

HD 3646
V934

**Uso de la cuenta de agua para la gestión integrada de los recursos hídricos de la
cuenca media – baja del río Santo Domingo del estado Barinas.**

Por

Maryjessy Jerez Araujo

Trabajo de grado para optar al grado de Magíster Scientiae en Planificación y Desarrollo de
los Recursos Aguas y Tierras. Mención: Planificación y Desarrollo de los Recursos
Hidráulicos.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y
TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, OCTUBRE 2014

DEDICATORIA.

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mi hermano, que sirva de ejemplo e inspiración, de que con perseverancia y mucho trabajo, podrás ver realizados sus sueños.

A mi novio, mi mejor amigo y compañero inseparable, por todo su amor, paciencia y apoyo incondicional en los momentos de cansancio y de levantarme cuando me creía derrotada.

Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

www.bdigital.ula.ve

AGRADECIMIENTOS

Ante nada quiero darle gracias a Dios por darme la vida, por protegerme y por darme la fortaleza de avanzar cuando creía que todo estaba perdido. A la Universidad de los Andes por abrirme las puertas al conocimiento y a un sinfín de vivencias unas divertidas otras no tanto, pero que formaron parte del proceso de aprendizaje mas allá de un salón de clases. Al CIDIAT, por permitirme expandirme como profesional y como ser humano.

Debo agradecer de manera especial y sincera al profesor José A. Pérez Roas, por creer en mi y aceptarme para realizar esta tesis de maestría bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable en el desarrollo de esta tesis. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

Le agradezco también a la Prof. Angela Henao, por guiarme y darme consejos tanto para la culminación de este trabajo de grado, como a nivel personal, creo que sin su apoyo y valiosos consejos, habría declinado en finalizar esta maestría cuando me encontraba perdida, mil gracias Profesora y un fuerte abrazo.

Al Profesor José G. Rosales, por sus grandes aportes y por haberme facilitado los medios suficientes para llevar a cabo las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis y hacer posible la culminación de la misma.

A mi amiga Yajaira Olivo, por toda su ayuda y apoyo, hemos reído y llorado juntas, un abrazo gigante.

A todas las personas que participaron e hicieron posible este proyecto muchas gracias por su apoyo y enseñanza.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria	vii
Agradecimientos	ix
Resumen	xix
Introducción	xxi
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	01
1.1 Planteamiento del problema	01
1.2 Justificación e importancia de la investigación	03
1.3 Objetivos	04
1.3.1 Objetivo general	04
1.3.1.1 Objetivos específicos	04
1.4 Alcances y limitaciones	05
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL	07
2.1 Antecedentes	07
2.2 Uso del agua: impactos y beneficios	12
2.3 Gestión integrada de recursos hídricos	13
2.3.1 Concepto de G.I.R.H.	13
2.3.2 Principios de la G.I.R.H.	14
2.3.3 Componentes de la G.I.R.H.	15
2.3.4 Beneficios de la G.I.R.H.	17
2.3.4.1 Beneficios para el ambiente	17
2.3.4.2 Beneficios para la agricultura	18
2.3.4.3 Beneficios para saneamiento y suministro de agua	18
2.4 Cuentas de agua	19
2.4.1 El valor y costo del agua	20
2.4.1.1 Valor de uso directo	21
2.4.1.2 Valor de uso indirecto	21
2.4.1.3 Valor de opción del agua	13
2.4.1.4 Valor intrínseco del agua	22
2.4.2 La cuenta de agua	23
2.4.2.1 Cuentas de agua en cantidad	24
2.4.2.2 Cuentas de agua en calidad	26
2.4.2.3 Cuentas monetarias	27

2.5 Indicadores para la cuenta de agua.....	27
2.5.1 Fracción de agotamiento.....	27
2.5.2 Fracción de agotamiento en procesos.....	28
2.5.3 Fracción de utilización benéfica	28
2.6 Diagnóstico del área de estudio.....	28
2.6.1 Ubicación.....	28
2.6.2 División político – administrativa del municipio Barinas.....	30
2.6.3 Caracterización físico - natural	30
2.6.3.1 Precipitación.....	30
2.6.3.2 Temperatura.....	31
2.6.3.3 Evaporación	32
2.6.3.4 Evapotranspiración.....	33
2.6.3.5 Hidrografía e Hidrología	34
2.6.3.6 Suelos	40
2.6.3.7 Vegetación	43
2.6.4 Caracterización socio - económica.....	47
2.6.4.1 Población.....	47
2.6.4.2 Actividades económicas.....	49
2.6.4.3 Sistemas de agua potable.....	62
2.6.4.4 Aguas servidas.....	70
2.6.4.5 Demanda de recursos hídricos.....	72
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	77
3.1 Tipo de investigación.....	77
3.2 Procedimiento metodológico	78
3.2.1 Procedimiento metodológico	78
3.2.1.1 Recopilación de información bibliográfica	79
3.2.1.2 Definición de unidades de análisis	79
3.2.1.3 Confección de balances hídricos.....	80
3.2.2 Planteamiento de escenarios	91
3.2.2.1 Situación actual.....	91
3.2.1.2 Situación proyectada.....	91
3.2.3 Obtención de la cuenta de agua según planteamientos.....	92
3.2.4 Selección y análisis de indicadores de la cuenta de agua.....	94
3.2.4.1 Fracción de agotamiento en procesos.....	94
3.2.4.2 Fracción de utilización benéfica	94
3.2.5 Determinación de posibles estrategias de manejo de recursos hídricos.....	95

3.2.5.1 Manejo de la demanda	95
3.2.5.2 Manejo de la oferta	95
CAPITULO IV: RESULTADOS	97
4.1 Definición de unidades de análisis	97
4.2 Confección de balances hídricos	98
4.2.1 Curva de duración de caudal fuente superficial	98
4.2.2 Curva de duración de caudal fuente subterránea	99
4.2.3 Demandas de agua.....	100
4.2.3.1 Demanda de centros poblados.....	100
4.2.3.2 Demanda del sistema de riego Santo Domingo.....	101
4.2.3.3 Demanda de sistemas de riego privado.....	104
4.2.3.4 Demanda por evapotranspiración de la vegetación.....	113
4.3 Escenarios planteados	115
4.3.1 Situación actual (1970 – 1995)	115
4.3.1.1 Cuenta de agua análisis A (1970 – 1995).....	116
4.3.1.2 Cuenta de agua análisis B (1970 – 1995).....	120
4.3.2 Situación proyectada (2012 - 2036).....	123
4.3.2.1 Cuenta de agua análisis A (proyectada).....	123
4.3.2.2 Cuenta de agua análisis B (proyectada).....	124
4.3.3 Comparación de situación actual vs. situación proyectada.....	130
4.3.3.1 Análisis A.....	130
4.3.3.2 Análisis B.....	132
4.4 Estrategias de gestión de recursos hídricos en el área de estudio.....	134
4.4.1 Manejo de la demanda (corto plazo)	134
4.4.1.1 Manejo de la demanda de riego	135
4.4.1.2 Manejo de la demanda poblacional	135
4.4.2 Manejo de la oferta (largo plazo)	135
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
5.1 Conclusiones	137
5.2 Recomendaciones	138
Referencias Bibliográficas	141
Apéndices	
Anexos	

LISTA DE CUADROS

	Pág.
2.1 Experiencia internacional de aplicación de Cuentas de Agua en países del primer mundo	09
2.2 El impacto de los sectores del uso del agua sobre los recursos hídricos	12
2.3 Crisis del agua – Hechos.....	13
2.4 Temperatura Media Anual (°C), estación Barinas - Aeropuerto	32
2.5 Distribución mensual de temperatura estación Barinas – Aeropuerto (1976 – 1996)	32
2.6 Parámetros morfométricos del sector de planicie	34
2.7 Caudales mensuales en m ³ /s. Cuenca del río Santo Domingo (1970 – 1995)	37
2.8 Flujo subterráneo efluente en Hm ³ /mes. Cuenca del río Santo Domingo (1970 – 1995).....	39
2.9 Taxonomía de los suelos presentes en el área de estudio.....	43
2.10 Especies vegetales representativas del área de estudio	44
2.11 Especies vegetales representativas del área de estudio. Continuación	44
2.12 Población dentro del área de estudio. Año 2001	48
2.13 Proyecciones poblacionales por municipio dentro del área de estudio (1980 - 2036)	48
2.14 Proyecciones de población por centros poblados dentro del área de estudio (1980–2036).....	49
2.15 Estimación de superficie para producción de semilla según la demanda establecida	56
2.16 Cantidades por cultivar de semilla certificada a producir en el SRRSD (anual)	57
2.17 Metas de producción de cultivos anuales y semestrales	57
2.18 Instalaciones de piezas sanitarias en el área de estudio.....	71
2.19 Demanda de agua proyectada (l/s) para centros poblados < 2.500 hab (2012 – 2036).....	72
2.20 Demanda de agua proyectada (l/s) de centros poblados > 2.500 hab por municipio (2012 – 2036).....	73
2.21 Demanda bruta de riego (mm/mes) para la cuenca media–baja del río Santo Domingo (1970–1995)..	75
2.21 Demanda bruta de riego (mm/mes) para la cuenca media–baja del río Santo Domingo (2012-2036).....	76
3.1 Modelo de tabla de resultados de Curva de Duración de Caudales de Superficial	81
3.2 Modelo de tabla de resultados de Curva de Duración de Caudales de Oferta Subterránea	82
3.3 Modelo de tabla para la determinación demanda poblacional en l/s	84
3.4 Modelo de tabla para el cálculo de la demanda de riego mensual en l/s periodo 1970 – 1995.....	85
3.5 Modelo de tabla para el cálculo de la demanda de riego mensual en l/s periodo 1970 – 1995.....	86
3.6 Modelo de tabla para proyecciones de superficie de riego privados período 2012 – 2036.	87
3.7 Modelo de tabla de resultados de demanda actual de riego para Sist. de riego privados (1970 – 1995).....	88
3.8 Modelo de tabla de resultados demanda futura de riego privado	89
3.9 Modelo de tabla de resultados demanda por Etc (l/s).....	90
3.10 Modelo de tabla de resultados demanda por Etc (l/s).....	90

4.1 Caudales de fuente superficial a diferentes probabilidades. (1970 – 1995).....	98
4.2 Caudales de fuente subterránea a diferentes probabilidades. (1970 – 1995).....	98
4.3. Demanda en l/s de centros poblados ubicados en el área de estudio.....	101
4.4. Demanda de riego mensual (l/s) (1970 – 1995), del sist. riego Santo Domingo, estado Barinas.....	102
4.5. Proyección de superficies de riego para el Sistema de Riego Santo Domingo período 2012 - 2036.....	103
4.6. Demanda futura de riego período (2012 – 2036) del Sistema de Riego Santo Domingo.....	104
4.7. Superficies de usos de la tierra de la Unidad A del área de estudio.....	106
4.8. Superficies de usos de la tierra de la Unidad B del área de estudio.....	107
4.9. Superficies de riego seleccionadas de la Unidad A.....	107
4.10. Demanda mensual (1970 – 1995), de sistemas de riego de iniciativa privada en el área de estudio.....	108
4.11. Proyección de Superficies de Riego de la Unidad A período (2012 – 2036).....	109
4.12. Demanda de Riego (l/s) de la Unidad A período 2012 – 2036.....	110
4.13. Superficies de Riego seleccionadas de la Unidad B.....	111
4.14. Demanda de Riego (l/s) de la Unidad B, período 1970 - 1995.....	111
4.15. Superficie de riego proyectada de la Unidad B para el período 2012 - 2036.....	112
4.16. Demanda de riego proyectada de la Unidad B para el período 2012 – 2036.....	113
4.17. Superficies seleccionadas para análisis de evapotranspiración (l/s) Unidad A y Unidad B.....	113
4.18. Demanda por evapotranspiración (l/s) Unidad A.....	114
4.19. Demanda por Evapotranspiración de Bosques de la Unidad B, período 1970 - 1995.....	115
4.20. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis A. (1970 – 1995).....	118
4.21. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis A. (1970 – 1995). Continuación.....	119
4.22. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis B. (1970 – 1995).....	121
4.23. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis B. (1970 – 1995). Continuación.....	122
4.24. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis A. (2012 – 2036).....	126
4.25. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis A. (2012 – 2036)Continuación.....	127
4.26. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis B (2012 – 2036).....	128
4.27. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis B (2012 – 2036). Continuación.....	129
4.28. Comparación Cuenta de Agua Análisis A. Situación Actual vs. Situación Proyectada.....	131
4.29. Comparación Cuenta de Agua Análisis B. Situación Actual vs. Situación Proyectada.....	133

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
2.1 Desafíos de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos	16
2.2 Componentes esenciales que encaminan el proceso de GIRH.....	17
2.3 Toma de decisiones que afectan a los recursos hídricos	20
2.4 Valor Económico del Agua.	21
2.5 Costo del Agua.....	22
2.6 Contenido de las Cuentas de Agua en Cantidad.....	26
2.7 Ubicación relativa nacional del Área de Estudio.....	29
2.8 Parroquias del Municipio Barinas.....	30
2.9 Precipitación mensual en mm, para diferentes periodos en estaciones dentro del área de estudio	31
2.10 Distribución mensual de Evaporación promedio (mm) de la Estación Barinas–Aeropuerto 1976–1996.	33
2.11 Distribución mensual de Evaporación promedio (mm) de la Estación Barinas–Aeropuerto 1976–1996.	33
2.12 Hidrografía de la Cuenca media – baja del río Santo Domingo, estado Barinas.....	35
2.13 Puente sobre el río Santo Domingo, sector Torunos.....	36
2.14 Curva de duración de caudales a 50% y 95% (1970 – 1995 y 2012 – 2036)	38
2.15 Tasa anual de deforestación en los llanos occidentales de Venezuela	50
2.16 Ganadería extensiva, sector El Barro, municipio Barinas	51
2.17 Plantación de la especie <i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba), sector El Barro, municipio Barinas	52
2.18 Sistema de riego Santo Domingo.....	53
2.19 Cultivos de maíz (<i>Zea mays</i>) y plátano (<i>Musa sp.</i>) en la cuenca media – baja del río Santo Domingo.....	60
2.20 Cultivo de Auyama observado en la cuenca media – baja del río Santo Domingo.....	60
2.21 Sistema Silvopastoril observado en el sector El Barro	61
2.22 Derrame de crudo observado frente a la finca adyacente a la estación Maporal	62
2.23 Planta potabilizadora de Barinas	63
2.24 Tren de tratamiento de la planta de agua potable de Barinas	64
2.25 Extracción de agua mediante pozos artesanales, cuenca baja del río Santo Domingo	69
2.26 Comparación de demandas (l/s) para centros poblados < 2.500 hab. por municipio 2012 y 2036.....	74
3.1 Esquema del procedimiento Metodológico para la Estimación de la Cuenta Física del Agua	78
3.2 Estructura y fórmulas de la cuenta de agua	80

3.3 Diagrama de flujo de planteamiento de escenarios para la cuenta de agua	92
3.4 Esquema para la generación de estrategias de manejo de recursos hídricos en el área de estudio	95
4.1 Unidades de Análisis definidas en la cuenca media – baja del río Santo Domingo, estado Barinas	97
4.2 Curva de duración de caudales de fuente superficial a 70%, 80% y 95% de probabilidad	99
4.3 Curva de duración de caudales de Aguas Subterráneas a 70%, 80% y 95% de probabilidad	100
4.4 Mapa de usos de la tierra en la cuenca media – baja del río Santo Domingo.....	105

www.bdigital.ula.ve

RESUMEN

La cuenca media – baja del río Santo Domingo, concentra gran parte de la población del estado Barinas y la gran mayoría de las actividades económicas que se desarrollan en él, esto hace que se generen grandes presiones sobre el recurso hídrico, aunado a ello, el ente rector en materia ambiental carece de herramientas para contabilizar el agua, por lo que realiza el otorgamiento de concesiones sin conocimiento del caudal de máximo aprovechamiento en la cuenca. La Ley de Aguas, en su artículo N° 11, contempla la contabilidad del agua (cuenta de agua) para la administración del recurso hídrico; esto hace que sea necesaria la creación de un instrumento que guíe la toma de decisiones respecto al recurso hídrico, donde la cuenta de agua toma gran valor. En este trabajo, se utilizó la metodología del System Wide Initiative Management escrita por David Molden en el año 1997, la cual se adaptó al caso de estudio y constaba de cinco fases: recopilación de información bibliográfica, definición de unidades de análisis, confección de balances hídricos, planteamiento de dos escenarios llamados “Situación Actual” y “Situación Proyectada”, construcción de la cuenta de agua para un análisis A, que evaluaba el flujo saliente no comprometido en función del caudal ecológico y demanda de poblaciones de la unidad B, y un análisis B, que evaluaba el flujo saliente no comprometido en función del caudal ecológico, demanda de poblaciones, demanda de riego privado y evapotranspiración de la unidad B, para y finalmente la determinación de estrategias de gestión. Como resultado, se obtuvo que en ambos escenarios no haya disponibilidad de agua durante los meses de estiaje, por lo que no es posible el otorgamiento de nuevas concesiones de aprovechamiento de agua, dado esto se plantearon estrategias relacionadas con el manejo de la demanda y con el manejo de la oferta. Con ello, se concluyó, que la cuenta de agua permitió discriminar hacia dónde va el agua y la problemática existente, así como automatizar el cálculo de la cuenta de agua y con ello establecer posibles estrategias de manejo de los recursos hídricos en el área de estudio.

