Los principales resultados que se esperaría obtener de esta fase del análisis son: una matriz de los actores, un primer cuadro de influencia e interés, y un diagrama de las relaciones entre actores.

- **Fase 3. Análisis de los actores**

Se refiere a un análisis cualitativo de los diferentes actores de cara al proceso participativo iniciado. Se pueden tomar decisiones en relación a dos aspectos:

- a) Las relaciones predominantes entre los actores, con énfasis en el nivel de interés, categorizadas como:
  - A favor (predominan relaciones de confianza y colaboración mutua)
  - Indeciso/neutral
  - En contra (predominan las relaciones de conflicto)
- b) Los niveles de poder o influencia sobre otros actores, clasificadas como:
  - Alto: alta influencia sobre los demás actores
  - Medio: mediana influencia sobre los demás
  - Bajo: sin influencia sobre los demás.

- **Fase 4. Elaboración de la matriz de actores clave**

La finalidad es ubicar a los actores según su grado de poder (alto, medio, bajo) y su posición respecto a la propuesta de intervención (a favor, neutrales y opuestos). Es posible introducir otras variables, definiendo la influencia respecto al uso de los recursos. Se sugiere la elaboración de matrices (cuadros de doble entrada), para el registro del grado de poder, posición, y la respectiva representación gráfica.

- **Fase 5. Reconocimiento de las relaciones sociales**

Se busca identificar y analizar el tipo de relaciones que existe entre diferentes actores (por ejemplo, una relación fuerte de coordinación y trabajo conjunto).

En algunos casos, se pueden identificar y analizar las relaciones entre actores en torno a los principales servicios ecosistémicos priorizados en la cuenca, con énfasis en la identificación de conflictos en torno al acceso de determinados servicios, o relacionados con la incapacidad de acceso, a partir del deterioro de los recursos.

- **Fase 6. Reconocimiento de las redes sociales existentes**

Se trata de identificar las redes existentes y el conjunto de acciones que toman. Es favorable plantear estrategias para trabajar con las redes consolidadas y para fortalecer las relaciones débiles que existan entre grupos.

Una práctica conveniente en el mapeo de actores clave es emplear elementos gráficos que sinteticen el tejido de relaciones y la naturaleza del poder e influencia que ejercen en un determinado espacio.

Finalmente se propone un Análisis de Incidencia, que consiste en evaluar la capacidad con la que cuentan los distintos actores sociales para actuar en la gestión del Plan, sus programas y acciones. Este análisis permite evaluar la disposición a ser parte del proceso de cogestión previsto para el Plan de Gestión Integral de la CARG.

#### **12.3.3.4. Levantamiento de información en campo**

Para el trabajo de campo se requiere la elaboración de instrumentos de captura de información, tales como entrevistas semiestructuradas y cuestionarios, que permitan caracterizar, clasificar y evaluar los actores, determinar su grado y tipo de influencia, posición, interés, expectativas, etc. Los instrumentos deben incluir preguntas que permitan evaluar aspectos tales como legitimidad, representatividad o poder, con el fin de priorizar los actores.

#### **12.3.3.5. Productos esperados en la identificación y análisis de los actores clave**

Los resultados o productos asociados a la identificación y análisis de Actores Clave son:

- a. Informe de resultados de los talleres con posibles Actores Clave, encuestas, entrevistas y otros medios para el levantamiento de información.
- b. Informe contentivo de: (i) Identificación y caracterización de Actores Clave relevantes (Mapa de Actores Clave), (ii) Valoración y análisis de los actores clave identificados, y (iii) Estrategias divulgativas y de involucramiento de actores clave en el Proyecto CARG.
- c. Informe contentivo de los potenciales conflictos con los distintos actores clave, y los posibles caminos de solución. Recomendaciones para promover la integración o

participación ordenada de los diferentes actores en el proceso de planeación participativa.

#### **12.3.4. El Núcleo del Modelo Propuesto de la Institucionalidad**

Se proponen en esta Sección las bases de un modelo de estructura organizativa conformada por distintos entes interconectados (Figura 12.1), incluyendo la Unidad de Gestión, o la Agencia de Cuenca (de la CARG), que constituye el núcleo del esquema institucional propuesto. Se plantea que se desarrolle un análisis comparativo de los principales enfoques y experiencias seleccionadas en gestión de cuencas, así como un análisis crítico de la presente propuesta, con el fin de configurar, de ser pertinente, un esquema institucional para la CARG, replicable para el resto de las principales cuencas abastecedoras de agua para ciudades.

##### **12.3.4.1. El Consejo de la Cuenca Alta del Río Guárico (CCARG)**

Dentro de la estructura organizativa propuesta, tal como se muestra en la Figura 12.1., el Consejo de la Cuenca Alta del Río Guárico (CCARG), es el ente superior de máxima representación de actores relevantes presentes en la gestión de la cuenca, en el cual se toman las grandes decisiones programáticas y los lineamientos estratégicos, que luego se concreten en los planes, programas y subprogramas de acción. El CCARG, constituye el nivel de decisión política, el órgano deliberante, donde se fijan las bases de administración de la cuenca, y estará constituido a partir de la máxima representación posible de los actores involucrados en el proceso: organismos públicos del nivel central, regional y local, sector privado y sociedad civil organizada, con una composición equitativa de estas tres categorías de actores.

Los Consejos de Cuencas Hidrográficas tienen soporte legal, en la Ley de Aguas, en su articulado. El artículo 31, señala “*El Presidente o Presidenta de la República, en Consejo de Ministros y Ministras, mediante Decreto, podrá crear Consejos de Cuenca Hidrográfica, en aquellas cuencas cuya complejidad, importancia relativa u otra situación particular así lo justifique*” (República Bolivariana de Venezuela, 2007).

##### **12.3.4.2. El directorio ejecutivo de la CARG**

Es un grupo reducido integrado por los más representativos de la diversidad de actores presentes en el Consejo de la CARG. Sería el siguiente nivel de decisiones relevantes en el funcionamiento de la Agencia, y constituye el órgano de enlace entre el Consejo de Cuenca y la Unidad de Gestión o Agencia de Cuenca. Con una composición mixta, sus integrantes se escogerán del seno del Consejo, respetando la misma proporcionalidad de los sectores que la conforman.

### 12.3.4.3. La unidad de gestión: La Agencia de la CARG

La Agencia de la Cuenca Alta del Río Guárico -ACARG-, es el órgano operativo responsable de la gestión permanente de la cuenca. La ACARG constituye la instancia donde se aplica la programación aprobada en las altas instancias de la cuenca, se hace seguimiento y se proponen modificaciones en los cursos de acción, la asignación de prioridades, conducción de negociaciones, concreción de acuerdos, manejo de los recursos, diseño de los planes de trabajo y de las propuestas de presupuesto. Todas estas propuestas deben ser sometidas a su aprobación en las instancias correspondientes en la CARG (Figura 12.1).

**Figura 12.1. Propuesta de la Estructura Organizativa para la CARG**



Se propone que esta Unidad de Gestión cuente con un Director, Gerente o Jefe de Oficina. A los fines del mejor cumplimiento de sus tareas, puede estar internamente organizada en tres grupos de Unidades de gestión:

- a. **Unidades Programáticas:** estas unidades tendrán entre sus responsabilidades, ejecutar los Programas de Gestión identificados para la CARG (Sección 10.9).
- b. **Unidades Operativas o de Apoyo:** entre ellas están, las oficinas de Asesoría Legal y Administración y Presupuesto.
- c. **Unidades Territoriales:** unidades por subcuenca o grupos de subcuencas, si así se requiere.