Palabras Claves: Cuenta de Agua; Flujo Saliente No Comprometido; Indicador de Agotamiento Benéfico; Indicador de Agotamiento en Procesos; Estrategias de Gestión

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está basado en la construcción de la cuenta de agua, cuyo objetivo fundamental es contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca media baja del río Santo Domingo en el estado Barinas, en cuya zona se concentra más del 40% de la población del estado Barinas y donde se desarrolla la gran mayoría de las actividades económicas, por lo cual se ejercen las mayores presiones sobre los recursos hídricos en esta parte de la cuenca. El ente rector en materia ambiental, no cuenta con herramientas de contabilidad del agua, y por lo tanto el otorgamiento de concesiones de aprovechamiento del agua se ha venido haciendo sin conocimiento detallado de la cantidad de agua realmente aprovechable en el área de estudio.

Dada la problemática actual y a la carencia de herramientas de contabilidad de recursos hídricos, nació la necesidad de diseñar una metodología que permita canalizar este tipo de decisiones, tomando como principio la oferta de los recursos hídricos desde el punto de cantidad. El artículo N° 11 de la Ley de Aguas, contempla la realización de extracciones en una cuenca ajustadas a un balance de disponibilidad y demanda de agua de la fuente correspondiente, lo cual permite justificar la realización de este trabajo.

La cuenta de agua, sería una herramienta muy útil para la aplicación de la Ley de Aguas, puesto que, orientaría la toma de decisiones en cuanto a la evaluación de la factibilidad de una concesión para aprovechamiento de recursos hídricos, complementaría además, los planes de ordenación del territorio y contribuiría a mejorar la planificación de las ciudades y actividades agrícolas, ganaderas e industriales, entre otras que junto a la elección de indicadores tendrá un impacto en la gestión, pues permite, en líneas generales, tomar decisiones ajustadas a una realidad y que satisfagan la problemática desde el punto de vista ambiental, social, legal, institucional y económico, que son los elementos básicos sobre los que debe sustentarse la administración pública para garantizar el cumplimiento de su compromiso con las comunidades.

Se utilizó la metodología del System Wide Initiative Management escrita por David Molden en el año 1997 para guiar el desarrollo de esta investigación, la cual constó de cinco fases: recopilación de información bibliográfica, definición de unidades de análisis, confección de balances hídricos, planteamiento de dos escenarios llamados "Situación Actual" y "Situación Proyectada", construcción de la cuenta de agua para un análisis A, que evaluaba el flujo saliente no comprometido en función del caudal ecológico y demanda de poblaciones de la unidad B, y un análisis B, que evaluaba el flujo saliente no comprometido en función del caudal ecológico, demanda de poblaciones, demanda de riego privado y evapotranspiración de la unidad B, para y finalmente la determinación de estrategias de gestión.

Se espera que esta investigación sea la base para el desarrollo de las cuentas de agua en calidad y monetarias y cuya metodología se extrapole a las diferentes cuencas que se encuentran dentro del territorio nacional.

CAPITULO 1: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos dos censos INE (2001) e INE (2011), el estado Barinas ocupó el lugar número 15 en cuando a tamaño de la población, manteniendo una tasa de crecimiento promedio entre estos dos censos de 2,8%. No obstante, estudios de población estiman una proyección creciente para las zonas urbanas –como los Municipios Barinas y Obispos- y una decreciente para las zonas rurales, como en el municipio Cruz Paredes. CIDIAT (2012).

Para el año 2001 por una parte más del 40% de la población estatal se hallaba concentrada dentro de la cuenca media – baja del río Santo Domingo y por la otra, se desarrollan diversas actividades productivas que demandan grandes cantidades de agua tanto de fuentes superficiales como subterráneas, que, aunado a la fuerte intervención antrópica, producto de la incontrolada expansión de la frontera agrícola en vertientes de alta pendiente, afecta la conservación de las unidades boscosas, fauna, suelos y aguas, generando impactos ambientales, económicos y sociales negativos para la calidad de vida de la población.

Además, la administración del recurso por parte del ente rector en materia ambiental, es ejecutada sin ningún tipo de cuantificación del agua que refleje la disponibilidad real al momento de tomar decisiones importantes, como por ejemplo, una concesión de aprovechamiento de recursos hídricos. Es decir, éste ente, carece de herramientas que permitan contabilizar el recurso hídrico, por lo que el otorgamiento de concesiones actualmente se realiza sin el conocimiento del caudal de máximo aprovechamiento en la cuenca.

Cabe mencionar, que los sistemas de almacenamiento y distribución de agua presentan condiciones irregulares de operación y mantenimiento, deficiencias técnico – administrativas en su gestión, lo cual hace que la entrega de agua para consumo humano y para riego sea irregular.

Por otro lado, cabe destacar que esta misma Ley contempla la elaboración de una contabilidad del recurso para que los usos sean ajustados a un balance oferta – demanda, no obstante, se hacen evidentes las deficiencias técnico – administrativas en los entes encargados de gerenciar el recurso en el Estado Barinas para llevar a cabo este cometido, pues se hacen patentes problemas como:

- ❖ Déficit en el suministro de agua en ciertas zonas de la ciudad de Barinas.
- ❖ Dotación inconstante del recurso para los sistemas de riego como lo es el caso del sistema de riego “Santo Domingo”.
- ❖ La incidencia de inundaciones, afectan cada vez más a las poblaciones asentadas en la planicie de inundación del río Santo Domingo, producto de una mala planificación urbana.

- ❖ Afectación a la cobertura boscosa por deforestaciones ilícitas, debido a la expansión de asentamientos rurales y urbanos, así como actividades agropecuarias, entre otras.

Ahora bien, la preocupación por solventar esta problemática se hace cada vez más evidente en todos los niveles de la población, sin embargo, es imprescindible el uso de un instrumento que permita orientar la gestión del agua de una forma eficiente y eficaz, considerando todos los usos del recurso en forma conjunta, a fin de que todos los actores involucrados cumplan con su cuota de responsabilidad y, de esta manera, asegurar la creación y aplicación de políticas coherentes a nivel local, que puedan ser replicadas a nivel regional y hasta nacional, contribuyendo de esta manera con la preservación del recurso agua para las generaciones futuras.

Siendo así, se estaría en presencia del concepto de gestión integrada del recurso hídrico (GIRH), que significa que todos los diferentes usos de los recursos hídricos se consideran en forma conjunta, con el objeto de orientar la toma de decisiones basadas en el cumplimiento de las metas sociales y económicas. Es por ello que la gestión integrada de recursos hídricos se basa especialmente en que los usos del agua son interdependientes y que, la solución de los problemas hídricos relacionados debe ser encarada en forma integral abarcando participativamente a cada uno de los actores vinculados al agua, reconociendo el rol que cada uno cumple en la sociedad.

Para alcanzar el objetivo de la gestión integrada de recursos hídricos, es importante el uso de instrumentos como la cuenta de física del agua, que permite hallar un balance entre la oferta y el consumo de agua, lo cual indica si existe déficit de agua en las cuencas, diferenciar los agentes consumidores y analizar el nivel de calidad de sus descargas. Weber (1993) citado por Ruiz y Ceballos (2005).

La formulación de la cuenta del agua como herramienta para su gestión, consiste en recopilar, evaluar y clasificar información a partir de una serie de tablas que contienen valores numéricos referidos a la cuantificación de la disponibilidad o balance hídrico y de los usos o aprovechamiento del recurso hídrico, tomando en cuenta un horizonte de tiempo considerado que permite definir estrategias actuales y futuras dentro de la planificación del recurso, haciendo de la gestión de recursos hídricos un proceso más eficaz y eficiente.

Lo anteriormente expuesto permite inferir entonces, que el uso de la cuenta de agua como herramienta en la gestión integrada de recursos hídricos aplicada a la Cuenca Media – Baja del río Santo Domingo en el Estado Barinas, -como uno de los elementos sustantivos del proceso de Gestión-, permitiría definir las directrices de acción de los entes encargados de la misma, a partir de la visión general de los usos interdependientes del agua como un sistema, y el análisis de los flujos de dicho sistema, para incluir el conjunto de acciones o medidas que deben llevar a cabo los actores involucrados, con el fin de determinar y desarrollar las políticas, objetivos y responsabilidades que a cada uno de ellos compete, e implementarlas a través de la planificación, la definición de los procesos, y el control y evaluación de los mismos por medio de indicadores, que permitan medir los resultados obtenidos, y así, tomar decisiones en cuanto a la dirección que debe llevar dicha gestión.

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

Pochat (2008), define la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, como el proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. Por lo tanto, es un proceso sistemático para el desarrollo sostenible, la asignación y el control del uso de los recursos hídricos en el contexto de objetivos sociales, económicos y medioambientales.

En la GIRH se consideran diez principios fundamentales, siendo los más:

- ❖ El agua es un recurso finito, vulnerable e indispensable, para la vida humana y la naturaleza.
- ❖ El agua es un recurso de ocurrencia variable tanto espacial como temporalmente.
- ❖ El agua tiene usos múltiples al estar relacionados con el ambiente y con todos los sectores sociales y económicos, las demandas de agua para el consumo humano básico y la sostenibilidad ambiental son prioritarias sobre otro uso.
- ❖ Las múltiples actividades que se desarrollan en un territorio (agrícolas, ganaderas, forestales, mineras; procesos de urbanización; instalación de industrias, entre otras), afectan de una u otra forma a sus recursos hídricos.
- ❖ El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos. Debe ser reconocida como un bien económico y además como un bien social.

Siendo así, se hace necesario tomar en cuenta el concepto de planificación como un modo efectivo de frenar las crecientes presiones sobre los recursos hídricos, lo cual implica que la planificación debe ser progresiva y estar fundamentada en un marco legal y conceptual en el análisis y evaluación de la información, con miras a conocer en profundidad la dinámica de la realidad.

En este sentido, el marco jurídico Venezolano en materia ambiental, contempla en la Ley de Aguas (2007), específicamente en el Artículo N° 11 lo siguiente:

“Para asegurar la protección, uso y recuperación de las aguas, los organismos competentes de su administración y los usuarios y usuarias deberán ajustarse a los siguientes criterios:

- ❖ La realización de extracciones ajustadas al balance de disponibilidades y demandas de la fuente correspondiente.
- ❖ El uso eficiente del recurso.
- ❖ La reutilización de aguas residuales
- ❖ La conservación de las cuencas hidrográficas.
- ❖ El manejo integral de las fuentes superficiales y subterráneas.
- ❖ Cualesquiera otras que los organismos competentes determinen en la normativa aplicable” (p.11)

En función de dichos criterios, se hace importante la necesidad de contar con instrumentos dinámicos, viables, prácticos y así garantizar la toma de decisiones acertadas para alcanzar la visión de acceso de agua potable para todos por igual. Por esta razón, la presente investigación se basa en el desarrollo de las cuentas de agua a fin de contribuir en la GIRH de la cuenca media-baja del río Santo Domingo del Estado Barinas.

El presente trabajo nace de la necesidad de crear una metodología, que proporcione un marco conceptual actual y futuro, para la organización coherente de la información hídrica e indicadores para la gestión de recursos hídricos, tomando como principio la oferta de los recursos hídricos desde el punto de cantidad.

Esto representaría la construcción de una herramienta muy útil para la aplicación de la Ley de Aguas, puesto que, orientaría la toma de decisiones en cuanto a la evaluación de la factibilidad de una concesión para aprovechamiento de recursos hídricos, complementaría además, los planes de ordenación del territorio y contribuiría a mejorar la planificación de las ciudades y actividades agrícolas, ganaderas e industriales, entre otras.

La estimación de la cuenta de agua y la elección de indicadores tendrá un impacto en la gestión, pues permite, en líneas generales, tomar decisiones ajustadas a una realidad y que satisfagan la problemática desde el punto de vista ambiental, social, legal, institucional y económico, que son los elementos básicos sobre los que debe sustentarse la administración pública para garantizar el cumplimiento de su compromiso con las comunidades.

Dicho esto se plantea los siguientes objetivos para el desarrollo de esta investigación:

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Contribuir a la gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca media – baja del río Santo Domingo del estado Barinas a través del uso de la cuenta de agua como herramienta de gestión.

1.3.1.1 Objetivos Específicos

- ❖ Establecer los indicadores asociados a la cuenta de agua para la gestión de recursos hídricos en la cuenca de estudio.
- ❖ Analizar el impacto en la cuenta de agua de los diferentes usos existentes en el área de estudio
- ❖ Determinar estrategias de gestión de recursos hídricos que alimenten futuros planes de manejo en la cuenca.

1.4 Alcances y Limitaciones

Para los fines prácticos de esta investigación, se consideró construir la cuenta de agua solamente en términos de cantidad (cuenta física del agua), dado que debido a la poca cantidad de información relacionada a la calidad del agua del río Santo Domingo, se hace un poco difícil, la construcción de la cuenta de agua en términos de calidad y monetario.

Otro de los alcances que se plantean es la construcción de la cuenta de agua en función de dos situaciones, una actual en donde se evalúan los flujos de agua que existen en el presente y otro en donde las demandas son proyectadas en un horizonte de tiempo determinado y se supuso que no existe cambio climático.

Se analizarán los indicadores de la cuenta de agua, los cuales determinan la existencia de déficit o de suficiente disponibilidad del recurso hídrico en el área de estudio. En función de estos indicadores, se determinarán estrategias de gestión de recursos hídricos de la cuenca de estudio.

El reconocimiento constitucional del valor económico del agua y la promulgación de la Ley de Aguas, -que contempla la elaboración de una contabilidad del recurso para que los usos sean ajustados a un balance oferta – demanda-, moldean el marco jurídico sobre el cual asentar el desarrollo de las cuentas de agua como herramienta para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, en este caso en la cuenca media-baja del río Santo Domingo del estado Barinas.

Es por esta razón que la presente investigación se centra en el establecimiento del potencial de la cuenta de agua como herramienta para la generación de estrategias de administración de recursos hídricos en la cuenca media-baja del río Santo Domingo del estado Barinas, para ser utilizada institucionalmente en primera instancia por los entes con competencia en la materia, para que sea aplicada inicialmente en el área de estudio, con el fin de que la misma sea extendida a otras áreas con similares características socio-económicas y ambientales, puesto que se trata de una metodología genérica que puede resultar de pertinente aplicación.

Siendo así, los usuarios institucionales potenciales podrían ser: Ministerio del Poder Popular (MPP) para el Ambiente, el MPP para la Agricultura y Tierras, el MPP para el Turismo, MPP para la Salud, el MPP para el Comercio, el MPP de los Pueblos Indígenas, el MPP para las Comunas entre otros.

Por otro lado, el principal beneficiario es la población de la cuenca en estudio, puesto que la aplicación de esta investigación incidirá en una mejora sustancial en la gestión del recurso hídrico que disponen en esta zona, lo que conlleva a que en ésta se garantice la prestación de los servicios ambientales a la colectividad tanto local como foránea de manera indefinida.

Sin embargo, no se logró darle mayor valor agregado a la cuenta de agua debido a las siguientes limitaciones:

- ❖ No se pudo obtener información relacionada a registros más amplios de oferta superficial y subterránea, así como de calidad del agua.
- ❖ No se pudo obtener información sobre mediciones más específicas relacionadas con las demandas de agua y retornos al sistema, evaporación, evapotranspiración y caudal ecológico.
- ❖ No se pudo incluir información sobre la demanda por piscicultura, aun cuando en el área se sabe de su existencia, sin embargo, no se pudo obtener dicha data.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 2: MARCO REFERENCIAL

El agua es, sin duda, uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la vida, tal y como se conoce. Ha estado presente en toda la historia evolutiva del hombre, siendo utilizada inicialmente para satisfacer sus necesidades básicas, y, con el tiempo, se convirtió en un recurso esencial para el desarrollo de la humanidad.

Actualmente, muchos de los hechos que suceden en nuestros días están directa o indirectamente vinculados con el agua: falencias en el servicio de agua potable y cloacas, escasez de agua de calidad adecuada para bebida, anegamiento de suelos productivos por ascenso del nivel de agua subterránea, inundaciones urbanas y rurales provocadas por lluvias o crecidas de los ríos, denuncias de contaminación, vertido de efluentes, entre otros.

Sin embargo, aunque las dos terceras partes de la superficie del planeta sea agua, en realidad solamente el 3% del agua del planeta es agua dulce, y de ésta, el 70% está contenida en los casquetes polares y en los hielos continentales, lo que hace prácticamente imposible su aprovechamiento.

Aun cuando se observa la poca disponibilidad real que se tiene del recurso agua para el consumo humano, muchas de las acciones del hombre comprometen la calidad y cantidad de las reservas hídricas: deforestación, explotación intensiva de aguas superficiales y subterráneas, contaminación por uso de agroquímicos, actividades industriales y urbanas, mal manejo de efluentes y residuos, construcción inadecuada de obras de ingeniería, entre muchas otras.

Por otra parte, es una realidad que la accesibilidad a los recursos hídricos no es una constante en el planeta debido a la desigual distribución de los mismos, pues éstos presentan variaciones significativas geográfica y temporalmente.

Estas situaciones han conllevado a la necesidad de conocer en forma más explícita y coherente las interrelaciones entre el medio ambiente y la economía, a través de diversas metodologías de trabajo, siendo fundamental crear un “sistema de datos estadísticos basados en conceptos comparables que permita analizar de manera eficiente estas relaciones e implementar métodos para valorar los aspectos ambientales en el desarrollo económico” CEPAL-REDESA (2003), conocidas como cuentas ambientales.

2.1. Antecedentes

Muchos han sido los países que han desarrollado metodologías para llevar la contabilidad de sus recursos hídricos, algunos con un alto grado de aplicación y otros que han desarrollado ciertos proyectos pilotos.

Organizaciones como las Naciones Unidas, han participado activamente desde los años 70's, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, donde se estableció el desarrollo de estadísticas ambientales como un nuevo campo de la estadística oficial, desde entonces, ha venido desarrollando el sistema nacional de cuentas de agua en los Estados Unidos de América UN (2009).

Francia por su parte, desarrolló una metodología basada en las “Cuentas del Patrimonio Natural” elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística de Francia, lo cual ha jugado un papel particularmente importante en el desarrollo de las cuentas del recurso hídrico de ese país y ha servido como punto de inicio para el desarrollo de las cuentas de agua en otros países del mundo (Ver Cuadro 2.1).

En el transcurso de los últimos años, se observa un notorio interés por elaborar las cuentas satélites relacionadas con los recursos naturales en los países latinoamericanos y del Caribe. Existe una mayor preocupación por avanzar previamente en los aspectos institucionales y crear alianzas y acuerdos para la formación de grupos de trabajo interinstitucionales con el fin de desarrollar los proyectos destinados a la elaboración de las cuentas satélites del medio ambiente.

Entre los principales antecedentes del desarrollo de las cuentas de agua en los países de la región, Colombia y México están a la vanguardia en cuanto al desarrollo de las mismas. Colombia por su parte, desarrolló a través del Departamento de Administrativo Nacional de Estadística, un sistema de cuentas de agua basado en el sistema nacional de cuentas, evaluando los tres aspectos fundamentales de las cuentas de agua CONAMA (1999).

www.bdigital.ula.ve

Cuadro 2.1. Experiencia internacional de aplicación de Cuentas de Agua en países del primer mundo.

País	Tipo de Cuenta	Aspectos que recogen	Ámbito geográfico
Francia	Cantidad, Calidad y gasto en protección ambiental	Flujos y stocks de agua y cuentas de usos del agua	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional
España	Cantidad, calidad y monetarias	Flujos y stocks de agua, gastos e ingresos de la admón. pública y empresas privadas	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional
Italia	Cantidad	Flujos y stocks de agua	Cuencas hidrográficas y agregación a nivel nacional
Canada	Cuentas de Uso y gasto Ambiental	Usos extractivos en unidades físicas, gastos de empresa y admón. pública	Nacional
Reino Unido	Cuentas del Recurso, emisiones y gasto en protección ambiental	Flujos y stocks de agua, contaminación difusa y vertidos directos de 16 sustancias	Regional
Países Bajos	Contabilidad nacional ampliada con cuentas ambientales en unidades físicas	Emisiones de contaminantes, extracciones/retornos de agua y gastos en gestión del agua	Nacional

Fuente: CONAMA [Comisión Nacional del Medio Ambiente], (1999)

Existen otros países como Argentina, Honduras, Panamá y República Dominicana que tienen proyectado elaborar las cuentas satélites del medio ambiente en un futuro cercano. Asimismo, Nicaragua ha iniciado el cálculo de los gastos en protección ambiental y las cuentas físicas de algunos activos económicos no producidos CEPAL-REDESA (2003).

Adicionalmente, bajo el marco del proyecto conjunto de la CEPAL y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, sobre "Financiamiento para el Desarrollo Ambientalmente Sostenible", Argentina, Brasil Chile, Colombia, Costa Rica, México y Trinidad y Tobago han realizado estudios especiales para calcular los gastos ambientales, para periodos variables entre los años 1992 a 2001.

La misma fuente señala que varios países han desarrollado estudios específicos para casos puntuales, entre ellos se puede mencionar el realizado por la Comisión Nacional Ambiental de Chile (CONAMA) reflejado en el documento de trabajo Desarrollo de Cuentas Ambientales para el Recurso Hídrico en Chile.

Este último es uno de los mejores ejemplos del desarrollo de las cuentas de agua, dicha comisión desarrolló los tres tipos de cuenta de agua (cantidad, calidad y monetarias), para ello dividieron la cuenca en tres unidades de análisis:

- ❖ **Unidad cordillerana:** compuesta por la primera sección del río Aconcagua y las tres zonas del río Putaendo.
- ❖ **Unidad central:** segunda sección del río Aconcagua
- ❖ **Unidad costera:** tercera y cuarta sección del río Aconcagua

Cada unidad fue caracterizada tanto desde el punto de vista la determinación de la oferta como de las demandas y retornos de agua al sistema, así como de calidad del agua, así como de gastos e ingresos correspondientes al flujo monetario en el área.

Además, desarrolló las cuentas de agua anual para los periodos históricos 1992 – 1993 hasta 1996 - 1997, expresando de esta forma todos los valores de las tablas y matrices en millones de metros cúbicos.

En cuanto a las cuentas de agua en cantidad, ellos se basaron en la metodología Francesa llamada "Cuentas del Patrimonio Natural", donde utilizaron la información referente a: precipitaciones, temperatura, evapotranspiración potencial y real, información fluviométrica, rutas de nieve, volumen de agua contenida en glaciares, modelación de aguas subterráneas, demandas de agua de riego, retornos a los ríos, percolación, evapotranspiración de los cultivos agrícolas, extracciones de agua subterránea, retornos desde el sistema de utilización (alcantarillado), destino del agua del sistema de utilización (eficiencia de uso, pérdidas y retornos al sistema natural), cobertura superficial (agrícola y vegetación autóctona), agua almacenada en embalses, entre otros. Con el uso de dichos datos, CONAMA obtuvo como resultado tres (03) tablas o subcuentas:

- ❖ **Tabla de Origen del Agua**, explica el origen de los volúmenes de agua de cada subsistema contable que compone el Sistema del Recurso. Se compone de 3 Matrices: la Tabla de Recursos Totales, Matriz de Transferencias Intermedias y Tabla de Extracciones Primarias y Usos Finales.
- ❖ **Tabla de Agua Almacenada y su Variación**, presenta los stocks iniciales de agua de cada subsistema contable, sus variaciones durante 1 período (1 año hidrológico en este caso) y los stocks finales resultantes.
- ❖ **Tabla de Usos del Agua**, analiza los usos que los agentes económicos hacen del recurso, detallando las fuentes desde las cuales lo obtienen, las pérdidas en que incurrir y las devoluciones que realizan al sistema una vez que haya terminado su utilización.

Es importante señalar que tanto los países que actualmente elaboran cuentas ambientales como los que proyectan hacerlo, utilizan como marco de referencia el Sistema de Cuentas Nacionales recomendado por las Naciones Unidas.

En Venezuela, según el estudio realizado por la CEPAL-REDESA (2003), el único antecedente que pudiera señalarse en cuanto a la utilización de cuentas de agua en Venezuela, es el ensayo teórico – práctico sobre Cuentas de Agua y Urbanismo 2003 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el marco del Programa de Estadísticas Ambientales. Dicho documento contiene información sobre una serie de variables relativas a la cantidad, calidad, distribución y consumo de agua para el año 2001. Los datos se presentan por diferentes estructuras y modalidades. El trabajo contiene un cuadro de síntesis nacional donde se entrega información a nivel de entidad federal para las siguientes variables e indicadores:

- ❖ Población censal de 2001
- ❖ Volumen total de agua distribuida
- ❖ Indicador de litros/habitante/día
- ❖ Importe total del agua controlada distribuida
- ❖ Porcentaje (%) de viviendas con acceso a acueducto (censo 2001) y
- ❖ Porcentaje (%) de viviendas con acceso a cloacas (censo 2001)

El estudio presenta además el Índice de Calidad Ambiental, ICA – INE con la identificación de las variables que integrantes de la Matriz Evaluativa sobre Suministro y Tratamiento del Agua.

2.2. Uso del agua: impactos y beneficios

El agua es quizá, el recurso de mayor importancia para el desarrollo de la vida humana, y por tanto, la demanda hídrica se define como “la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos” IDEAM (2010).

Por tanto, cuando se habla de extracción, se refiere a la utilización del recurso que implica “la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. IDEAM (2010). Diversos autores desagregan la utilización del agua en dos componentes:

- ❖ El agua utilizada en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental).
- ❖ El volumen de agua extraída no consumida.

La mayoría de los usos del agua brindan beneficios a la sociedad pero del mismo modo, también tienen impactos negativos que pueden empeorar por prácticas de gestión deficiente, falta de regulación o falta de motivación debido a los regímenes de gobierno del agua implementados. Por tanto, reconocer la naturaleza interrelacionada de diferentes recursos hídricos y así como también la naturaleza interrelacionada y los impactos de los diferentes usos del agua es un gran paso para la introducción de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

El siguiente cuadro es tomado de Taylor P., *et al.* (2008) y presenta un resumen de los impactos tanto positivos como negativos de los sectores que usan el agua como parte importante en sus procesos sobre este recurso.

Cuadro 2.2. El impacto de los sectores del uso del agua sobre los recursos hídricos

	Impactos Positivos	Impactos Negativos
Medioambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Purificación - Almacenamiento - Ciclo Hidrológico 	
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> - Caudales de retorno - Infiltración creciente - Erosión en disminución - Recarga de agua subterránea - Reciclaje de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Agotamiento - Contaminación - Salinización - Anegamiento - Erosión
Saneamiento y Suministro de Agua	<ul style="list-style-type: none"> - Reciclaje de nutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto nivel de seguridad del agua necesario - Contaminación del agua superficial y subterránea.

Fuente: Taylor *et al.* (2008)

2.3. Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

2.3.1. Concepto de GIRH

Cuando se habla de gestión integrada significa que todos los diferentes usos de los recursos hídricos se consideran en forma conjunta. Por tanto, las decisiones acerca de la asignación y la gestión del agua toman en cuenta el impacto de cada uso sobre los demás. De hecho, Taylor *et al.* (2008) señala que esta toma de decisiones puede considerar las metas sociales y económicas generales, incluyendo el logro del desarrollo sostenible. Lo anterior implica entonces que se debe asegurar la creación de políticas coherentes en relación con todos los sectores.

Estas consideraciones han comenzado a tomarse en cuenta a medida que la crisis del recurso agua está alcanzando proporciones globales, tal y como lo presenta Taylor *et al.* (2008) en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.3. Crisis del agua – Hechos

◦ Sólo el 0,4% del total de agua del mundo está disponible para los humanos.
◦ En la actualidad, la escasez de agua afecta a más de 2 mil millones de personas en más de 40 países.
◦ Se comparten 263 cuencas fluviales entre dos países o más.
◦ Se descargan 2 millones de toneladas de residuos humanos en los cursos de agua por día.
◦ La mitad de la población mundial en vías de desarrollo está expuesta a fuentes de agua contaminada que aumentan la incidencia de enfermedades.
◦ El 90% de los desastres en la década de los '90 estuvo relacionado con el agua.
◦ El incremento en la cantidad de personas de 6 mil millones a 9 mil millones será el conductor principal de la gestión de los recursos hídricos para los próximos 50 años.

Fuente: Taylor *et al.* (2008)

Y, al partir del hecho de que la persona común se siente identificada con esta crisis, el concepto básico de GIRH debe ser ampliado para incorporar la toma de decisiones participativa. Los diferentes grupos de usuarios (agricultores, comunidades, ambientalistas) pueden influir en las estrategias para el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos. Esto brinda beneficios adicionales, ya que los usuarios informados aplican una autorregulación local en relación con cuestiones tales como la conservación del agua y la protección de la captación de una forma mucho más efectiva que lo que puede lograr una regulación y supervisión centrales.

La gestión integrada de los recursos hídricos es por lo tanto un proceso sistemático para el desarrollo sostenible, la asignación y el control del uso de los recursos hídricos en el contexto de objetivos sociales, económicos y medioambientales.

La GIRH se basa especialmente en que los usos del agua son interdependientes y que, la solución de los problemas hídricos relacionados debe ser encarada en forma integral abarcando participativamente a cada uno de los actores vinculados al agua, reconociendo el rol que cada uno cumple en la sociedad.

La Asociación Mundial del Agua (2000) citado por Pochat (2008), ha definido la GIRH como: "El proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales".

Ello implica una mayor coordinación en el desarrollo y gestión de tierras, aguas superficiales y subterráneas, cuencas fluviales y entornos costeros y marinos adyacentes, e intereses aguas arriba y aguas abajo. Pero la GIRH no se limita a la gestión de recursos físicos, sino que se involucra también en la reforma de los sistemas sociales, con el fin de habilitar a la población para que los beneficios derivados de dichos recursos reviertan equitativamente en ella.

La gestión sostenible de los recursos hídricos es una meta importante que se está adoptando a nivel nacional e internacional en un intento por tratar la escasez de agua, la inequidad, la polución y muchos otros problemas hídricos. Uno de los cambios clave que se está adoptando surge del reconocimiento de que los efectos río arriba/río abajo, requieren de la gestión mediante un enfoque en la cuenca. Por consiguiente, muchos países introducen nuevos acuerdos institucionales para la gestión de los recursos hídricos, que incluyen organizaciones para gestionar los recursos hídricos a nivel de la cuenca.

2.3.2. Principios de la GIRH

Según Pochat (2008), en la gestión de recursos hídricos, se consideran diez principios fundamentales que conforman la base de los planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, entre los más importantes que se pueden mencionar:

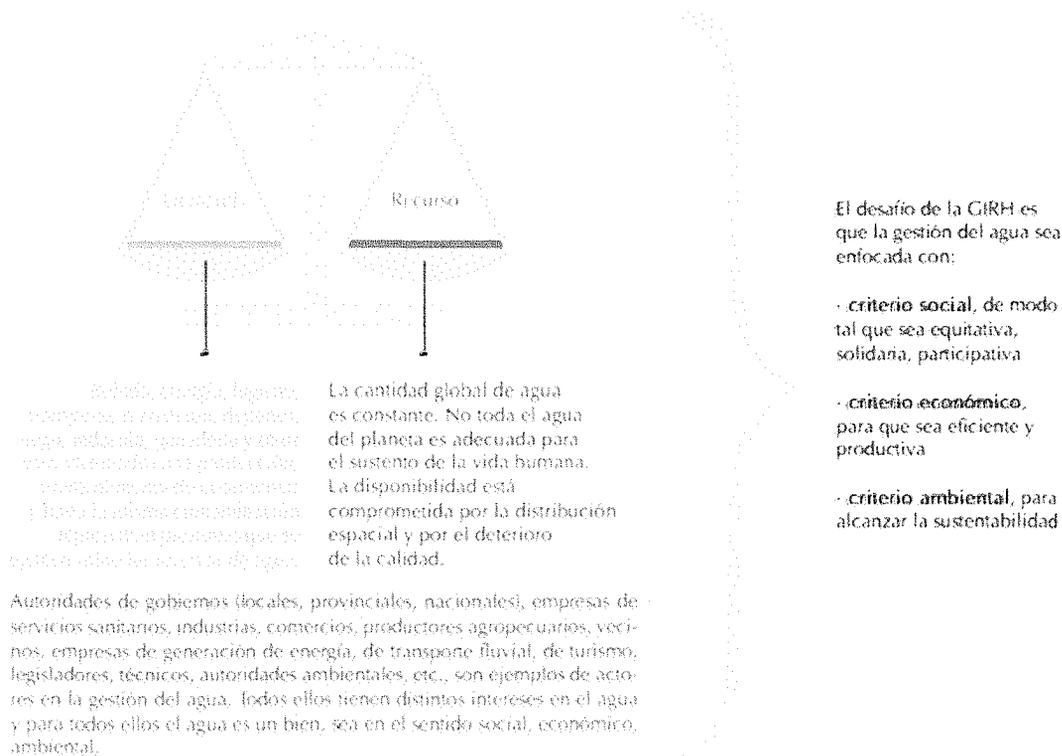
- ❖ El agua es un recurso finito, vulnerable e indispensable, para la vida humana y la naturaleza.
- ❖ El agua es un recurso de ocurrencia variable tanto espacial como temporalmente. Por lo tanto, para disponer de ese recurso en los lugares en que se lo requiera y en el momento oportuno, los planes de gestión deberán contemplar la construcción y el mantenimiento de obras hidráulicas de retención y conducción.
- ❖ El agua tiene usos múltiples al estar relacionados con el ambiente y con todos los sectores sociales y económicos, las demandas de agua para el consumo humano básico y la sostenibilidad ambiental son prioritarias sobre otro uso. El resto de las

demandas será satisfecho conforme a las prioridades establecidas por cada país o región. La consideración de la totalidad de las ofertas y demandas de agua en una cuenca permite detectar las mejores oportunidades para su uso sobre la base de una valoración social, ambiental y económica.

- ❖ Las múltiples actividades que se desarrollan en un territorio (agrícolas, ganaderas, forestales, mineras; procesos de urbanización; instalación de industrias, entre otras), afectan de una u otra forma a sus recursos hídricos. De ahí la necesidad de vinculación entre la gestión hídrica y la gestión territorial, recurriendo a prácticas sostenibles en todas las actividades que se desarrollen en las cuencas hídricas. Al mismo tiempo exige que el sector hídrico intervenga en las decisiones sobre el uso del territorio e imponga medidas de mitigación y restricciones al uso del suelo cuando pudiera conducir a impactos inaceptables sobre los recursos hídricos.
- ❖ El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos. Debe ser reconocida como un bien económico y además como un bien social. La gestión del agua como un bien económico es una manera importante de lograr objetivos sociales tales como el uso eficiente y equitativo y la promoción de la conservación y protección del recurso hídrico. Varios de los fracasos anteriores en la administración del recurso hídrico pueden ser atribuidos al hecho de que el valor integral del agua no ha sido reconocido.