Otros ámbitos de actuación necesarios, para un adecuado desempeño de la Agencia de la CARG, son:

- d. La necesidad de contar con personal de alta calificación, lo que exige que la agencia planifique e implemente programas de capacitación de sus recursos humanos.
- e. Toda la información acopiada de la CARG, requiere ser vinculada en un sistema de información/gestión, bajo la administración de la agencia, abierto a los usuarios, El mismo es un instrumento de gestión, en el establecimiento de las bases para el cálculo tarifario, simulaciones financieras, seguimiento de los planes, y apoyo en la toma de decisiones.
- f. La Agencia debe contar con un plantel técnico del alto nivel, y disponer de información completa y confiable de la CARG, por lo que se constituye en un cuerpo de asesoría especializada, para los diferentes interesados, tanto públicos como privados.

### **12.3.5. Los Instrumentos Normativos**

La estructura organizativa propuesta, requiere de un soporte legal para su implementación y buen funcionamiento. El marco legal vigente en Venezuela, en el tema de organización institucional en gestión de cuencas, se caracteriza por la dispersión, en una multiplicidad de leyes orgánicas, ordinarias, reglamentos de leyes, decretos y resoluciones. La excepción está expresada en la creación de los Consejos de Cuencas Hidrográficas (artículos 31 al 35, de la Ley de Aguas, del 2007) y las Autoridades Únicas de Área asociadas a la figura de ordenación del territorio (Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, 1983).

Es por ello que resulta oportuno y necesario, la revisión y el análisis de la normativa legal, con el fin de proponer un marco legal idóneo que sostenga la funcionalidad de la estructura organizativa de la gestión integral de la CARG.

En este sentido, se requiere adelantar un inventario, lo más exhaustivo posible, de los instrumentos normativos vigentes, en materia de Cuencas Hidrográficas. El mismo podrá ser realizado a través de una metodología de fichas, que pueden ser complementadas en el Proyecto. El esquema de las fichas propuesto, debe contener, al menos, los siguientes puntos:

- Nombre y/o número del instrumento.
- Fecha de promulgación, número y publicación en Gaceta Oficial.
- Alcance Normativo (Aspectos generales y específicos que regula o desarrolla).
- Instituciones involucradas y responsables de su aplicación.
- Nivel de concreción político-territorial (Nacional, regional, local -municipal- o de alguna ABRAE)
- Relevancia concreta en el territorio de la CARG: aplicabilidad en la cuenca alta, o en parte de ella.

- Direccionalidad de la norma: se refiere a espacios, recursos y actividades económicas, así como la naturaleza de su aplicación (urbana, rural o generalizada)

### **12.3.6. El Financiamiento de la Agencia de la CARG**

La estructura organizativa para la gestión de Cuencas Hidrográficas implica un proceso complejo que requiere de fondos financieros para operar e invertir, con el fin de alcanzar los objetivos previstos. Con base en lo señalado en la Ley de Aguas (República Bolivariana de Venezuela, 2007), el financiamiento de la gestión integral de las cuencas hidrográficas, se fundamenta en el principio de que para garantizar los servicios ambientales de la cuenca (en cantidad y calidad), incluyendo el agua, se requiere de inversión de recursos financieros, los cuales son aportados idealmente tanto por el Estado, como por los usuarios del agua.

Las posibles fuentes de financiamiento para la gestión de la CARG, provendrán, por un lado, de los aportes presupuestarios de los gobiernos nacional, estatal y local, y por el otro, los provenientes de los usuarios de las aguas producidas en la cuenca, las donaciones y las inversiones procedentes de agencias nacionales e internacionales de financiamiento.

En relación al financiamiento de la gestión, es necesario considerar (en su momento de gestión ordinaria de la Agencia de Cuenca constituida), además de las fuentes con las que se puede contar, los montos requeridos, los mecanismos para concretarlo, tales como, asignaciones derivadas del presupuesto ordinario, créditos adicionales, programas y presupuestos para períodos específicos de mediano y/o largo plazo, del régimen de concesiones a título oneroso a grandes usuarios, de esquemas tarifarios por servicios ambientales o técnicos, del financiamiento internacional bilateral y multilateral, reembolsable y no reembolsable, entre otros.

No obstante, para dar concreción a estas fórmulas deberá realizarse en el Proyecto, la definición conceptual del esquema de concesiones y de tarifas, considerando los siguientes elementos clave:

- La definición de una base de cálculo del precio del agua, para dar soporte al programa de concesiones en la cuenca, basada en la reglamentación vigente, considerando las experiencias nacionales e internacionales, en esta materia.
- La formulación de los términos para la negociación con los principales usuarios del agua que provee la CARG.
- Revisar los documentos disponibles para preparar los “Términos de Referencia Tipo”, que servirán de soportes y compromisos a las concesiones a ser otorgadas.
- Hacer ejercicios de cálculo de ingresos/egresos, a partir de la información disponible, sobre la futura demanda de los usuarios.

### **12.3.7. El Marco Metodológico para el Modelo de Institucionalidad**

El Proyecto CARG realizará las siguientes actividades:

- a. La comparación y el análisis de las experiencias en esquemas de Institucionalidad, así como en fuentes de financiamiento, en gestión integral de cuencas hidrográficas (Benchmarking).
- b. Un análisis crítico de la propuesta del Modelo de Institucionalidad para la CARG incluido en esta Sección, en el contexto de los resultados del Benchmarking.
- c. El desarrollo de un esquema de Institucionalidad para la CARG, replicable en otras cuencas abastecedoras de aguas para ciudades en Venezuela, con base en el modelo preliminar propuesto y los resultados del análisis crítico realizado.
- d. La evaluación de la Normativa Legal aplicable a la institucionalidad de cuencas hidrográficas, especialmente a la creación e implementación de las Unidades de Gestión de Cuencas (Agencia de Cuencas).

### **12.4. PRODUCTOS ESPERADOS**

El proyecto generará documentos contentivos de:

- a. El análisis comparativo de las experiencias internacionales y las de Venezuela sobre Institucionalidad de cuencas hidrográficas.
- b. El análisis de la Normativa legal y sublegal venezolana aplicable a la institucionalidad de cuencas hidrográficas.
- c. El análisis de la situación actual de las instituciones con competencia en aguas y cuencas hidrográficas, señalando las limitaciones para su desempeño o gestión.
- d. El análisis crítico de la propuesta del modelo de Institucionalidad para la CARG.
- e. La propuesta de institucionalidad para la CARG, que pueda ser replicada –con los ajustes pertinentes- a otras cuencas abastecedoras de aguas del país.
- f. El análisis de las alternativas de financiamiento para la gestión de la CARG.
- g. El Proyecto de Decreto para la creación del ente u organización que se proponga en el perfil de Proyecto, que sea responsable de la implementación del Plan de Gestión Integral de la CARG.
- h. El Proyecto de Decreto para la creación de la Autoridad Única de Área



### **13. ESTRUCTURA DE COSTOS**

En esta Sección se incluyen los estimados de costos preliminares de realización del estudio propuesto en el Perfil de Proyecto, en US \$.