2.3.3. Componentes de la GIRH

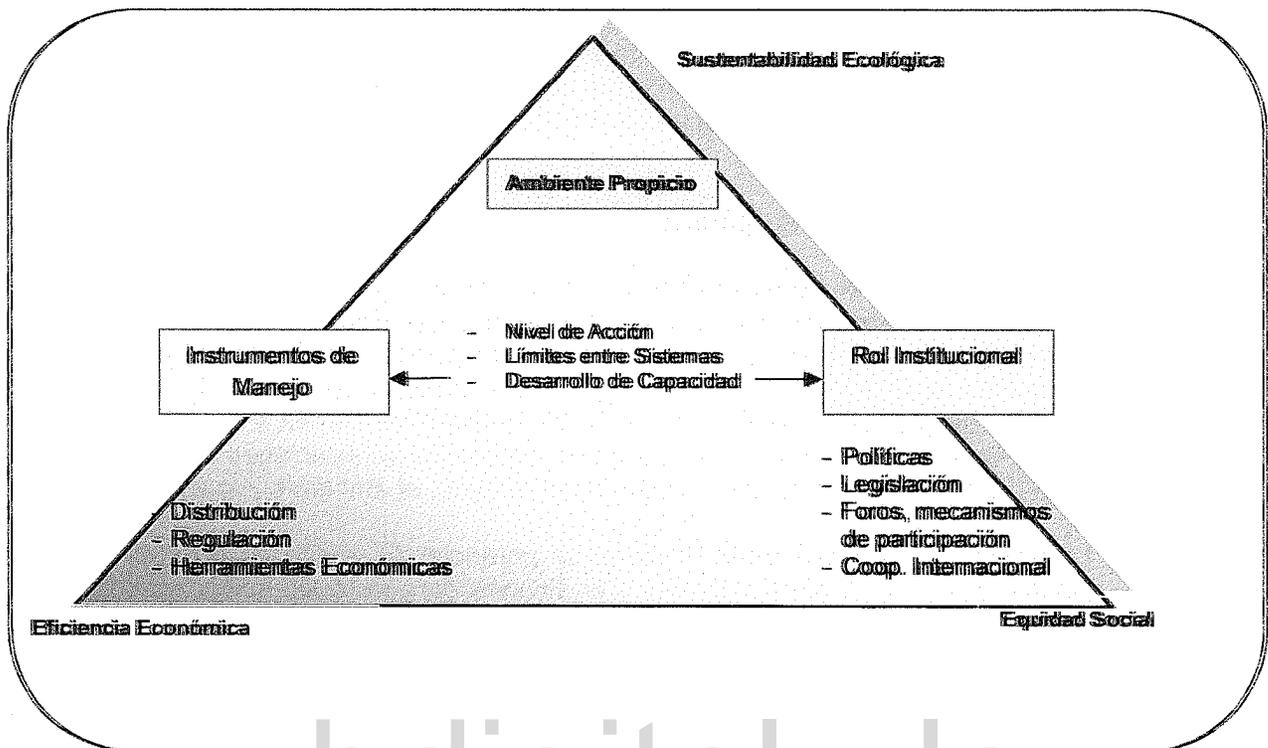
A partir de lo anteriormente expuesto se tiene que entonces que la GIRH no es una actividad puntual y de aplicación inmediata, por el contrario, es un proceso cíclico y de largo plazo. Paris *et. al.* (2013), resume en la Figura 2.1, el desafío de la GIRH, a partir de los elementos tomados de la Asociación Mundial del Agua.



Fuente: Global Water Partnership, (2000), modificado por Paris *et al.* (2013)
Figura 2.1. Desafíos de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos

Pueden entonces identificarse tres componentes esenciales para encaminar el proceso que la GIRH representa:

- ❖ Contar con un *ambiente propicio* que brinde un marco y punto de partida a la gestión.
- ❖ Contar con *roles institucionales* claramente definidos.
- ❖ Adaptar o crear los *instrumentos de gestión* necesarios (legales, económicos, institucionales, educativos, etc.).



Fuente: Global Water Partnership, (2000), modificado por Paris *et al.* (2013)

Figura 2.2. Componentes esenciales que encaminan el proceso de GIRH

En este sentido, una adecuada GIRH sólo será posible a través de la participación activa y protagónica de la comunidad, que debe contar con una base de conocimiento adecuado para conocer, entender, participar efectivamente y reconocer qué hacer. Para ello, la educación - en todos sus niveles- y la formación de conciencia a través de información precisa y accesible, debe ser un aliado estratégico para que autoridades locales, municipales, estatales y nacionales, inicien o afiancen el proceso de la GIRH.

2.3.4. Beneficios de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

En líneas generales se pueden considerar tres elementos que reciben beneficios de forma significativa a través de la aplicación de la GIRH. Ellos son, según Taylor *et al* (2008):

2.3.4.1. Beneficios para el ambiente

- ❖ Los ecosistemas pueden beneficiarse a partir de la aplicación de un enfoque integrado para la gestión del agua al brindarle a las necesidades ambientales una voz en el debate de la asignación de los recursos hídricos.

- ❖ La GIRH puede asistir al sector al crear conciencia entre otros usuarios sobre las necesidades de ecosistemas y los beneficios que éstos generan.
- ❖ El enfoque de los ecosistemas proporciona un nuevo marco para la GIRH que centra más su atención en un enfoque de sistemas para la gestión de los recursos hídricos: al proteger las captaciones superiores, el control de la contaminación y los caudales ambientales.

2.3.4.2. Beneficios para la agricultura

- ❖ La agricultura es el usuario del agua más importante y el principal contaminador de las fuentes difusas de los recursos de agua superficial y subterránea, lo que le otorga una mala imagen. Esto con frecuencia significa que se desvía al agua de la agricultura a otros usos de agua, lo que puede tener consecuencias económicas y sociales de gran alcance. Con la GIRH, se motiva a los planificadores a ver más allá de las economías sectoriales y a tener en cuenta las implicaciones de las decisiones de la gestión de los recursos hídricos en el empleo, el ambiente y la equidad social.
- ❖ La GIRH puede incluir en la ecuación el potencial de reutilización de caudales de retorno agrícolas a otros sectores y el alcance para la reutilización agrícola de las aguas residuales municipales e industriales.
- ❖ La GIRH demanda el planeamiento integrado para que el agua, la tierra y otros recursos sean utilizados de manera sostenible. Para el sector agrícola, la GIRH busca incrementar la productividad hídrica.

2.3.4.3. Beneficios para el saneamiento y suministro de agua

- ❖ La implementación de las políticas basadas en la GIRH significaría mayor seguridad para los suministros de agua domésticos, además de costos reducidos de tratamiento porque la contaminación se trataría de una forma más efectiva.
- ❖ El enfoque en la gestión integrada y en el uso eficiente debe ser un estímulo para que el sector incentive el reciclaje, la reutilización y la reducción del agua.
- ❖ La GIRH mejorará la oportunidad para la introducción de soluciones de saneamiento sostenibles que logren minimizar los insumos que generen residuos, y reducir la producción de residuos, y para resolver los problemas de saneamiento lo más cerca posible de donde se producen.
- ❖ A un nivel local práctico, la integración mejorada de la gestión de los recursos hídricos puede llevar a la reducción significativa de costes en la provisión de servicios de agua para usos domésticos.

2.4. Cuentas de Agua

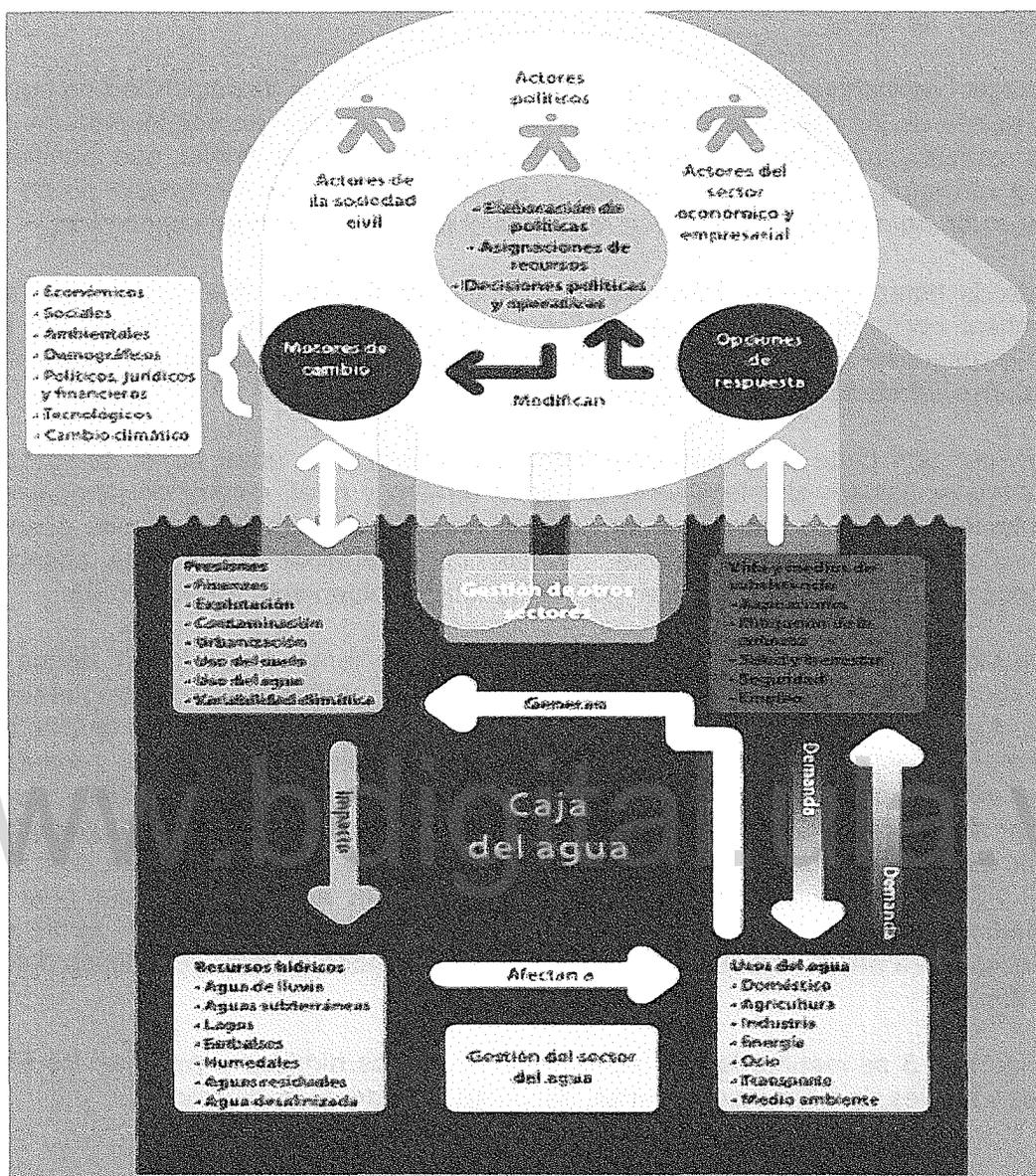
El constante crecimiento de la preocupación a nivel global por la disponibilidad de agua para la satisfacción de las necesidades humanas se ha visto reflejado en documentos mundiales como la conferencia de Río + 10, la Agenda 21 y los Principios de Dublín, que manifiestan el concepto del agua como bien económico y social. Y, de hecho, Venezuela no se queda atrás, pues en nuestra Carta Magna se reconoce al agua como un bien económico.

Partiendo de estas premisas, Pérez (2003), plantea la siguiente interrogante ¿por qué se deben hacer estimados de los beneficios económicos o del valor económico del agua?, girando la respuesta en torno al factor “toma de decisión” que debe hacer la sociedad relativa a inversiones asociadas al recurso agua.

Es decir, por una parte se deben considerar “las inversiones, entre otras, se realizan en riego, hidroelectricidad, abastecimiento de agua urbano y rural, control de inundaciones y saneamiento. Valorar económicamente el agua en dichas inversiones permite observar la contribución económica de la misma, permitiendo determinar si la gente acepta tales inversiones y si está dispuesta a pagar por los beneficios obtenidos”. (Pérez, 2003).

Por otro lado, refiere el mismo autor que “otro tipo de “toma de decisión”, donde ayuda valorar económicamente el agua es en la evaluación de alternativas no estructurales o de políticas. Aquí se pudieran contestar preguntas como ¿cuánta agua debe ser destinada para riego versus la cantidad destinada a abastecimiento doméstico e industrial?... ¿cuánta agua debe ser extraída para riego de una fuente hídrica versus la que se debe quedar en la fuente para la preservación de los peces o de la vida salvaje presente en la fuente? ¿cuánta agua debe ser extraída hoy de un acuífero versus la que debe ser salvada para necesidades futuras? ¿Cuánta agua superficial extraer versus cuánta agua subterránea para reunir necesidades actuales del líquido?... Esas y muchas otras preguntas pudieran ser contestadas, para hacer una decisión adecuada, si se conoce el valor económico del agua.” (Pérez, 2003).

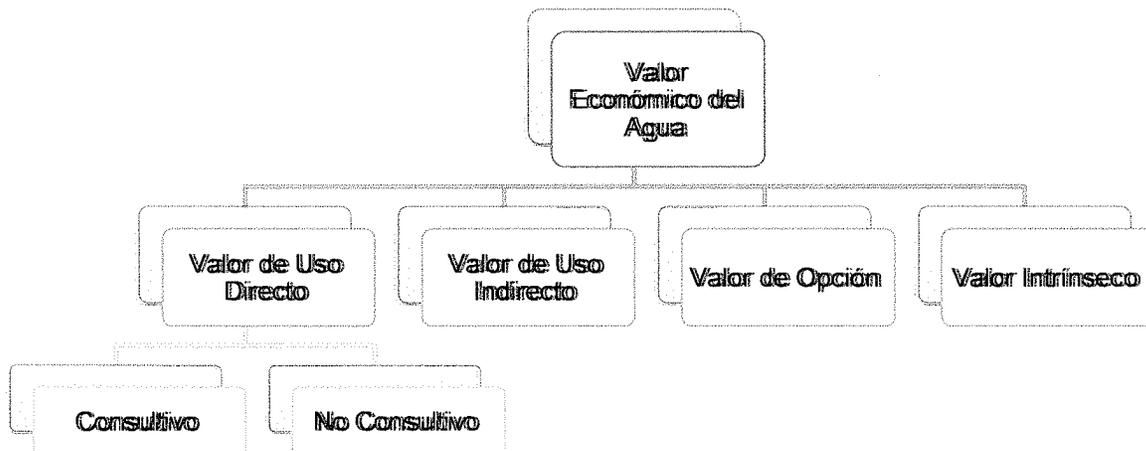
En la Figura. 2.3 se resume la afectación de los recursos hídricos a partir de los diversos procesos y niveles de toma de decisiones, así como los actores involucrados.



Fuente: Organización de las Naciones Unidas (2012)
Figura 2.3. Toma de decisiones que afectan a los recursos hídricos

2.4.1. El Valor y Costo del Agua

Se ha señalado anteriormente que la tendencia mundial es a reconocer el valor económico del agua, y éste se compone de valores de uso directo e indirecto, valor de opción y valor intrínseco (valor de existencia y de legado). Pérez (2003), presenta dichos componentes del valor económico del agua, y se esquematizan a continuación:



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Pérez (2003)

Figura 2.4. Valor Económico del Agua.

Luego, según esta clasificación se tiene que:

2.4.1.1 Valor de Uso Directo:

- ❖ Valores de Uso Consultivo: corresponden al valor para los usuarios de riego, domésticos, industriales y cualquier otra actividad que consuma agua.
- ❖ Valores de uso no consultivo: corresponden al valor para los usuarios de generación hidroeléctrica, navegación, recreación y cualquier uso directo de las aguas con la condición de que no se consuma.

2.4.1.2 Valor de uso indirecto

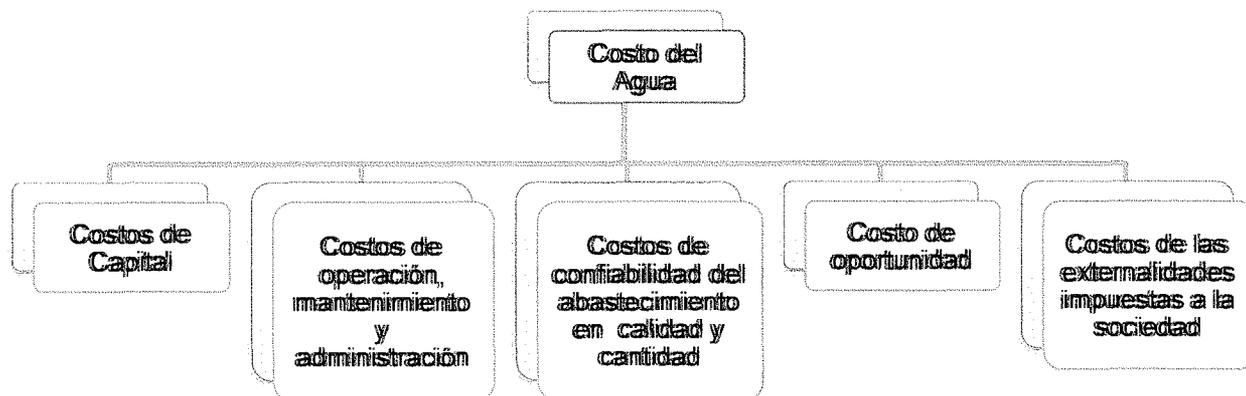
Corresponde al valor que la sociedad le da al recurso por la función que éste cumple, así se tendría el valor que tiene el agua como hábitat de especies vivas, el valor del recurso por su capacidad de depuración o solvente de sustancias que entran en contacto con ella, el valor del agua por su papel en el ciclo de nutrientes necesarios para la vida, entre otros.