Los estimados de costos se han preparado con una matriz Excel (Anexo 2), en la que el Proyecto se desagrega en sus actividades detalladas, y las variables de costos, en las siguientes clases: Honorarios Profesionales, muestras (análisis), insumos de apoyo (materiales y equipos), talleres, viáticos (hotel y comidas), y alquiler de vehículos. El programa Excel permite la salida de resúmenes de costos, mediante páginas dinámicas, desde la matriz original y más detallada, tal como se muestra en la Tabla 13.1.

Los Honorarios Profesionales se han asociado a las clases de Profesionales que utilizan las Tablas del Colegio de Ingenieros de Venezuela, que van desde P1, para los profesionales de menor nivel, con poco tiempo de experiencia, hasta P10, para los profesionales de mayor experiencia. Los Honorarios se establecieron en US\$/hombres/día, con tarifas usuales en el “mercado” nacional.

A partir de la matriz Excel original más detallada, las estimaciones de costos se pueden mostrar desagregadas en diferentes formatos de acuerdo a las necesidades de información de los lectores. Por ejemplo, actividades de campo y oficina o gabinete, por tipo de Profesional (P1, P2, etc), en cada actividad, o para todo el proyecto.

En la Tabla 13.1 se muestra un resumen de los costos asociados, a nivel de los componentes técnicos del Perfil de Proyecto. En el Anexo 2, se muestra el detalle de los costos asignados a cada componente.

El costo total del estudio, es de US \$ 397.878 (trescientos noventa y siete mil, ochocientos setenta y ocho, dólares estadounidenses), y se estima un tiempo de realización del estudio, entre 10 y 12 meses.

**Tabla 13.1. Resumen Estimación de Costos Plan de Gestión Integral de la CARG**

Fase	Actividad	Honorarios Profesionales	Muestras	Insumos de Apoyo	Talleres	Viáticos	Alquiler de Vehículos	Costo Total Actividad
Preparatoria	4.1. Reconocimiento de campo de las subcuencas	6.950	0	200	1.100	5.700	1.500	15.450
	4.3. Actualización de la información planoaltimétrica. Estándares cartográficos	7.400	0	1.120	0	0	0	8.520
	<b>Sub-Total</b>	<b>14.350</b>	<b>0</b>	<b>1.320</b>	<b>1.100</b>	<b>5.700</b>	<b>1.500</b>	<b>23.970</b>
Caracterización y Diagnóstico Ambiental	4.4. Características morfométricas de la cuenca y subcuencas	1.050	0	0	0	0	0	1.050
	4.5. Caracterización hidroclimática. Recopilación y procesamiento de la información básica	3.300	0	0	0	950	500	4.750
	4.6. Calidad del agua	16.040	28.000	0	0	6.080	5.400	55.520
	4.7.1. Caracterización componentes físico-naturales. <b>Geología</b>	2.910	0	0	0	0	0	2.910
	4.7.2. Caracterización componentes físico-naturales. <b>Geomorfología y morfodinámica</b>	6.450	0	0	0	0	0	6.450
	4.7.3. Caracterización de los suelos	4.890	930	0	0	4.275	1.500	11.595
	4.8.1. Cobertura y uso de la tierra	13.030	0	300	0	3.800	2.000	19.130
	4.8.2. Caracterización de la Fauna Silvestre	1.900	0	200	0	0	0	2.100
	4.8.3. Caracterización Ictiofauna	1.300	0	200	0	0	0	1.500
	4.9. Caracterización socioeconómica y cultural	8.880	0	0	3.300	6.460	2.400	21.040
	4.10. Identificación y caracterización de los SPA	3.850	0	0	0	2.850	1.500	8.200
	4.11. Conflictos de uso de la tierra	1.220	0	0	0	0	0	1.220
	5. Diagnóstico ambiental de la CARG. Subtotal	4.500	0	0	0	0	0	4.500
<b>Sub-Total</b>	<b>69.320</b>	<b>28.930</b>	<b>700</b>	<b>3.300</b>	<b>24.415</b>	<b>13.300</b>	<b>139.965</b>	
Evaluación Integral	6. Bases para la formulación de escenarios. Modelo SWAT	10.960	0	0	0	0	0	10.960
	7. Evaluación Integral de la CARG	20.700	0	0	0	950	500	22.150
	<b>Sub-Total</b>	<b>31.660</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>950</b>	<b>500</b>	<b>33.110</b>
Diseño y desarrollo del SIG	8. Diseño y desarrollo del SIG	52.500	0	0	0	0	0	52.500
	<b>Sub-Total</b>	<b>52.500</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>52.500</b>
Propuesta del Plan Integral de Gestión	9. Bases para la formulación del POT de la CARG	12.320	0	0	2.700	0	0	15.020
	10. Plan de Gestión de la Cuenca	9.520	0	950	7.000	7.000	0	24.470
	11. Bases del Modelo de Gestión Integral de la CARG	9.000	0	350	400	250	0	10.000
	12. Bases Modelo de Institucionalidad para la Gestión Integral de la CARG	13.590	0	750	7.050	1.425	500	23.315
	<b>Sub-Total</b>	<b>44.430</b>	<b>0</b>	<b>2.050</b>	<b>17.150</b>	<b>8.675</b>	<b>500</b>	<b>72.805</b>
Informe Final y Control de Calidad	Preparación del Informe Final Perfil del Proyecto	8.100	0	1.500	0	0	0	9.600
	Aseguramiento del control de calidad	13.500	0	0	0	0	0	13.500
	Coordinación técnica	30.000	0	0	0	7.125	0	37.125
	<b>Sub-Total</b>	<b>51.600</b>	<b>0</b>	<b>1.500</b>	<b>0</b>	<b>7.125</b>	<b>0</b>	<b>60.225</b>
<b>TOTAL ACTIVIDADES</b>		<b>263.860</b>	<b>28.930</b>	<b>5.570</b>	<b>21.550</b>	<b>46.865</b>	<b>15.800</b>	<b>\$382.575</b>
							<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS 4%</b>	<b>\$15.303</b>
							<b>TOTAL GENERAL DEL PROYECTO</b>	<b>\$397.878</b>

## 14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, X. 2000. Caracterización Pedogeomorfológica y de los Tipos de Utilización de la Tierra Relevantes en la Cuenca Alta del Río Guárico, Sector Sur de Aragua. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencia del suelo. Facultad de Agronomía .Maracay.

ACFIMAN-SACC. 2018. Primer Reporte Académico de Cambio Climático 2018: Contribución de los Grupos de Trabajo I, II y III al Primer Reporte Académico de Cambio Climático (PRACC) de la Secretaría Académica de Cambio Climático (SACC) de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (ACFIMAN) de Venezuela. [Villamizar, A., E. Buroz Castillo, R. Lairt Centeno, & J. A. Gómez (Eds.)]. Ediciones ACFIMAN – CITECI, Caracas.

Aguilera, M. et al. 2003. Biodiversidad en Venezuela. Tomos I y II. Fundación Empresas Polar. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Caracas.1076 pp. Recuperado de: <http://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/publicaciones/libros/biodiversidad-en-venezuela/>

APHA-AWWA-WEF. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WEF, Ed. 23.

Arias, L. et al. 1988. Una metodología para el estudio de los sistemas de producción agrícolas con fines de desarrollo rural- Caracas; V. JUNAC.

Arnold J.G., J.R. Kiniry, R. Srinivasan, J.R. Williams, E.B. Haney and S.L. Neitsch. 2012. Input/Output Documentation. Version 2012. Swat Model. Texas Water Resources Institute, 8y; hgfd. / r TR-439. Texas, USA.

Bartram J., Corrales L., Davison A., Deere D., Drury D, Gordon B., Howard G., Rinehold A., y M. Stevens. 2009. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.

Beekman G. B. 1998. La gestión de los recursos naturales y ambientales en América Latina y el Caribe: El caso de los recursos hídricos. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. COMUNIICA, Año 3, N°9, 1998, p. 84-92. Recuperado de: <http://repiica.iica.int/docs/B1761e/B1761e.pdf>

Casanova, E. y J. Vilorio (2004). Informe Final Proyecto Generación de Directrices Técnicas y Socioeconómicas para la planificación y seguimiento del uso de la tierra con fines de producción sostenible de agua. Tomo 5: Evaluación Agrícola y Ambiental. MCT FONACIT- UCV, Agronomía, Maracay. 250 pp.

Botequilha, A., et al. 2006. Measuring Landscapes: A Planner's Handbook. Washington, DC. Island Press. 240 pp.

Brieva, C. 2018. Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológica en cuencas. Proyecto Específico 1133022 Versión 1. Caracterización de cuencas. Programa Nacional Agua. PNAGUA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 161.

Cano, E. et al. 2016. Modelo participativo de organización para la gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca del río Tapenagá. Provincia del Chaco, Argentina. Aqua-LAC. Vol. 8. Nº. 2.

Casanova, E. y J. Vilorio, 2004. Informe Final Proyecto Generación de Directrices Técnicas y Socioeconómicas para la planificación y seguimiento del uso de la tierra con fines de producción sostenible de agua. Tomo 5: Evaluación Agrícola y Ambiental. MCT FONACIT- UCV, Agronomía, Maracay. 250 pp.

CEPAL.2013. Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). Santiago de Chile, Chile. 139 pp.

CGIAR-CCAFS. 2014. Consultative Group for International Agricultural Research – Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security. Downscaled Data Portal. Data Bias Correction. [http://ccafs-climate.org/data\\_bias\\_correction/](http://ccafs-climate.org/data_bias_correction/)

Chow VT., Maidment D. Y L. Mays. 1994. *Applied Hydrology*. McGraw Hill, New York, USA.

Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Segunda edición. Ediciones RIALP, S.A. Madrid. 449 pp.

CIGIR. 2017. Identificación de riesgo climático y definición de estrategias financieras para su mitigación en el sector agua y saneamiento en América Latina y el Caribe. Estudio elaborado por el Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR), para el Banco Interamericano de Desarrollo BID, RG-E1507.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. 2004. Estudio de la calidad del agua del río Cauca y sus principales tributarios mediante la aplicación de Índices de Calidad y Contaminación. Tramo Salvajina – La Virginia. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente- Volumen X, Santiago de Cali. Documento en línea: [www.cvc.gov.co/cvc/Mosaic/dpdf2/Volumen10/1-ECARCPag1-158.pdf](http://www.cvc.gov.co/cvc/Mosaic/dpdf2/Volumen10/1-ECARCPag1-158.pdf) (Consulta: agosto, 2014).

Correa, C. et al. 2014. Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México (1975-2008). *Revista de Geografía Norte Grande*, 59: 7-23 (7).

De Jesús, Gaspar. 2003. Sedimentación de embalses, problemática y soluciones. Situación de los embalses en Venezuela. Trabajo de ascenso. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Dile Y, R. Srinivasan and C. George. 2019. QGIS Interface for SWAT (QSWAT). QSWAT Version 1.8.2, which needs SWAT Editor version 2012.10.21. [https://swat.tamu.edu/media/116371/qswat-manual\\_v19.pdf](https://swat.tamu.edu/media/116371/qswat-manual_v19.pdf).

Di Gregorio, A. and L. Jansen 2000. Land cover classifications system (LCCS): classification concepts and user manual for software version 1.0. Rome, FAO. 179 pp.

Dourojeanni, A. 2009. Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe. Revista Desarrollo Local Sostenible. Vol.3. No. 8. Grupo Eumed.net, Red Académica Iberoamericana. Disponible en: Biblioteca Conmemorativa Orton.

EDELCA. 2004 a. Plan Maestro de la Cuenca del Río Caroní. Diagnóstico ambiental y caracterización integral de la cuenca. Vol. 1. Tomo 2. Capítulos 1 a 5. Caracas.781 pp.

EDELCA. 2004 b. Plan Maestro de la Cuenca del Río Caroní. Vol. 2. Evaluación del Uso de los Recursos Naturales. Tomo 4. Capítulo 4. Conflictos de Uso de las Tierras. Caracas, 29 p.

EDELCA. 2004c. Estudio Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní. 2004. Vol. 3. Zonificación y Plan de Acción. Tomo 4 Zonificación u Ordenación Espacial de la Cuenca del Río Caroní. Caracas. 151 pp

EDELCA.2004. Estudio Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní. Vol.3. Tomo 5. Programas del Plan de Acción. Capítulos 1 a 8. Caracas. 703 pp.

EDELCA. 2004d. Estudio Plan Maestro de la Cuenca del río Caroní. 2004. Volumen 4. Actualización del Esquema de Zonificación. Tomo 2. Evaluación de Recursos. Capítulo 9. Zonificación y Reglamento de Uso del Área Bajo Caroní. Caracas. 68 pp.

Erdogan, R. 2013. Stakeholder Involvement in Sustainable Watershed Management. Akdeniz University, Agricultural Faculty, Department of Landscape Architecture, Antalya, Turkey. 33 pp.

FAO. 2015a. Mountain soils and Agriculture. In: Understanding Mountain Soils: A contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015, by Romeo, R.; Vita, A.; Manuelli, S.; Zanini, E.; Freppaz, M. & Stanchi, S. Food and Agriculture Organization ONU. Rome, Italy. Pp.23-42.

FAO. 2015b. Understanding Mountain Soils: A contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015, by Romeo, R.; Vita, A.; Manuelli, S.; Zanini, E.; Freppaz, M. & Stanchi, S.. Food and Agriculture Organization ONU. Rome, Italy. Pp. 23-42.

FAO. 2015c. Mountain soils and threats. Understanding Mountain Soils: A contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015, by Romeo, R.; Vita, A.; Manuelli, S.; Zanini, E.; Freppaz, M. & Stanchi, S.. Food and Agriculture Organization ONU. Rome, Italy. Pp. 87-100.

FAO. 2009. ¿Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas?. Roma. Italia. 29 pp.

FAO.2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Libro de consulta para profesionales y autoridades locales, basado en los resultados y las recomendaciones de una sistematización de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a0644s/a0644s00.pdf>

Faustino, J. y Jiménez F. 2005. Experiencia. Institucionalidad de los organismos de cuencas. Grupo temático Cuencas Hidrográficas. Programa Focucenas II CATIE. ASDI. Turrialba. Costa Rica Recuperado de: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8426/Experiencias\\_Institucionalidad\\_organismos\\_cuencas.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8426/Experiencias_Institucionalidad_organismos_cuencas.pdf)

Gabaldón, A. J. 2006. Desarrollo Sustentable. La Salida de América Latina. Grupo Editorial Random House Mondadori, S.A. Grijalbo. Caracas. pp. 489.