2.4.1.3 Valor de opción del agua

Corresponde al valor que le da la sociedad al recurso por la opción de poder hacer uso o no del mismo en el futuro. En esta categoría entran entre otros, los sitios de agua con potencial hidroeléctrico, los sitios de agua con potencial turístico, los sitios de agua con posibilidad de almacenamiento con fines de riego, domésticos, industriales, control de inundación, etc. Pertenecen a esta categoría también aquellos sitios con potencial cultural, histórico, belleza escénica, entre otros.

2.4.1.4 Valor intrínseco del agua

Corresponden al valor que se le da al recurso por el solo hecho de existir en determinados sitios y por la oportunidad de dejarlo como herencia a las generaciones futuras. En esta categoría se ubica a las bellezas escénicas, sitios culturales e históricos. Del mismo modo, también se reconoce que el agua tiene un costo.



Fuente: Elaboración propia, adaptado de Pérez (2003)

Figura 2.5. Costo del Agua.

- ❖ **Costos de capital**, corresponden a los costos de las inversiones, reposiciones y rehabilitaciones para aprovechar el recurso.
- ❖ **Costos de operación, mantenimiento y administración**, son aquellos relativos a operar, mantener y administrar las obras de aprovechamiento realizadas con los costos de capital.
- ❖ **Costo de confiabilidad de abastecimiento en calidad y cantidad**, corresponden a los costos que garanticen una adecuada gestión de la cuenca aguas arriba o provincia hidrogeológica de la cual se abastece el sitio de aprovechamiento haciendo confiable el mismo.
- ❖ **Costo de oportunidad**, el cual está presente en las zonas y períodos donde existe escasez del agua, se refiere al costo de usar el agua en su mejor uso alternativo o expresado de otra manera, al costo de privar a otro usuario potencial del recurso debido al uso que va a realizar el que aprovecha al agua.
- ❖ **Costos de las externalidades** se refiere al costo que le impone a la sociedad el usuario del agua. Este será un costo si la externalidad es negativa como es el caso de usar el agua y devolverla al ambiente en una cantidad y/o calidad menor a la que originalmente tenía. Generalmente se imponen las externalidades a los usuarios río abajo y a los usuarios de fuentes de agua comunes como acuíferos, lagos y lagunas. Pueden haber externalidades positivas, no siendo un costo si no un beneficio, cuando el usuario del agua contribuye al bienestar de la sociedad mediante el uso del recurso. Un ejemplo, es la recarga de acuífero debido a las actividades de riego.

2.4.2. La Cuenta de Agua

Molden (1997), definía las cuentas de agua como un proceso que permite analizar los usos, el agotamiento y la productividad del agua en el contexto de una cuenca hidrográfica. Es una metodología de apoyo útil en la evaluación de impactos en campo a nivel de intervenciones agrícolas, los desempeños de la agricultura regada y la asignación de agua entre los usuarios dentro de una cuenca.

Es decir, la “cuenta del agua es el arte de clasificar los componentes del balance hídrico en categorías de uso del agua que reflejan las consecuencias de las intervenciones humanas en el ciclo hidrológico”.

Por su parte, la Comisión Nacional para el Medio Ambiente de Chile (CONAMA) tiene más de una década trabajando sobre el desarrollo de contabilidad ambiental, y en 1999, define la cuenta de agua como “un instrumento de información integrado para la toma de decisiones de política hidrológica a mediano y largo plazo y, de acuerdo con las escalas temporales y espaciales a las que se puedan desarrollar, son útiles para la evaluación de la gestión”. (CONAMA, 1999).

Sin embargo, es importante destacar que el lugar de las Cuentas del Agua, como instrumento de gestión, es el análisis, diagnóstico y formulación de la política hidrológica, y no sustituye a los sistemas de información propios de aquellas instituciones y empresas que se dedican a la gestión directa de los servicios del agua, que requieren un nivel de detalle y precisión muy distinto y cuyo objetivo es garantizar el suministro con un nivel de calidad específico. El objetivo básico de las Cuentas del Agua es ordenar integralmente la información (física y monetaria) relativa al recurso agua, en un formato coherente y útil para orientar su gestión con criterios económicos a mediano y largo plazo. (CONAMA, 1999).

Cabe mencionar que las Cuentas del Agua no son un instrumento de predicción de fenómenos naturales o antrópicos relacionados al agua, sino que constituyen una recopilación estadística de datos de diversas fuentes para facilitar el cálculo de indicadores de presión (o sustentabilidad) del recurso y mejorar la gestión de diversos aspectos tales como disponibilidad, calidad y gastos relacionados a su gestión y conservación (CONAMA, 1999).

Se tienen tres tipos de cuentas de agua: Cuentas en Cantidad, Cuentas en Calidad y Cuentas Monetarias:

- ❖ Las cuentas del agua en cantidad (cuentas de aguas interiores y cuentas de usos del agua), relacionadas con la disponibilidad del recurso y sus usos
- ❖ Las cuentas del agua en calidad como su nombre lo indica dan cuenta de la calidad del agua, especialmente en relación a su uso para consumo humano y a su uso para la agricultura.
- ❖ Las cuentas monetarias dan cuenta de los flujos monetarios que vehiculizan la gestión del recurso.

Con esta clasificación, se observa que cada uno de los elementos analizados da cuenta de un aspecto de importancia singular para la gestión del agua: el de las cantidades, el de las calidades y el de los gastos/financiación asociados a la gestión. Lo relevante es que informan de cada uno de estos aspectos de forma consistente entre ellos, es decir, lo hacen en un marco metodológico común que permite relacionar aspectos disímiles con objeto de optimizar la gestión.

2.4.2.1. Cuentas de Agua en Cantidad.

Básicamente, las cuentas de cantidad evalúan las variaciones de stocks de agua en el tiempo y los usos antrópicos del agua, donde se confeccionan no sólo los flujos naturales del sistema (precipitación, evaporación, etc.) sino también los flujos de extracción y retorno de origen antrópico (actividades económicas).

Por lo tanto, desde la óptica simplemente física, las Cuentas de Agua según Molden (1997) recogen:

- ❖ Los flujos entre el sistema natural de aguas continentales y el sistema de usos,
- ❖ Los flujos internos (entre subsistemas de aguas) del sistema natural de aguas continentales
- ❖ Los flujos de agua entre agentes al interior del sistema de usos,
- ❖ Las variaciones de stock de cada sistema de aguas por efecto de los flujos de entrada y salida.

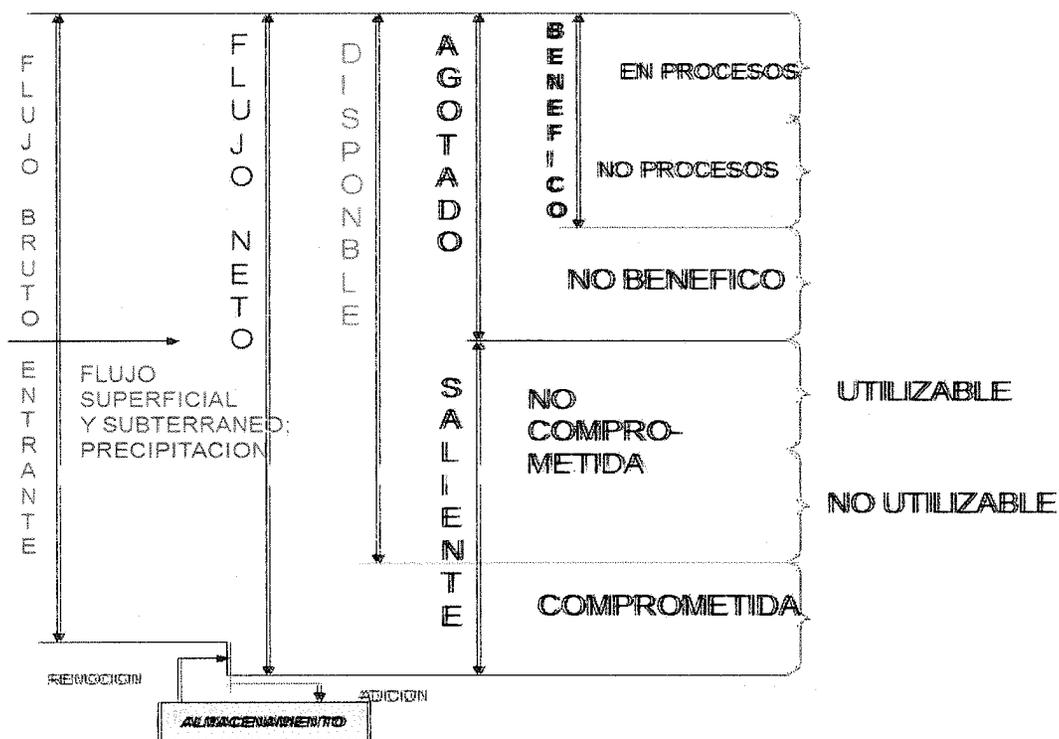
Puesto que las cuentas de agua, integran la información del balance de agua con los usos del agua. Algunas definiciones sobre esta integración se describen de la siguiente manera:

- ❖ **Ingreso bruto**, es la cantidad total de agua que fluye en el dominio de la precipitación y la superficie y las fuentes del subsuelo.
- ❖ **Ingreso Neto**, es la entrada bruta más cualquier cambio en el almacenamiento. Si el agua es removida desde el almacenamiento sobre el período de tiempo de interés, entonces el ingreso neto es mayor que el ingreso bruto; pero si se añade agua al almacenamiento, entonces el ingreso neto es menor al ingreso bruto.
- ❖ **Agotamiento del agua**, es un uso o eliminación del agua de una cuenca que hace que no esté disponible para su posterior uso. El agotamiento del agua es un concepto clave para la contabilidad del agua, ya que es a menudo la productividad y los beneficios derivados por unidad de agua consumida que se está interesado.

Es extremadamente importante distinguir el agotamiento del agua del agua desviada a un servicio o uso, porque no toda el agua desviada a un uso, se agota. El agua es agotada por cuatro procesos genéricos, que son: La evaporación (el agua se evapora desde las superficies o transpirada por las plantas), los flujos hasta los sumideros (los flujos de agua en un mar, agua salina subterránea, o en otro lugar. Donde no es fácil o económicamente recuperado para su reutilización), por contaminación (la calidad del agua se degrada a un punto que no es apto para ciertos usos) e incorporación en un producto (por un proceso tales como la incorporación de agua de riego en los tejidos vegetales)

- ❖ **Procesos de No Agotamiento**, ocurren cuando el agua desviada es agotada, pero no por los procesos para los cuales fueron diseñadas. Por ejemplo: el agua desviada para riego, es agotada por transpiración (procesos) y evaporación desde el suelo o superficies libres de agua (no proceso). Las salidas desde los sistemas de riego de la costa o ciudades de la costa al océano, son considerados no procesos de agotamiento.
- ❖ **Agua Comprometida**, es la parte de las salidas que están comprometidas a otros usos. Por ejemplo: el agua puede estar comprometida para usos ambientales tales como: caudal ecológico para el sustento de la vida dentro de los ríos o mares.
- ❖ **Salidas No Comprometidas**, es el agua que no se agota, y por lo tanto, está disponible para un uso dentro de una cuenca o para la exportación a otras cuencas, pero fluye debido a la falta de almacenamiento o medidas operativas. Por ejemplo: las aguas que fluyen hacia un mar que está en exceso de los requerimientos para la pesca, medio ambiente, u otros usos beneficiosos son salidas No Comprometidas. Con el almacenamiento adicional, estas salidas no comprometidas pueden ser transferidas a un proceso tal como el uso de riego o usos urbanos.
- ❖ **Cuenca cerrada**, es aquella en la que no hay salidas utilizables en la temporada seca. Una cuenca abierta es aquella en donde las salidas no comprometidas utilizables existen.
- ❖ **Agua Disponible**, es el ingreso neto menos el cantidad de agua reservada para usos comprometidos y representa la cantidad de agua disponible para su uso en una cuenca, servicio o niveles de uso. El agua disponible incluye los procesos de agotamiento y de No agotamiento, además de aguas comprometidas.
- ❖ **Usos No Depletivos del agua**, son los usos donde los beneficios se derivan de un uso previsto sin agotar el agua. En ciertas circunstancias, la generación de energía hidráulica puede ser considerada un usuario no depletivo del agua, si el agua desviada para otro uso como el riego pasa a través de una central hidroeléctrica.

En la Figura 2.6 se muestran los flujos que forman parte de los sistemas físicos antes mencionados, los cuales se representan de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia, basado en Molden (2007)

Figura 2.6. Contenido de las Cuentas de Agua en Cantidad

2.4.2.2. Cuentas de Agua en Calidad

Consisten en una contabilidad, por una parte, de las emisiones o de la carga contaminante contenida en los vertidos y retornos de aguas desde el sistema de usos al sistema natural de aguas continentales y, por otra parte, de la variación del estado de la calidad en el sistema de aguas continentales por efectos de la acción humana (CONAMA, 1999).

El mismo autor divide las cuentas de agua en calidad en dos tipos, a saber:

- ❖ Contabilidad de vertidos, recoge de forma agregada las estadísticas de vertidos, clasificadas según los agentes que los realizan.
- ❖ El segundo tipo de contabilidad de la calidad es más complejo, y no dispone de un formato definitivo por el momento, su complejidad deriva de los siguientes aspectos: la calidad no es un concepto objetivo, la calidad no fluye, la calidad no es un valor susceptible de agregación, y la calidad no es un concepto universal, sino que va ligada a un uso.

Es decir, las cuentas de calidad están vinculadas a las cuentas de activos y describen la existencia de recursos hídricos de agua de cierta calidad al inicio y final de un periodo contable. Ya que generalmente es difícil establecer las causas específicas que afectan la calidad del recurso, estas cuentas contabilizan únicamente los cambios totales de calidad sin tomar en cuenta sus causas (UN, 2007 citado por IARNA, 2009).

2.4.2.3. Cuentas Monetarias.

Siguiendo con la clasificación usada por CONAMA (1999), se tienen las cuentas monetarias, que describen de forma detallada el gasto total en gestión del recurso y la financiación del mismo, así como su distribución en funciones características (incremento de la disponibilidad, mejora de la calidad, entre otras).

Este tipo de cuentas, incorporan un subsistema satélite de cuentas monetarias que sistematizan y ordenan un conjunto de flujos monetarios (ingresos y gastos) derivados de las operaciones que realizan los agentes económicos productores de servicios de gestión del agua. Desarrolladas como unas cuentas satélites del campo particular del agua, constituyen una suerte de contabilidad funcional generalizada del gasto y el ingreso por el lado de los productores de los servicios asociados a la gestión del agua.

Cabe destacar, que tanto las cuentas de Calidad como monetarias, no fueron desarrolladas en la presente investigación, debido a la poca información existente sobre dichas variables en el área de estudio.

2.5. Indicadores para la Cuenta de Agua

Los indicadores para las cuentas de agua, se diseñan para proveer información sobre las rutas del flujo del agua, por ejemplo, para saber cuánta agua está siendo consumida (agotada) y cual uso está agotando el agua. No se diseñan para dar un valor de juicio sobre el uso del agua (una fracción mayor no es necesariamente mejor que una menor).

Los indicadores son de gran ayuda para una eficiente planificación del recurso a nivel territorial.