Gaspari, F.J. et.al. 2013. Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas / 1a ed. - La Plata. Universidad Nacional de La Plata, 188 p.

González De Juana, C. et al. 1980. Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Primera Edición. Ediciones FONINVIS. Caracas.

González, E. 2017. Evaluación limnológica del embalse Camatagua (Edos. Aragua y Guárico). Informe Final del Proyecto PEII 20110001396. Instituto de Biología Experimental. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 37 p.

Hargreaves, G.H. and Z.A. Samani. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture 1:96-99.

Grupo Orinoco. 2019. Perfil del Proyecto de Gestión de Cuencas Abastecedoras de Agua. Caso cuenca alta del río Guárico. Propuesta presentada por el Grupo Orinoco al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).Venezuela. Caracas. 33 p.

Grupo Orinoco. 2018. Hoja de Ruta para la Recuperación del Servicio de Agua Potable y Saneamiento de Venezuela. Centro de reflexión y pensamiento. Caracas. [www.grupoorinoco.org](http://www.grupoorinoco.org).

Grupo Orinoco. 2017. Hacia una nueva institucionalidad ambiental en Venezuela. Grupo Orinoco. Centro de pensamiento en Energía y Ambiente. Caracas. 117 pp.

Hart, R. 1985. Agroecosistemas. Conceptos Básicos. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica.

Hidroven. 2008. Inventario de plantas potabilizadoras (No publicado). C.A. Empresa Hidrológica de Venezuela (Hidroven). Caracas.

Horton, R. E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin. U.S.A.

Hoyer, M. et al. 2001. La Transformación del Datum geodésico PSAD-56 al Sistema REGVEN. I Jornadas Nacionales de Topografía, San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

Huber, O y M. Oliveira. 2010. Las Formaciones Vegetales de Venezuela. El Libro Rojo de los Ecosistemas. Provita. 327 pp. Recuperado de [https://www.academia.edu/637718/libro\\_Rojo\\_de\\_Los\\_Ecosistemas\\_Terrestres\\_de\\_Venezuela](https://www.academia.edu/637718/libro_Rojo_de_Los_Ecosistemas_Terrestres_de_Venezuela) Huber, O. y C. Alarcón. 1988. Mapa de vegetación de Venezuela 1:2.000.000. The Nature Conservancy, MARNR. Oscar Todtmann Editores. Caracas.

Huber, O. 2007. Los grandes paisajes vegetales. Pp. 538-575. En: P. Cunill G. (ed.). Medio físico y recursos ambientales. Capítulo 16. GeoVenezuela Volumen 2. Fundación Empresas Polar, Caracas.

Huergo, J. (sin fecha). Los Procesos de Gestión. Recuperado de: [http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/univpedagogica/especializaciones/seminario/materiales\\_paradescargar/seminario4/huergo3.pdf](http://servicios.abc.gov.ar/lainstitucion/univpedagogica/especializaciones/seminario/materiales_paradescargar/seminario4/huergo3.pdf)

Hurtado, W. F. et al. 2019. Caracterización de sistemas de producción agrícolas con ganado vacuno en la cuenca baja del río Guayas. Provincia de Los Ríos, Ecuador. Rev. Prod. Anim. 31 (1): 1-10.

Hutchinson, M.F. et al. 2011. Recent Progress in the ANUDEM Elevation Gridding Procedure. In: Geomorphometry 2011, edited by T. Hengel, I.S. Evans, J.P. Wilson and M. Gould, pp. 19-22. Redlands, California, USA.

Hutchinson, M.F. 2008. Adding the Z-dimension. In: Wilson, J.P. and Fotheringham, A.S. (Eds), Handbook of Geographic Information Science. Blackwell, pp 144-168.

IDEAM. 2010. Guía para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia. Segunda versión. Bogotá, Colombia. 249 pp.

Inchausti, A. 1981. Estudio de la problemática del abastecimiento a Caracas desde el Embalse Camatagua. Tesis de Grado. Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Católica Andres Bello. Caracas, Venezuela.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 2008. Metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Mapa de Cobertura de la Tierra de la Cuenca del Magdalena, Cauca-Bogotá. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1997. Bases conceptuales y guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental. IGAC. Subdirección de Geografía. Santafé de Bogotá, Colombia. 350 pp.

Jácome, A. et al. 2001. Sistema de Información Ambiental Cuenca Alta del Río Guárico-SIACARG- Fundacite Aragua. Informe final. 110 p.

FAO. 2006. Guidelines for soil description. [Food and Agriculture Organization of the United Nations](#) (FAO). Rome. 97 pp.

Jiménez, F. et al. 2004. Caracterización diagnóstica línea base y plan de acción de la subcuenca del río Turrialba. Maestría en manejo de cuencas hidrográficas. Curso Manejo Integrado de Cuencas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba. Costa Rica. 78 pp.

KNMI. 2019. Climate Explorer. KNMI Climate Change Atlas. Instituto Meteorológico Holandés (KNMI), a través de un proyecto que ha sido financiado por el Centro Climático de la Cruz Roja / Media Luna Roja y el Ministerio Holandés de Infraestructura y Medio Ambiente, DGMI. Holanda.

[https://climexp.knmi.nl/plot\\_atlas\\_form.py](https://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py)

Labrador, M., Brondo, J. y M. Arbelo. 2012. Satélites de teledetección para la gestión del territorio. Proyecto SATELMAC. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias. España. 63 pp- Recuperado en: [http://www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20\\_catalogo\\_satelites\\_es.pdf](http://www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20_catalogo_satelites_es.pdf)

Mc. Garigal, K, Cushman, S.A., Neel, M.C. and E. Ene. 2002. Fragstats V.3: Spatial pattern analysis program for categorical maps. University of Massachusetts. Amherst. Recuperado en:

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.

MANTI-MS. 2013. Estudio Hidrológico para el abastecimiento de agua a San Juan de los Morros. Informe de Avance N°1. Doc. 1-SJM-ADUC-INF-1. HidroPaez. San Juan de Los Morros, Estado Guárico, Venezuela.



Martínez-Reina, A. M. 2013. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 14 (2): 165-185.

Matos, M. L. y N. Guajardo. 2018. "Impact Assessment of Water Translocation from the Tucutunemo River to Camatagua Reservoir (Aragua State, Venezuela) ", en *Water Resources Management*. Takako Matsumura-Tundisi y José Galizia Tundisi (Editors). Editora Scienza, Sao Carlos, 2018. pp 67-76.

Meier W. 2005. Aspectos de la flora y vegetación del Monumento Natural Cerro Platillón (Juan Germán Roscio), estado Guárico, Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28 (1): 39-62.

Méndez, W. et al. 2015. Caracterización hidroclimatológica y morfométrica de la cuenca del río San Julián (estado Vargas, Venezuela): aportes para la evaluación de la amenaza hidrogeomorfológica. *Cuadernos de Geografía. Revista Colombiana de Geografía*. Vol. 24. (2): 133-156. Bogotá, Colombia.

Menéndez, A. 1966. Tectónica de la parte central de las montañas occidentales del Caribe, Venezuela. *Ministerio de Minas e Hidrocarburos*. 3 (15): 11-139.

Meyer, W. and B. Turner. 1994. *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, USA. 573 pp.

Minasny, B. and A. B. McBratney. 2016. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, 264: 301-311. Disponible en: [shorturl.at/bknN7](http://shorturl.at/bknN7). Consultado el 27/01/2020.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. *Guía Técnica para la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas*. POMCAS. Colombia, Bogotá. 104 pp.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). 2002. *Mapa de la Vegetación Actual de Venezuela*. Proyecto Manejo de Recursos Naturales y Ordenamiento de Tierras (MARNOT). D. Dumith (coord.). Formato Digital. 75 hojas 1:250.000. Caracas. MARNR (1993-1996).

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR). 1998. *Grandes Presas de Venezuela*. Tomo II. Dirección General Sectorial de Infraestructura. Caracas, Venezuela.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR). 1997. *Evaluación de la operación del Embalse Camatagua*. Dirección de Operación y Mantenimiento de Obras. Dirección General Sectorial de Infraestructura. Caracas, Venezuela.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). 1996. *Mapa de la Vegetación de Venezuela 1:250.000 [electrónico]*. D. Rodríguez (coord.). Dirección

General de Información e Investigación del Ambiente. División de Vegetación. Caracas. 4x hojas.

Mintegui, J. A. Aguirre y J. C. Robredo. 1994. Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrologicoforestal, mediante Modelos Hidrológicos. Ingeniería del Agua. Vol. 1 (2): 69-82.

Moreno, C. 2004. Informe final subproyecto 3. Diagnóstico socioeconómico de las áreas piloto de la cuenca alta del río Guárico del Proyecto. Manejo integral de la cuenca alta del río Guárico. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 25p

Morlans M. y C. Romero. 2014. Evolución de la fragmentación del paisaje en el Valle Central de Catamarca (1973 – 2007). Área Ecología. Editorial Científica -Universidad Nacional de Catamarca. Argentina. 74pp. Recuperado de: <http://ecosistemasdecataamarca.blogspot.com/2013/12/fragmentacion-del-valle-central-de.html>.

Monteith, J.L. 1965. Evaporation and the environment. In: The state and movement of water in living organisms, p.205-234. XIX th Symposium. Soc. For Exp. Biol., Swansea. Cambridge University Press, UK.

National Research Council. 2000. Watershed Management for Potable Water Supply: Assessing the New York City Strategy. The National Academies Press. Washington, D.C. <https://www.nap.edu/catalog/9677/watershed-management-for-potable-water-supply-assessing-the-new-york>

Navarro, E. 1983. Petrología y petrogénesis de las rocas metavolcánicas del grupo Villa de Cura. Revista Geos. 28:170-317. Caracas.

Neitsch S.L., Arnold, J.G., Kiniry J.R. and J.R. Willimas. 2011. Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation. Version 2009. Texas Water Resources Institute, TR-406. Texas, USA.

Ochoa, J., Pineda, C. y C. Moreno. 2004. Usos actuales de la tierra identificados en las áreas pilotos (Caramacate y Tucutunemo) de la cuenca alta del río Guárico. Manejo integral de la cuenca alta del río Guárico. Núcleo de investigación y excelencia. Proyecto iniciativa científica del milenio. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay. Pp 27.

Ospina, A. et al. 2004. Balance Morfodinámico de la Cuenca Alta del Río Guárico, Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico. Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. FONACIT. 120 p.

Ospina, A. y G. Elizalde. 2004a. Modelo Pedogeomorfológico de la Cuenca Alta del Río Guárico. Versión 2.0. Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. FONACIT. 120 p.

Ospina, A. y G. Elizalde. 2004b. Clasificación de Paisajes de la Cuenca Alta del Río Guárico. Versión 1.0. Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico, Núcleo de Investigación y Excelencia. Proyecto Iniciativa Científica Milenio. FONACIT. 71 p.

Ospina, A. y G. Elizalde. 2004c. Clasificación de paisajes de la subcuenca del río Caramacate a escala 1:100.000. Núcleo de Investigación y Excelencia. Manejo Integral de la Cuenca Alta del Río Guárico. Proyecto Iniciativa Científica del Milenio. FONACIT. Maracay.

Page-Dumroese, D. S. et al. 1999. Comparison of methods for determining bulk densities of rocky forest soils. Soil Science Society of America Journal, 63(2), 379-383. Disponible en: [shorturl.at/gkGOR](http://shorturl.at/gkGOR). Consultado el 27/01/2020.

Pérez-Hoyos, A y F. García-Haro. 2009. Análisis comparativo de las principales cartografías de cobertura del suelo en la península Ibérica. Teledetección: agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, 209 -212 pp. Recuperado de:  
[http://www.aet.org.es/congresos/xviii/Libro\\_ACTAS\\_XVIII\\_AET.pdf](http://www.aet.org.es/congresos/xviii/Libro_ACTAS_XVIII_AET.pdf)

Piburn, M. 1968. Metamorfismo y estructura del grupo Villa de Cura, norte de Venezuela. Bol. Geol. Caracas. Vol. 9 (18): 183-290.

Pineda, C. y C. Moreno. 2004. Caracterización de los principales sistemas de producción identificados en las áreas piloto (Caramacate, Tucutunemo y San Juan), de la cuenca alta del río Guárico. Manejo integral de la cuenca alta del río Guárico. Núcleo de investigación y excelencia. Proyecto iniciativa científica del milenio. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay. pp 29.

Priestley, C.H.B and R.J Taylor. 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Mon. Weather Rev., 100: 81-92.

Pulgarín E.G. y G. Poveda. 2009. Fórmulas regionales para la estimación de curvas intensidad-frecuencia-duración basadas en las propiedades de escala de la lluvia (Región andina colombiana). Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.

Provita .2015. El libro rojo de la fauna venezolana. Cuarta edición. 444 pp. Exlibris. Recuperado de:

<http://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/publicaciones/digitales/el-libro-rojo-de-la-fauna-venezolana/>

República Bolivariana de Venezuela. 2017. Norma técnica para la verificación y certificación de la base cartográfica de productos temáticos. Providencia Administrativa 046 del IGVS. Gaceta Oficial No. 41083 del 26 de enero de 2017.

República Bolivariana de Venezuela. 2015. Normas técnicas para los nombres geográficos o topónimos. Providencia Administrativa 05 del IGVS. Gaceta Oficial No. 40782 del 05 de noviembre de 2015.

República Bolivariana de Venezuela. 2013. Protección Jurídico Ambiental del Embalse Camatagua. Decisión No. No. 253 de Tribunal Superior Agrario de los Estados Aragua y Carabobo del 26 de febrero de 2013. Recuperado de: <https://vlexvenezuela.com/vid/direccion-estadal-ambiental-aragua-425632506>

República Bolivariana de Venezuela. 2009. Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. Gaceta Oficial N° 39.095 del 9 de enero de 2009.

República Bolivariana Venezuela. 2007. Ley de Aguas. Publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 38.595 de fecha 02 de enero de 2007. Caracas. Recuperado de:

<http://www.ciec.org.ve/data/intranet/Presentaci%F3n%20Ileana%20Garc%EDa%20C.%20Ley%20de%20Aguas%20%20.pdf>

República Bolivariana de Venezuela. 2006. Ley Orgánica de Planificación y la Gestión del Ordenamiento del Territorio (no vigente). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela.2006. Numero 5820 Extraordinario del 01 de septiembre del 2006. Caracas.