Los indicadores se utilizan para conocer un sistema mas no para conocer el desempeño del mismo, por lo tanto no son indicadores de eficiencia. Entre ellos se tiene:

2.5.1 Fracción de Agotamiento que puede estar expresada en función de flujo bruto entrante, neto o disponible:

$$\text{Fracción de Agotamiento (Fab)} = \frac{\text{Flujo agotado}}{\text{Flujo bruto entrante}}$$

2.5.2 Fracción de Agotamiento en procesos: da información sobre el porcentaje de agua agotada en procesos de determinados usos. Puede ser expresada en función de flujo bruto entrante, neto, disponible o agua agotada.

$$\text{Fracción de Agotamiento en Procesos (Fa)} = \frac{\text{Agotado (usos)}}{\text{Flujo bruto entrante}}$$

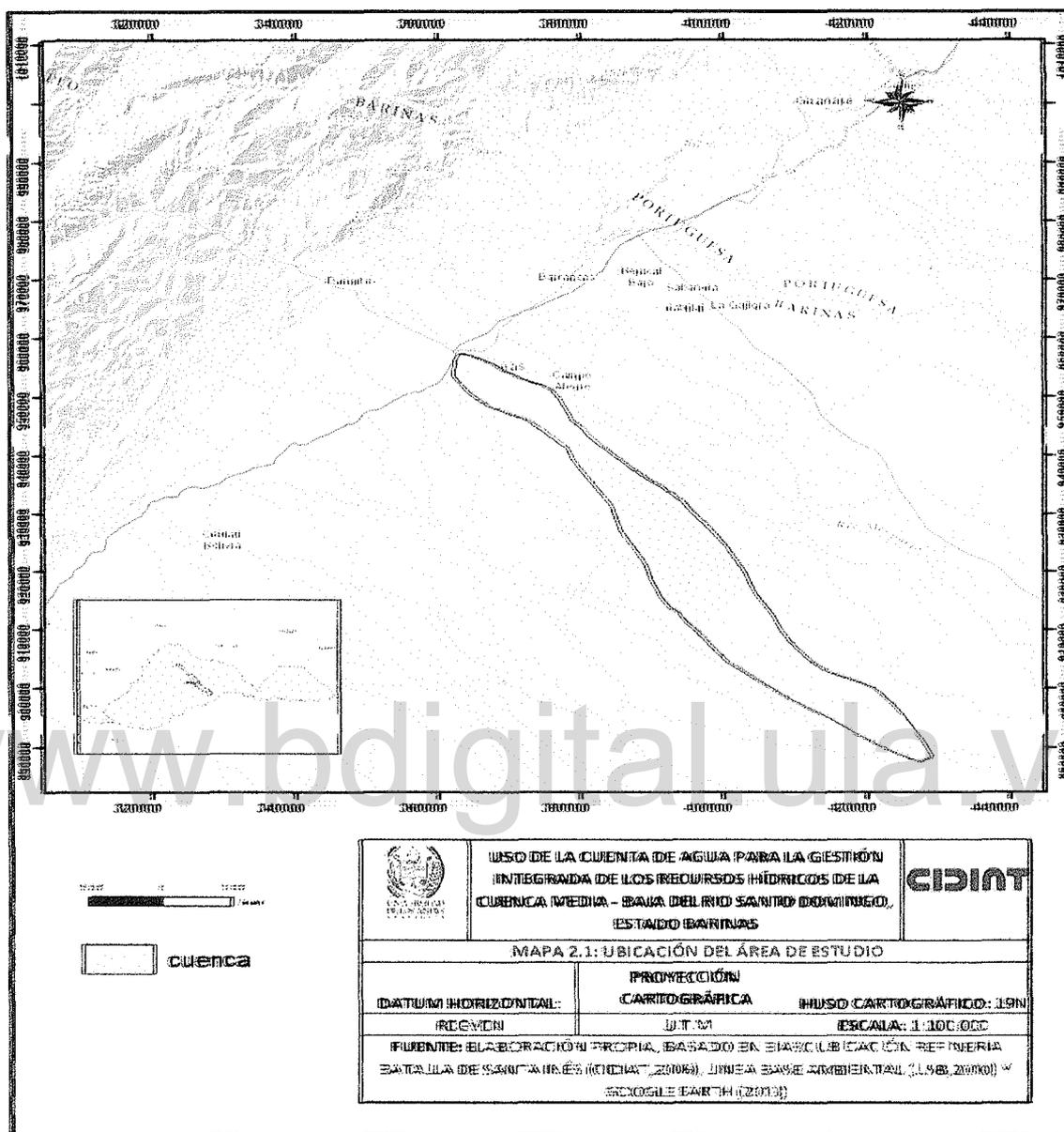
2.5.3 Indicador de Utilización Benéfica: Indica el porcentaje de agua que está siendo agotada benéficamente, con respecto al agua agotada, disponible, flujo neto o flujo entrante bruto. Para estimarlo se debe calcular el agua que está siendo utilizada benéficamente, y cuál genera bajo, cero o negativos beneficios.

$$\text{Utilización benéfica} = \frac{\text{Agua benéficamente agotada}}{\text{Agua disponible}}$$

2.6. Diagnóstico del Área de Estudio: Cuenca Media-Baja del Río Santo Domingo (Edo. Barinas)

2.6.1 Ubicación

El estado Barinas se localiza al Sur de la Región Centro-Occidental y en el Sureste de la región de los Andes y ocupa una superficie de 35.000 Km² representando cerca del 4% de la superficie del país. Astronómicamente se ubica entre los paralelos 07° 18' y 09° 04' de Latitud Norte y entre los Meridianos 67° 30' y 71° 52' de Longitud Occidental.



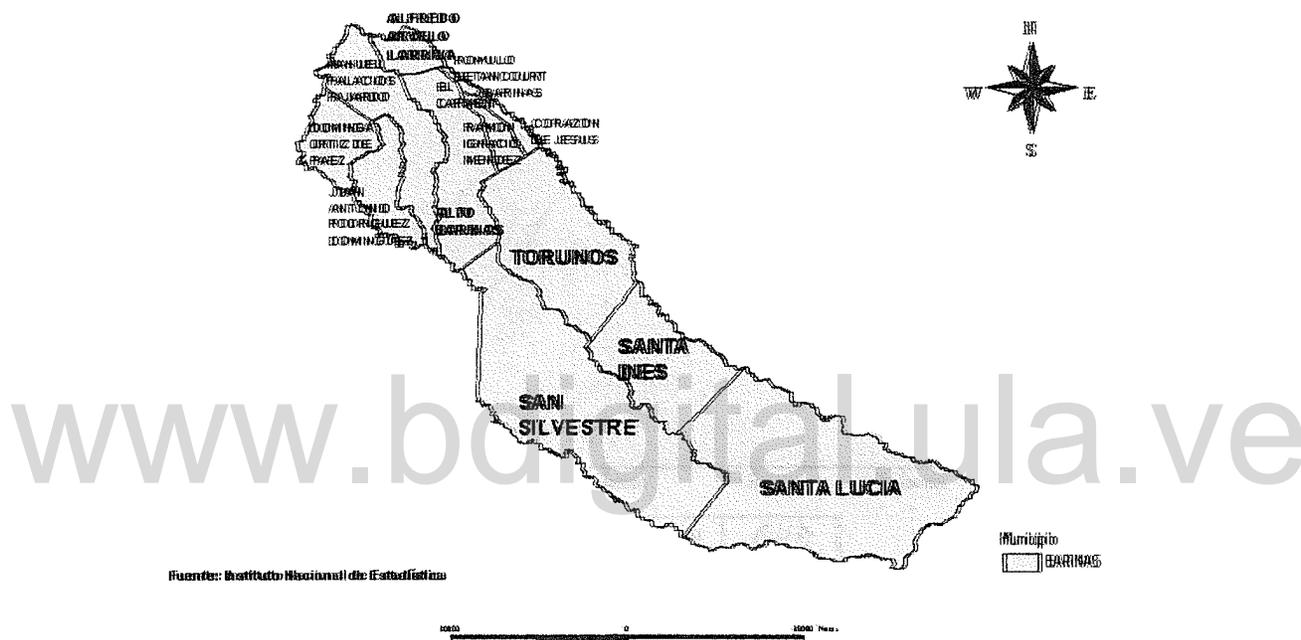
Fuente: Elaboración propia

Figura 2.7. Ubicación relativa nacional del Área de Estudio

El área de estudio se encuentra en la región de los Andes, enmarcada dentro de la cuenca media – baja del río Santo Domingo, comprendiendo básicamente el Municipio Barinas, entre las coordenadas UTM 960.000N, 360.000E; 950.000N, 380.000E; 920.000N, 400.000E y 910.000N, 400.000E. Abarca una superficie de 719,13 km² (71.913 ha). El área urbana de la capital ocupa unas 35.000 ha (35 km²), aproximadamente.

2.6.2. División Político Administrativa del Municipio Barinas

El Municipio Barinas comprende catorce (14) parroquias según la Ley de Reforma Parcial de la División Político Territorial del Estado Barinas, de fecha 29 de Abril de 1999; publicada en Gaceta Oficial del Estado Barinas. Entre ellas, se identifican seis (6) parroquias urbanas: Barinas, El Carmen, Rómulo Betancourt, Corazón de Jesús, Ramón Ignacio Méndez y Alto Barinas, además de las parroquias no urbanas: Manuel Palacio Fajardo, Torunos, Alfredo Arvelo Larriva, Dominga Ortiz de Páez, San Silvestre, Juan Antonio Rodríguez Domínguez, Santa Lucía y Santa Inés.



Fuente: MINAMB (2006)

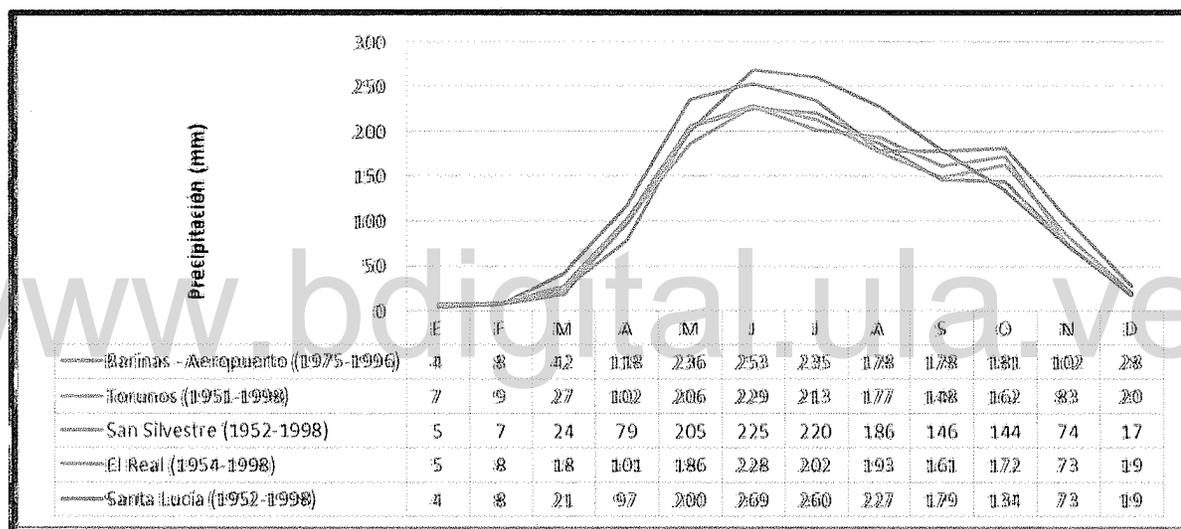
Figura. 2.8. Parroquias del Municipio Barinas.

2.6.3. Caracterización Físico-Natural

2.6.3.1. Precipitación

Está influenciada por varios factores meteorológicos como el desplazamiento de la franja nubosa asociada a la temporada de lluvias; orografía predominante; la altitud en gran medida que, al interactuar provocan una distribución mensual en la precipitación y una variabilidad interanual donde se pueden presentar años relativamente secos y otros muy lluviosos, originando finalmente diversa variedad climática dentro del área de estudio.

En la Figura 2.9, se muestra la precipitación mensual de las estaciones de medición ubicadas en el área de estudio, con diferentes períodos de registros, en ella se puede observar el carácter unimodal de la precipitación en la zona para todos los períodos, con una estación húmeda en donde las mayores precipitaciones se concentran en los meses de mayo hasta Agosto, siendo julio el mes más lluvioso, con 253 mm para la estación Barinas – Aeropuerto, 269mm Santa Lucía y 229 mm para Torunos siendo estas tres estaciones las zonas de mayor precipitación; a partir del mes de octubre se comienza a observar la disminución de las lluvias, comenzando el período de sequía en diciembre hasta Marzo, mostrándose enero como el mes de menores precipitaciones con valores muy bajos de 4mm en el mes de enero en las estaciones Barinas – Aeropuerto y Santa Lucía, 5mm en las estaciones San Silvestre y El Real y 7mm en Torunos. Los meses de Abril y Septiembre, son meses de transición donde las precipitaciones varían entre 108 y 79mm para Abril y entre 178 y 146 mm en Septiembre.



Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012).

Figura 2.9. Precipitación mensual en mm, para diferentes períodos en estaciones dentro del área de estudio

2.6.3.2 Temperatura

En el Cuadro 2.4, se muestra el valor de temperatura promedio con un valor de 26,6°C en la estación Barinas – Aeropuerto, cuya distribución se debe al carácter isotérmico del área en estudio ya que la amplitud térmica no alcanza los 3 °C. En el Cuadro 2.4, se puede observar que la temperatura mínima presenta un comportamiento homogéneo, en los meses de junio, julio y septiembre se presentan los registros menores de temperatura y en los meses de febrero y mayo los más altos.

Cuadro 2.4. Temperatura Media Anual (°C), estación Barinas - Aeropuerto.

Estación	Serial	Ubicación		Elevación (m.s.n.m.)	Tipo	Per. Reg.	Temp. Anual (°C)
		Lat.	Long.				
Barinas- Aeropuerto	3178	08°36'	70°15'	189	SP	76-91	26.6

Fuente: MINAMB (2006)

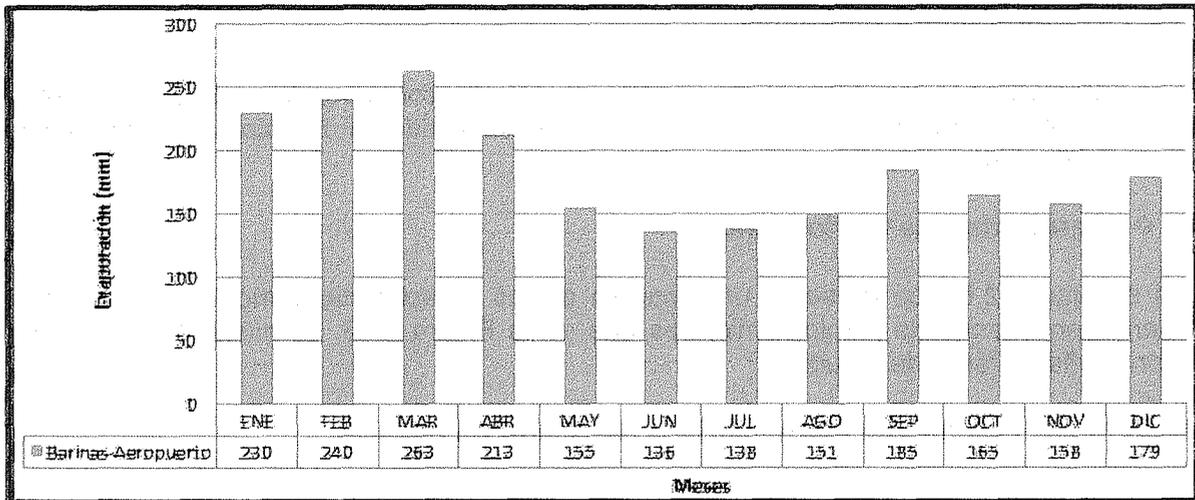
Cuadro 2.5. Distribución mensual de temperatura estación Barinas – Aeropuerto, período 1976 – 1996.

Variable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Prom.
T. Mínima °C	21,2	22,6	23,3	23,8	23,0	22,3	21,8	21,8	22,1	22,3	22,5	21,6	22,4
T. Media °C	26,8	27,9	28,4	28,2	26,3	25,5	25,3	24,4	26,1	26,3	26,6	26,3	26,5
T. Máxima °C	33,1	34,0	33,8	32,5	30,9	29,5	29,9	30,7	31,5	31,6	31,8	31,9	31,8

Fuente: MINAMB (2006)

2.6.3.3. Evaporación

En la gráfica de la Figura 2.10, se observa que la mayor evaporación se concentra en los meses correspondientes al período de sequía, entre Enero y Marzo con un valor máximo de 263mm en marzo y un valor mínimo en enero con 230mm, mientras que los menores valores de evaporación se presentan en el período lluvioso hacia los meses de mayo a julio con un valor mínimo en el mes de junio de 136mm. En el Apéndice A.1, se puede observar con detalle la variación mensual de esta variable.

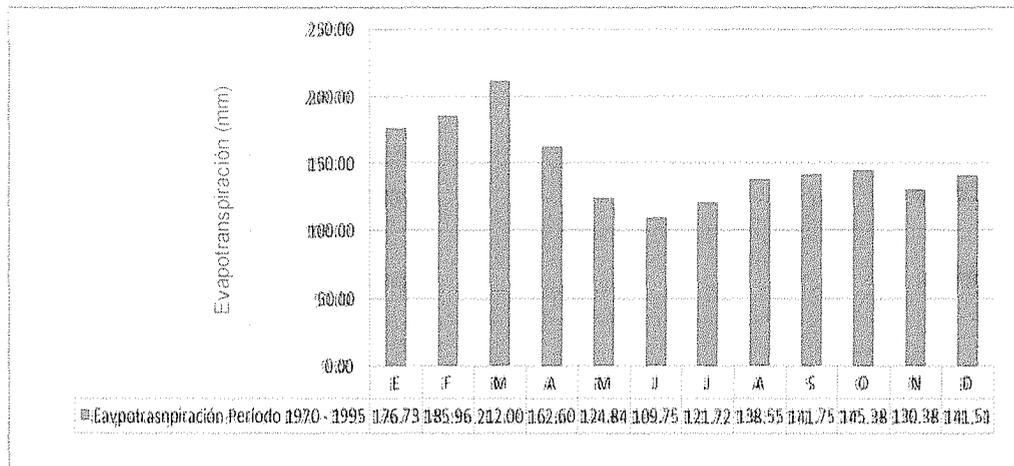


Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012)

Figura 2.10. Distribución mensual de Evaporación promedio (mm) de la Estación Barinas-Aeropuerto 1976-1996.