República Bolivariana de Venezuela. 1999. Establece como datum oficial para Venezuela el Sistema de Referencia Geocéntrico para América del Sur (SIRGAS), del cual forma parte la Red Geodésica Venezolana (REGVEN). Resolución N° 10, del 22 de enero de 1.999, publicada el 03 de marzo de 1.999 en la Gaceta Oficial N° 36.653.

República de Venezuela. 1995. Normas para la Clasificación Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto No. 883. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.021.

República de Venezuela.1983. Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Numero 3238 Extraordinario del 11 de agosto de 1983. Caracas.

República de Venezuela. 1974. Declaración de la Zona Protectora de Suelos, Bosques y Aguas en la Cuenca Hidrográfica del Río Guárico. Decreto N° 106 publicado en la Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 30.408 de fecha 27/05/1974. Caracas.

República de Venezuela. 1966. La Ley Forestal de Suelos y Aguas. Promulgada el 26 de enero de 1966 en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 1.004 Extraordinario. Caracas. Recuperado de:

República de Venezuela. 1949. Decreto de creación del Monumento Natural Arístides Rojas (Morros de San Juan). Gaceta Oficial de la República de Venezuela. Decreto No. 318 del 11 de noviembre de 1949. Caracas.

Rodríguez, E. et al. 2006. A global assessment of the SRTM performance. Photogramm. Eng. Rem. Sens. 72: 249-260.

Rosales A. 2003. Lineamientos para establecer un programa de conservación y manejo sustentable de la cuenca del río Guárico, Venezuela. Preparado para el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y para la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el estado Aragua (FUNDACITE ARAGUA). Maracay, Venezuela.

Rosales, A. y L. Iskandar. 2016. Plan de gestión integrada de aguas y suelos para la comunidad de agricultores de Agua Negra en el municipio Jiménez del estado Lara, Venezuela. Informe Final. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Caracas. pp 48.

Rosales, A. y P. García. 2015. Las cuencas hidrográficas y su gestión integral. En: Agua en Venezuela: Una Riqueza Escasa. Vol. 2. Capítulo 22, pp 866-913. Editores: A. Gabaldón, A. Rosales, E. Buroz, J. R. Córdova, G. Uzcátegui y L. Iskandar. Fundación Empresas Polar. Primera Edición. Caracas.

Salvatierra, H. 2015. Metodologías basadas en sistemas de clasificación Corine-FAO en los estudios de la cobertura y uso de la tierra apoyado en geotecnologías. Revista Jornadas de Investigación UMAZA, 2015. Facultad de Ingeniería, Universidad Juan Agustín Maza, Argentina. ISSN 2314-2170.

SCNCC. 2017. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. República de Venezuela – Ministerio de Ecosocialismo y Agua. Venezuela.

SEMARNAT. (s.f.). Guía para la Identificación de Actores Clave. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Serie Planeación Hidráulica. Ciudad de México, México 34 p.

Sevilla, V. y J. Comerma. 2009. Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo. Venezuela. IV. Zonificación Agroecológica. Agronomía Tropical. 59(3): 265-273.

Shagam, R. 1960. Geología de Aragua central (Venezuela). III Cong. Geol. Venez. Caracas, 1959. 2: 574-675.

Silva, O. 2019. Directrices para el empleo del modelo SWAT en la evaluación del rendimiento de agua en cuencas hidrográficas de Venezuela. Informe de Pasantía,

ejecutada durante el período enero-mayo de 2018, la cual forma parte de los requisitos establecidos en el programa de Doctorado en Ciencias Agrícolas de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

SIMCA. 1960. Río Guárico en Camatagua. Informe Hidrológico. Caracas, Venezuela.

Soil Science Division Staff. 2017. Soil Survey Manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (Eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.

Soil Survey Staff. 2014. Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (Ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Disponible en: [shorturl.at/djpr1](http://shorturl.at/djpr1). Consultado el 27/01/2020.

Strahler, A. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Mc Graw-Hill. New York – USA.

Tapella, E. 2007. El mapeo de Actores Claves, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: un abordaje interdisciplinario”, Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI).

Torres, P. et al. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, vol. 8, No. 15 especial, pp. 79-94 - ISSN 1692-3324 - julio-diciembre de 2009/150 p. Medellín, Colombia. Documento en línea: <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf> (Consulta: mayo, 2019).

Tovar, W. 2013. Propuesta de clasificación de cobertura/uso de la tierra en los Andes. Caso: cuenca del río Grita, Venezuela. Trabajo de grado de maestría en Ecología Tropical. ULA. Venezuela. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/39866>

Turner, M. G and R.H. Gardner. 2015. Landscape Ecology in Theory and Practice. Pattern and Process. Springer. 482 pp. Recuperado de: <https://www.springer.com/gp/book/9781493927937#aboutBook>

Urbani F. y J. A. Rodríguez. 2003. Atlas geológico de la Cordillera de la Costa. Venezuela. Coedición FUNVISIS y UCV, iii + 146 p. (146 mapas a escala 1:25.000). USACE. U. S. Army Corps of Engineers. 2016. HEC-RAS. Hydrologic Engineering Center. Version 5.0. USA.

van Hoorn, J. W. (Sin fecha). Paper 1.06 Determining hydraulic conductivity with the inversed auger hole and infiltrometer methods. Disponible en: [shorturl.at/bdhrw](http://shorturl.at/bdhrw) Consultado el 27/01/2020.

Vásquez, R. 2011. Solución Geomática para cuencas hidrográficas. Una aproximación desde los Sistemas Socioecológicos Complejos. Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo. Centro Público de Investigación CONACYT, México.

Wadsworth, J. 1997. Análisis de Sistemas de Producción Animal - Tomo 2: las Herramientas Básicas. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 140/2. Capítulo 1. Modelos y sus usos. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/3/w7452s/w7452s01.htm>.

Wikipedia.2020. Monumento natural Arístides Rojas. Recuperado de:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/monumento\\_natural\\_aristides\\_rojas](https://es.wikipedia.org/wiki/monumento_natural_aristides_rojas)

Winchell, M.; R. Srinivasan; M. Di Luzio and J. Arnold. 2013. ArcSWAT Interface for SWAT2012. User's Guide. Grassland, Soil and Water Research Laboratory. USDA Agricultural Research Service. Temple, Texas, USA.

Wischmeier, H.H. and D. D. Smith.1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No 537. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC. 57 pp.

Yu, Pao-Shan, Tao-Chang Yang, and Chin-Sheng Lin. 2004. "Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall." Journal of Hydrology, No. 295: 108-123.

Zinck, A. 2012. Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC Special Lecture Notes Series. Enschede, Países Bajos.

Morgan, R.P.C. 1995. Soil Erosion & Conservation. Second Edition. Longman Group Limited. England. pp.198.