2.6.3.4. Evapotranspiración

En la Figura 2.11, se muestra la gráfica de la evapotranspiración para el período de registro 1970 – 1995, donde se puede observar que los valores máximos se ubican entre los meses de enero a marzo, con un pico en el mes de marzo de 212,00 mm/mes, correspondiente al período de sequía y los valores mínimos se ubican hacia el período de lluvia en los meses de mayo a julio con un valor mínimo en el mes de junio de 109,75 mm/mes. Durante el resto del registro la evapotranspiración mantiene un comportamiento casi uniforme (Ver Apéndice A.2).



Fuente: Elaboración propia. Basado en CIDIAT (2012)

Figura 2.11. Evapotranspiración promedio mensual (mm/mes) en el área de estudio, período 1970 – 1995

2.6.3.5. Hidrografía e Hidrología

Las características topográficas de la zona de estudio corresponden a la planicie de la cuenca del río Santo Domingo, en la planicie se divide la hidrología en hidrología superficial e hidrogeología.

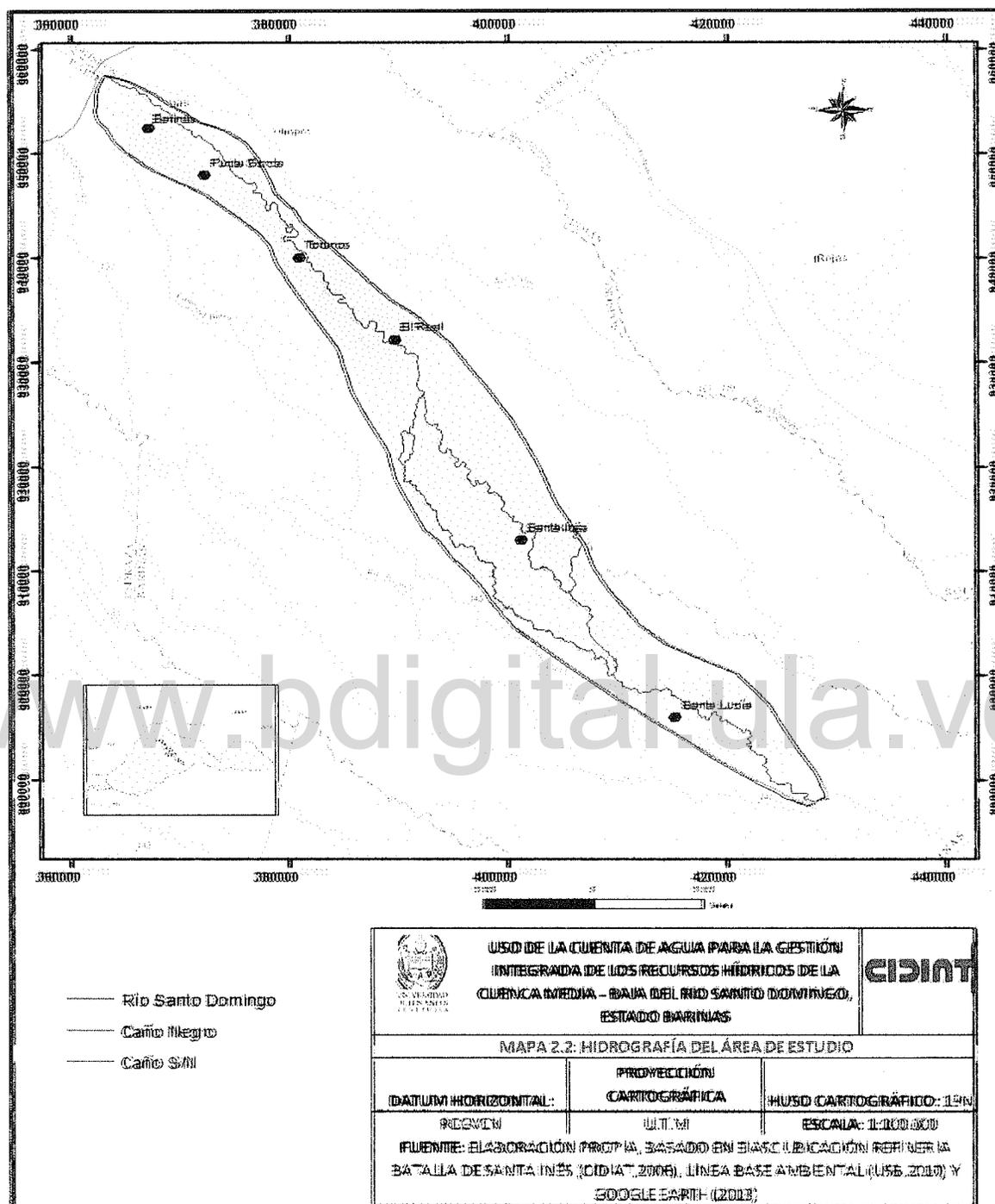
❖ Características Morfométricas.

En el cuadro 2.6, se presenta un resumen de las características morfométricas de la cuenca en la zona de planicie, mientras que en la Figura 2.12, se muestra el mapa de hidrografía del área de estudio.

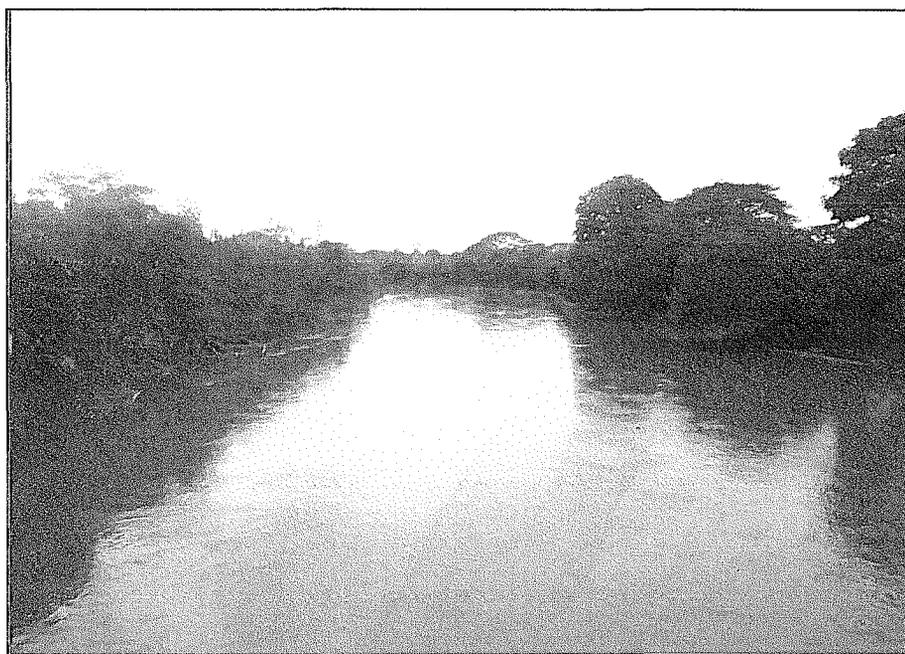
Cuadro 2.6. Parámetros morfométricos del sector de planicie

Parámetros	Unidad	Planicie Sto. Domingo
Área	Km ²	719,13
Perímetro	Km	199,8
Índice de Compacidad	—	2,1
Densidad de drenaje (1:100000)	Km/Km ²	0,28
Pendiente media del terreno	%	1,3
Longitud del cauce principal	Km	143,1
Longitud directa entre extremos del río	Km	95,7
Cota máxima	msnm	206
Cota mínima	msnm	101
Diferencia de altura	m	105
Pendiente media del cauce	%	0,073
Simuosidad hidráulica	1,5

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.
Figura 2.12. Hidrografía de la Cuenca media – baja del río Santo Domingo, estado Barinas.



Fuente: Elaboración propia, salida de campo el día 15/12/2013

Figura 2.13. Puente sobre el río Santo Domingo, sector Torunos

A continuación se presenta la descripción de la hidrología del área

❖ Hidrología Superficial

CIDIAT (2012), realizó la estimación de la escorrentía mediante el empleo de un modelo de simulación hidrológica a nivel mensual llamado "SIHIM", donde se tomó en cuenta la cuenca alta del río Santo Domingo hasta la estación "El Campero" ubicado en la troncal 5 del estado Barinas. Ellos consideraron el período histórico 1970 – 1995 y un período futuro (proyección) 2012 – 2036.

En el Cuadro 2.7, se muestran los caudales del período 1970 – 1995 para la cuenca del río Santo Domingo, en la cual se puede observar que los mayores caudales se presentan entre los meses de junio y agosto con un máximo valor de $126,05 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de agosto, mientras que los menores caudales se presentan entre los meses de enero y marzo con un valor mínimo en el mes de febrero con $12,11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Cuadro 2.7. Caudales mensuales en m³/s. Cuenca del río Santo Domingo. Periodo 1970 – 1995.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
m³/s												
1970	22,74	12,81	5,83	25,31	45,6	102,17	106,11	161,04	108,08	102,61	65,97	43,66
1971	28,04	22,37	14,4	18,26	55,72	67,72	64,17	103,53	96,88	76,55	60,25	36,13
1972	48,74	39,2	57,3	155,34	127,6	131,24	126,84	125,48	107,22	89,47	61,4	37,54
1973	19,58	9,98	4,92	25,28	42,27	58,26	80,17	86,08	104,52	95,25	68,58	37,11
1974	17,37	8,92	4,08	38,91	51,91	62,29	60,24	73,91	112,3	96,04	74,57	39,94
1975	18,42	9,4	17,4	23,93	55,19	70,43	62,22	70,53	77,53	101,1	62,63	34,83
1976	16,97	8,43	11,9	67,32	69,59	214,86	203,37	132,68	89,81	84,46	61,58	33,84
1977	15,83	8,06	5,14	17,76	105,88	131,46	167,79	112,48	94,88	71,06	50,89	26,15
1978	12,07	6,14	8,02	78,34	100,78	202,83	118,56	158,19	138,05	95,04	66,07	40,74
1979	21,15	10,78	19	64,08	96,82	170,94	154,84	125,47	102,94	101,75	105,47	75,77
1980	41,58	20,48	8,89	51,25	92,64	130,62	154,47	151,66	127,01	116,4	78,31	41,97
1981	19,44	14,45	17,9	103,13	152,57	211,24	112,85	123,79	119,45	93,32	77,16	45,64
1982	22,84	12,94	10,1	72,73	160,56	136,09	132,69	91,86	86,62	68,91	50,45	27,55
1983	13,09	6,89	3,06	91,16	138,1	187,63	144,61	135,58	103,34	86,22	54,25	31,3
1984	15,64	8,36	3,75	8,02	31,7	89,97	102,71	107,32	100,22	80,65	68	37,17
1985	17,24	8,78	7,68	19,92	61,3	76,88	91,95	153,04	114,83	108,18	85,25	56,33
1986	31,14	16,23	8,04	81,95	99,38	145,89	129,46	120,48	134,51	118,56	75,1	39,33
1987	18,37	9,75	7,35	14,28	42,93	76,92	118,48	170,47	111,47	107,92	71,81	37,46
1988	17,24	8,49	3,68	18,43	40,47	80,78	101,67	140,54	136,13	120,36	91,89	49,48
1989	23,21	14,13	6,74	4,13	42	66,05	131,2	119,93	124,94	110,63	63,99	31,15
1990	15,15	10,6	44,7	110,71	134,9	178,93	143,33	164,16	121,81	103,38	89,25	54,47
1991	28,25	14,58	10,5	47,54	43,66	61,05	83,37	123,06	118,67	99,8	69,68	37,17
1992	17,25	9,09	5,12	39,55	78,73	136,26	131,08	131,51	116,01	77,57	65,61	36,53
1993	17,5	8,88	6,74	55,7	86,68	214,87	124,82	139,64	140,48	83,3	51,87	26,49
1994	12,46	6,74	28,2	76,05	96,94	135,56	126,12	118,2	134,8	92,7	65,31	34,71
1995	16,53	8,37	4,94	28,53	49,18	86,61	91,43	117,82	95,09	85,63	50,74	25,36
Prom	21,07	12,11	12,5	51,45	80,89	124,18	114,02	126,05	112,22	94,88	68,7	39,15

Fuente: CIDIAT, (2012)

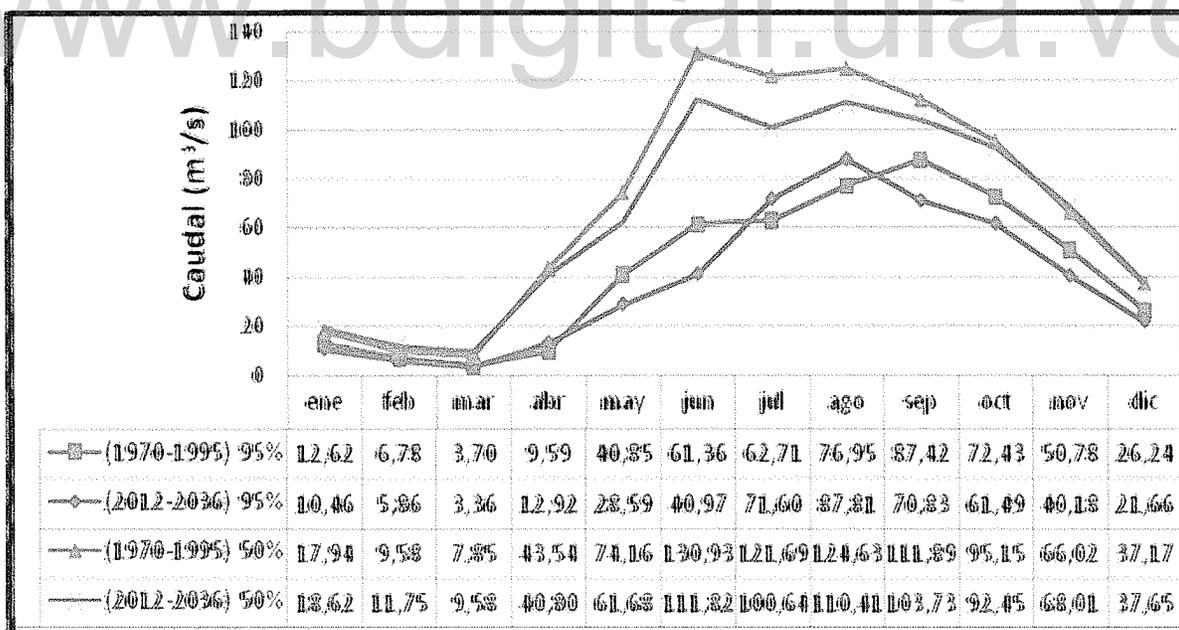
❖ **Curva de duración de caudales**

En el mismo trabajo de investigación, CIDIAT (2012), se estimaron las curvas de duración de caudales y las curvas de variación estacional, para varios periodos, entre ellos el período de 1970 – 1995, el cual está marcado con la línea de color rojo, con probabilidades de 50% y 95%.

Cabe recordar que la curva de duración es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el porcentaje de tiempo, en que el caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa.

La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que se espera sea excedido o igualado en un porcentaje, P, del tiempo. En este sentido, los caudales mayores tienen menor probabilidad de ocurrir durante un año, es decir, que se presentan en un porcentaje del tiempo menor que los caudales mínimos.

Como se observa en la Figura 2.14 en la curva del 95% para el período 1970 – 1995 (línea roja), se observa que el caudal es muy bajo en la época de estiaje con un valor mínimo de 3,70m³/s (mínimo) en el mes de marzo y un caudal máximo en lluvias de 87,42m³/s en el mes de septiembre, mientras que en la curva del 50% de probabilidad (línea verde), se mantiene el mismo comportamiento, con un caudal mínimo en estiaje de 7,85m³/s y un caudal máximo en época de lluvias de 130,93m³/s en el mes de junio.



Fuente: CIDIAT, 2012

Figura 2.14. Curva de duración de caudales a 50% y 95% (1970 – 1995 y 2012 – 2036)

❖ Hidrología Subterránea

El flujo subterráneo efluente conforma mediante el proceso natural de percolación profunda, la recarga del acuífero de la planicie, en el Cuadro 2.8, se presentan los valores de esta variable en Hm^3 para el período 1970 – 1995, generados por CIDIAT (2012).

Se puede observar que para el periodo 1970 – 1995, la recarga mínima del acuífero, se presenta durante los meses de enero a marzo, con el menor valor en marzo de $1,51 \text{ Hm}^3$ y los máximos entre junio a septiembre con el mayor valor en septiembre de $14,69 \text{ Hm}^3$.