## **ANEXOS**



## ANEXO 1

### Glosario de términos. Cobertura y Uso de la Tierra (4.8.1.)

#### 1. Uso de la Tierra:

- **Tierra:** con base en el concepto propuesto por FAO (1997), citado por Tovar (2013), es una entidad en la que interactúan componentes vivos y no vivos, sobre y debajo del suelo. La tierra puede ser delimitable, por estar constituida de atributos climáticos, hidrológicos, topográficos, edáficos, biológicos y antropológicos, que en su configuración externa, se hace heterogénea, traduciéndose en diversos patrones y arreglos espaciales, que se evidencian gracias a las diferentes formas en que se presenta la cobertura en la superficie terrestre.
- **Cobertura de la tierra:** se refiere a las distintas cubiertas vegetales (tipos de vegetación) y no vegetales (cuerpos de agua, afloramientos rocosos, superficies de hielo, áreas urbanas, etc) presentes en estado natural y/o transformado por fenómenos ambientales y el hombre (Meyer y Turner, 1994). Las cubiertas de la superficie terrestre pueden ser identificadas en imágenes de satélites y fotografías aéreas, para delimitarlas e interpretadas, derivando en unidades de cobertura.
- **Uso de la tierra:** las diversas formas de intervención humana, permanentes o temporales, sobre las coberturas de la tierra, con el fin de satisfacer las necesidades sociales, a través del aprovechamiento de los recursos naturales. El uso puede ser permanente o cíclico, y está representado por diferentes arreglos espaciales, dependientes de las actividades y manejo realizados por el hombre al entrar en un tipo particular de cobertura, con los cambios reversibles o irreversibles que pueda generar (Di Gregorio y Jansen 2000, citado por Tovar, 2013).

#### 2. Ecología de Paisajes. Conceptos Básicos:

- **Escala:** medida del grado de resolución espacial y temporal de un proceso. En Ecología del Paisaje, “escala” se refiere a grupo de parches que interactúan de manera significativa para el proceso ecológico que se aborda, en donde el tamaño del paisaje depende de la escala a la cual la variable de respuesta efectivamente responde.
- **Composición del Paisaje:** diversidad de tipos de hábitat y de parches presentes en un paisaje y su abundancia relativa. Puede expresarse en los diferentes tipos de coberturas naturales y antrópicas, en los tipos de suelos, o en los paisajes del área de estudio. Conjunto del mosaico de “unidades básicas” pertenecientes a paisajes, hábitats, sitios, ecótonos, biotopos, componentes del paisaje o facies, los cuales ocurren en una variedad de escalas temporales y espaciales, dependiendo de la percepción de cada organismo. Los elementos son observables, cartografiables y cuantificables, según atributos como la forma, el tamaño, la composición, el arreglo o grado de conexión y su distribución espacial.

- **Estructura del Paisaje:** determinada por la composición, la configuración y la proporción de los diferentes elementos del paisaje.
- **Función del Paisaje:** la forma en que cada elemento en el paisaje interactúa basado en los eventos de los ciclos de vida.
- **Mosaico paisajístico:** un conjunto de manchas de diferente naturaleza, compuesto por matriz, parchos y corredores. Estructura y organización del mosaico paisajístico.
- **Matriz:** elemento predominante del mosaico paisajístico. Es el que da la estructura y configuración del paisaje; dentro de ésta se encuentran los parches de naturaleza diferente a la matriz. Es el elemento de trasfondo más extenso y de mayor conectividad o continuidad espacial en un paisaje. Las “matrices paisajísticas” presentan bordes cóncavos que abrazan los otros elementos del paisaje (parches y corredores) y juegan un rol dominante en los flujos de materia y energía. La matriz es identificable por el observador y es dependiente del fenómeno bajo consideración.
- **Parches o fragmentos:** Áreas discretas con condiciones ambientales relativamente homogéneas cuyos bordes se distinguen por discontinuidades ambientales en magnitudes que son percibidas o son relevantes para el organismo o proceso bajo observación. Los parches están inmersos en la matriz que es el elemento de trasfondo más extenso y de mayor conectividad o continuidad espacial en un paisaje; así, las especies que predominan en la matriz son las que predominan en el paisaje.
- **Corredores:** Elementos lineales o en faja del paisaje con características diferentes a las del ambiente circundante. Pueden ser naturales, resultantes de un proceso de degradación, o culturales.
- **Conectividad:** Es la conexión funcional de un paisaje, que permite analizar los procesos mediante los cuales los individuos de una población (o subpoblación) están interconectados, enlazados dentro de una unidad funcional demográfica. Es un parámetro inversamente correlacionado con la fragmentación u hostilidad de los hábitats en que se fragmenta el paisaje. El concepto funcional de conectividad considera la respuesta de comportamiento de un organismo a distintos elementos del paisaje, lo que está relacionado con la escala de percepción de la heterogeneidad de las diversas especies.

Fuente: Modificado de Morlans y Romero (2014).

### 3. Índices del paisaje seleccionados

#### 3.1. Métricas básicas de área y configuración de los parches

- **Porcentaje del Paisaje (PLAND):** porcentaje ocupado por un tipo de cobertura en el total del paisaje. Es la métrica más elemental en el estudio de los patrones de

paisaje. Los cambios del porcentaje en el tiempo dan información acerca del incremento y el decrecimiento de las áreas de cierto tipo de cobertura. PLAND se aproxima a 0 cuando el tipo de cobertura disminuye su área y se acerca a 100 cuando domina el total del paisaje. Unidad: porcentaje.

- **Tamaño Promedio del Fragmento (MPS):** el tamaño promedio del fragmento (MPS) es el promedio aritmético del tamaño de cada fragmento de cierto tipo de cobertura, este índice mide qué tan dividido se encuentra un tipo de cobertura. Si el fragmento ocupa el total del paisaje, el área del paisaje será el valor máximo del MPS.
- **Índice del Fragmento más Grande (LPI):** porcentaje que ocupa el fragmento más grande en el total del tipo de coberturas si se calcula en el nivel de clase. LPI se aproxima a 0 cuando el área de fragmento más grande de la clase correspondiente es muy pequeña y es igual a 100 cuando el total del paisaje consiste de un solo fragmento que ocupa el 100% del área del mismo. Unidad: porcentaje.
- **Densidad de Fragmentos (PD):** número de fragmentos de un tipo de cobertura en 100 hectáreas. El valor mínimo de NP ocurre cuando el total del paisaje es dominado por un solo fragmento que ocupa toda el área del mismo.

### 3.2. Métricas de conectividad y aislamiento

- **Índice de Proximidad Media (MPI):** caracteriza el grado de aislamiento espacial de los fragmentos, tomando en cuenta todos los fragmentos más próximos que se encuentran dentro de un radio de búsqueda especificado. Rango  $>0$ , sin límites; Altos valores de proximidad indican que fragmentos vecinos, del mismo tipo de cobertura, están menos aislados, grandes y agregados. Bajos valores indican que los fragmentos se encuentran aislados y pueden tener tamaños pequeños.
- **Conectancia (CONNECT):** mide el grado de conexión física entre los fragmentos que conforman un paisaje, siendo un indicador directo de conectividad espacial. Es definido por el número de enlaces funcionales entre fragmentos del mismo tipo donde cada fragmento está conectado o no, basado en un criterio de distancia. Rango de 0 a 100; CONNECT es igual a 0 cuando la clase consiste de un solo fragmento o ninguno de los fragmentos está conectado, y es igual a 100 cuando todos los fragmentos de la clase están conectados. Unidad: porcentaje.
- **Índice de Cohesión (COHESIÓN):** mide el grado de agregación y la dominancia de las coberturas que conforman un paisaje determinado. En este sentido, es un indicador de la conectividad física de un paisaje o de un tipo de cobertura. Rango de 0 a 100; el valor de COHESION se incrementa a medida que la agregación y la agrupación de las coberturas aumentan.

Fuente: Modificado de Botequilha et al., 2006.

**Anexo 2**  
**Matriz de estimación de costos**