Cuadro 2.8. Flujo subterráneo efluente en Hm^3/mes . Cuenca del río Santo Domingo. Período 1970 – 1995

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Hm^3/mes											
1970	4,37	2,08	1	2,24	5,8	9,9	13,12	15,32	15,6	14,36	11,5	7,68
1971	5,1	3,39	2,5	2,46	5,59	9,1	9,75	11,31	13,07	12,18	9,92	6,72
1972	6,01	6,43	6,9	11,09	14,77	15,76	16,01	15,92	15,05	13,45	10,56	6,8
1973	3,77	1,74	0,8	2,3	5,58	7,74	9,86	11,67	12,77	13,33	11,4	7,13
1974	3,36	1,54	0,7	2,8	6,94	8,67	9,04	9,94	12,01	13,42	11,93	7,75
1975	3,56	1,64	1,5	3,42	6,15	8,96	9,69	9,66	10,54	11,83	10,8	6,5
1976	3,28	1,51	1,2	5,38	9,71	12,62	16,26	17,08	14,62	12,2	10,35	6,47
1977	3,07	1,41	0,7	2,02	7,15	12,64	15,5	15,81	13,98	11,57	8,67	5,07
1978	2,34	1,07	0,6	5,19	11	14,15	15,62	16,04	16,64	14,88	11,24	7,36
1979	4,11	1,89	1,5	5,73	10,59	13,75	16,27	16,4	14,88	13,69	13,72	12,36
1980	8,07	3,72	1,7	3,29	8,83	13,05	15,35	16,77	16,4	15,49	12,94	8,06
1981	3,77	1,82	2,6	7,23	13,03	16,19	16,24	15,41	15,25	14,09	11,91	8,46
1982	4,43	2,05	1,5	5,19	11,51	14,96	15,92	14,6	12,45	11,04	8,58	5,25
1983	2,53	1,16	0,5	4,2	11,16	15,26	16,71	16,74	15,22	13,09	9,67	5,69
1984	3,01	1,4	0,7	0,74	3,39	8,29	12,19	13,75	13,71	12,51	10,62	7,17
1985	3,35	1,54	0,8	2,46	6,21	9,63	11,67	13,89	15,13	14,51	13,1	9,91
1986	5,94	2,83	1,3	4,84	10,86	14,13	15,66	15,68	15,72	15,75	12,88	7,56
1987	3,53	1,63	1	1,79	4,69	8,63	12,23	15,24	15,61	14,43	12,08	7,25
1988	3,35	1,54	0,7	1,21	4,76	8,72	11,7	14,33	15,64	15,68	14,02	9,48
1989	4,49	2,12	1,2	0,71	2,94	7,75	11,78	14,39	15,09	14,88	11,51	5,99
1990	2,81	1,52	4	9,5	13,65	16,04	17,01	17,21	16,53	14,83	13,19	9,91
1991	5,48	2,52	1,4	4,29	6,97	7,73	10,22	12,97	14,6	14,3	11,74	7,15
1992	3,35	1,54	0,8	3,19	8,48	12,95	15,49	16,33	15,74	13,07	10,14	6,96
1993	3,38	1,55	0,8	4,36	9,72	13,4	15,57	15,98	16,34	14,09	9,28	5,01
1994	2,41	1,12	2,4	7,23	11,34	13,78	15,38	15,43	15,57	14,51	11,06	6,62
1995	3,18	1,47	0,7	2,68	6,29	9,47	11,98	13,63	13,75	12,44	9,23	4,8
Prom	3,93	2,01	1,5	4,06	8,39	11,78	13,7	14,67	14,69	13,68	11,23	7,31

Fuente: CIDIAT (2012)

2.6.3.6 Suelos

Según MARN (1983), los suelos de la región de los Llanos Altos Occidentales en general, son profundos, de moderada fertilidad, textura media y pesada, afectadas localmente por problemas de drenaje y de pedregosidad. Estas características limitan su uso a ganadería semi-intensiva principalmente y a plantaciones tropicales y ganadería intensiva en menos proporción. Gran parte de la región conforma las cuencas receptoras de los ríos que surcan y son afectadas por erosión laminar y en cárcavas.

Por su parte CIDIAT (2012), señala que el área de Los Llanos Occidentales presenta un patrón intrincado en la distribución de los suelos como resultado de la complejidad en la sedimentación ocasionada por los cambios sucesivos de los niveles de base, lo cual hace que se mezclen materiales de diferente naturaleza, composición, tamaño y edad. De este modo, se presentan una gran variabilidad de suelos jóvenes a pesar del poco contraste topográfico de estas áreas y están constituidos por la acumulación de sedimentos conformados en su mayoría por rocas sedimentarias y metamórficas de origen ígneo y sedimentario tales como, gneises, esquistos y pizarras.

Estos suelos presentan una buena fertilidad natural con moderada o buena proporción de bases, pH débilmente ácido a neutro y muy débil concentración de carbonatos libres, los cuales suelen aparecer en algunas áreas bajas (cubetas) donde hay fluctuación de nivel freático y no se observan cristales de yeso.

En el estudio edafológico de la zona comprendida entre los ríos Santo Domingo y Pagüey Zinck y Stagno, 1966, citados por CIDIAT (2010), estudiaron, clasificaron y cartografiaron varias series de suelo, de las cuales las que se mencionan a continuación han sido identificadas dentro del área de influencia física-natural.

❖ **Serie Barinas**

Es el suelo predominante en la posición fisiográfica de banco alto (ejes de explayamiento). Se caracterizan por ser poco profundos, con más de 3 m de material edáfico; dominan texturas gruesas a medias: franco-arenosas y franco-arcillo-arenosas (Fa, FAa).

Son suelos de color rojizo a rojo-amarillento; muy duros cuando están secos, volviéndose muy friables en húmedo. La reacción de acidez es mediana a fuertemente ácida; con salinidad nula. La fertilidad en general es baja, con bajos a muy bajos contenidos de materia orgánica. Son suelos que presentan una baja a moderada capacidad de retención de agua útil para los cultivos.

La permeabilidad es moderada, el drenaje interno es moderado y el externo varía de muy rápido hasta moderado, de acuerdo a la pendiente local de los bancos. El horizonte B es muy profundo, y presenta frecuentemente películas de arcilla. En la parte inferior del perfil se encuentran películas de hierro y manganeso.

Los suelos de la serie Barinas son considerados de moderado a buen comportamiento geotécnico y al corte, presentan moderada a alta capacidad de carga y moderada compactación.

Debido a la dinámica que formó estos bancos, los sedimentos franco- arenosos, franco- arcillosos y arcillosos-arenosos de la serie Barinas están suprayaciendo los sedimentos arcillo-limosos de los bajíos, los cuales constituyen las posiciones geomorfológicas más antiguas y sobre las cuales se depositaron los sedimentos más recientes de la serie de suelos Barinas.

Desde el punto de vista de su capacidad de uso agropecuario, las tierras que presentan predominio de suelos de la serie Barinas muestran limitaciones asociadas a la alta acidez y baja fertilidad natural de estos suelos, así como a limitaciones derivadas de su baja capacidad de retención de humedad.

❖ **Serie Garza**

Se trata de suelos localizados en la posición fisiográfica de banco medio, y por lo general planos. Presenta características similares a los suelos presentes en los bancos altos. Sin embargo, se trata de suelos más profundos con predominio de granulometrías medias a gruesas (Fa, FAa, F). Los suelos son de color amarillo a ocre; son duros cuando están secos, volviéndose muy friables en húmedo. La fertilidad es, por lo general, baja.

Presentan baja a moderada capacidad para retener agua útil para las plantas y cultivos. La permeabilidad es rápida a moderada. El drenaje interno es moderado y el externo rápido hasta moderado, según la pendiente local de los bancos.

Los suelos de la serie Garza son considerados de moderado a buen comportamiento geotécnico y al corte, presentan moderada a alta capacidad de carga y moderada compactación.

Desde el punto de vista de su capacidad de uso agropecuario, las tierras que tienen predominio de suelos de la serie Garza presentan limitaciones asociadas a la acidez y a la baja fertilidad natural de estos suelos, así como a limitaciones derivadas de su moderada a baja capacidad de retención de humedad.

❖ **Serie Gásperi**

Los suelos pertenecientes a esta serie se encuentran localizados en la posición fisiográfica de banco bajo. Se trata de suelos profundos, con predominio de granulometrías medias a finas (F, FA, AL). Son suelos de color predominantemente grisáceo en el horizonte superficial y marrón en el resto del perfil. Suelos muy duros en seco.

Presentan acidez media a neutra; con salinidad nula. La fertilidad es muy baja y también los contenidos de materia orgánica. Presentan una moderada a alta capacidad de retención de agua.

La permeabilidad es moderada a moderadamente lenta. El drenaje externo es moderadamente lento (por la poca pendiente del terreno) y el drenaje interno es lento (por la presencia de materiales finos).

Son suelos blandos, friables, húmedos. Por lo general se consideran de mal comportamiento geotécnico, baja capacidad de carga y moderadamente susceptibles a los asentamientos diferenciales.

Desde el punto de vista de su capacidad de uso agropecuario, las tierras que tienen predominio de suelos de la serie Gásperi presentan limitaciones asociadas principalmente a las granulometrías finas y al drenaje restringido.

❖ Suelos Hidromórficos

Se refiere a los suelos que conforman los esteros, en general, presentan granulometrías muy finas (AL, A), predominando las fracciones arcillosas enriquecidas con abundante materia orgánica, conformando una matriz de color gris oscuro y negro, plástica, con numerosos residuos vegetales en estado fibroso, donde la descomposición de capa vegetal es muy lenta, debido en parte, por la permanencia de las aguas estancadas durante la mayor parte del año.

Desde el punto geotécnico, los suelos de los esteros presentan pésimo comportamiento geotécnico, muy baja capacidad de carga y muy mal comportamiento al corte.

Desde el punto de vista de su capacidad de uso agropecuario, las tierras que presentan predominio de suelos hidromórficos presentan limitaciones asociadas principalmente al drenaje muy pobre y saturación hídrica permanente.

Según FUNIDES-USB (2010), en las áreas de menor pendiente a planas, se manifiestan diferentes procesos erosivos que son:

- ❖ Acumulación de agua de lluvia y escurrimiento zonal, con erosión insignificante y deposición de los granos finos que se desplazan en suspensión durante el desborde de los ríos y el anegamiento de estas vastas áreas planas.
- ❖ Inundación por desbordes ocasionales de cauces, generalmente con una lenta acumulación de sedimentos, aunque localmente puede ser rápido.
- ❖ Excesos de agua, por acumulación de agua de lluvia y escurrimiento zonal.

En la zona de Torunos (Ver Cuadro 2.9), los suelos son Inceptisoles, Entisoles y Alfisoles, generalmente de texturas medias y pesadas, de moderada fertilidad y con problemas de drenaje y pedregosidad, característica que los limita al uso de la ganadería intensiva, extensiva (aunado a las características de inundación que mantienen verdes los pastos). Su taxonomía se describe a continuación según Casanova (2005): Ustropets, Ustifluvents, Haplustalfs frecuentemente inundables.

MARNR (1983), establece que son suelos de textura media y de media a alta fertilidad, con problemas de inundación frecuente, cuyas aptitudes los sitúan en la clase VI, apropiados para ganadería.

Hacia el sur de la cuenca, los suelos son profundos, de textura pesada y con problemas de drenaje. El orden dominante es el Molisol, que se caracterizan por su mediano a alto contenido de materia orgánica. La taxonomía del suelo es la siguiente: Haplustolls, Molisoles que presentan régimen de humedad ústico, con la mayoría de su superficie inundada estacionalmente.

A pesar de inundarse son suelos de Clase I y II, aptos para diversos cultivos en temporada de secano, no obstante actualmente se usan para la ganadería semi-intensiva e extensiva.

Cuadro 2.9. Taxonomía de los suelos presentes en el área de estudio.

Orden	Sub – orden	Grupo	Características	Ubicación
Entisol	Fluvents	Ustifluvents	moderadamente gruesos, baja CIC	Torunos y zonas aledañas
Inceptisol	Tropepts	Ustropepts	Suelos bien drenados, moderadamente profundos, textura moderadamente fina, con un nivel de fertilidad medio -bajo, debido especialmente a su reacción fuertemente ácida.	
Alfisol	Ustalfs	Haplustalfs	Bien drenados, superficiales, limitados por la presencia de un horizonte argílico y estructura poco desarrollada, con un nivel de fertilidad medio y erosión laminar moderada a severa	
Molisol	Ustolls	Haplustolls	Tienen la materia profunda, alta carga orgánica, enriquecida con nutrientes del suelo de la superficie (horizonte C), suave estructura granular	Sur del área de estudio

Fuente: Casanova (2005)

2.6.3.7. Vegetación

Según Holdridge (1967) y Ewel *et al.* (1976), citado por CIDIAT (2012), las formaciones boscosas predominantes en los Llanos corresponden a la zona de vida “bosque seco tropical”, debido al régimen constante de temperaturas altas (media 22–29 °C) y una precipitación media anual entre 1.000–1.800 mm; la región también contiene importantes áreas de “bosque muy seco” y “bosque húmedo tropical”.

La vegetación asociada con esta unidad ecológica es muy variada (Ver Cuadro 2.10), ya que puede estar entremezclada con sabanas de gramíneas hasta bosques estacionales, pasando por palmares y chaparrales. Los bosques naturales presentan por lo general tres o cuatro estratos fácilmente distinguibles y un alto grado de caducifolia en la época seca, dependiendo de la duración y la intensidad de la misma; se pueden conseguir algunos individuos de *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Astronium graveolens*, *Pouteria reticulata*, *Guarea guidonia*, *Maclura tinctoria* y *Attalea butyracea*, entre otras.

Por otra parte, los bosques secundarios asociados con esta unidad son generalmente el resultado de acciones antrópicas, principalmente por extracciones de maderas, incendios, agricultura y ganadería; éstos poseen dos estratos bien diferenciados, con alturas hasta de 20 m y abundantes bejucos (principalmente bignoniáceas y sapindáceas). Algunas de las especies más comunes en la planicie de la cuenca del río Santo Domingo, se presentan en el siguiente Cuadro:

Cuadro 2.10. Especies vegetales representativas del área de estudio.

Familia	Especies Vegetales	
	Nombre Vulgar	Nombre Científico
Anacardiaceae	Gateado	<i>Astronium graveolens</i>
Anacardiaceae	Jobo	<i>Spondias mombin</i>
Araliaceae	Yagrumo macho	<i>Didymopanax motototonii</i>
Bignoniaceae	Totumo	<i>Crecentia cujete</i>
Bignoniaceae	Flor azul	<i>Jacaranda sp.</i>
Bignoniaceae	Araguaney	<i>Tabebuia Chrysantha</i>
Bignoniaceae	Apamate	<i>Tabebuia rosea</i>
Bombacaceae	Baraman	<i>Catostemma commune</i>
Bombacaceae	Balzo	<i>Ochroma pyramidale</i>
Boraginaceae	Pardillo	<i>Cordia Alliodora</i>
Burseraceae	Tacamajaco	<i>Protitum sp.</i>
Cochlospermaceae	Bototo	<i>Cochlospermum vitifolium</i>
Combretaceae	Gueyabón	<i>Terminalia lucida</i>
Cottiferae	Madroño	<i>Rheedia madruño</i>
Cottiferae	Lacre	<i>Vismia ferruginea</i>

Cuadro 2.11. Especies vegetales representativas del área de estudio (Continuación)

Leguminosae	Rosa de montaña	<i>Brownea coccinea</i>
Leguminosae	Guamo	<i>Inga sp.</i>
Leguminosae	Bucare	<i>Erythrina sp.</i>
Leguminosae	Algarrobo	<i>Hymenaea courbaril</i>
Moraceae	Yagrumo	<i>Cecropia peltata</i>
Moraceae	Higuerote	<i>Ficus caballina</i>
Mususeae	Platanillo	<i>Heliconia sp.</i>
Palmae	Palma corozo	<i>Acrocomia seleocarpa</i>
Palmae	Palma de agua	<i>Attalea sp.</i>
Palmae	Cubarro	<i>Bactrix sp.</i>
Poligonaceae	Palomaria	<i>Triplaris caracasana</i>
Poligonaceae	Uvero	<i>Coccoloba caracasana</i>
Piperaceae	Cordoncillo	<i>Piper sp.</i>
Sterculiaceae	Café de monte	<i>Warzemia coccinea</i>
Sterculiaceae	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Sterculiaceae	Guácimo cimarrón	<i>Lutea candida</i>

Fuente: CIDIAT (2012)

En general, la vegetación de la planicie del área de estudio, se encuentra sometida a un fuerte proceso de intervención y muestra diferentes estadios de sucesión, puesto que, la ganadería, la agricultura y la forestería son las actividades más desarrolladas en ambientes de sabana. Se destaca en estas áreas cuatro (04) unidades de vegetación:

❖ **Bosques Ribereños**

Son bosques semidecíduos, relativamente densos, de altura media, que ocupan las márgenes de los ríos y caños principales y que pueden tener un ancho a los lados del cauce principal superior a los 2,5 Km. en los principales ríos del área de estudio.

Generalmente se inundan durante la época de lluvias por el desborde de los ríos. Algunas de las especies representativas son el Samán (*Pithecellobium saman*), la Ceiba (*Ceiba pentandra*) y varias especies de palmas como el Corozo (*Acrocomia sclerocarpa* y *A. lasiosphata*).

❖ **Matorrales Inundados Secundarios**

Este tipo de vegetación está conformada por arbustos y hierbas como dosel de importancia y algunos árboles aislados. También se les llama herbazales de pantano. Se encuentra en áreas que son o fueron del bosque ribereño, donde este fue talado o intervenido; pero donde no se han instalado áreas de pastoreo o cultivo porque se han inundado con frecuencia.

Las plantas presentes en estos matorrales están adaptadas a las condiciones de frecuente o permanente inundación. El platanillo (*Thalia geniculata*) y otros arbustos y ciperáceas son frecuentes en estos ambientes. Se les llama matorrales secundarios, porque son el resultado de la tala o reemplazo del bosque ribereño; pero también pueden considerarse como áreas abandonadas donde por razones de inundación se pueda estar dando un proceso de regeneración del bosque. Los Matorrales Inundados pueden ser considerados como zona de amortiguamiento entre el bosque y la sabana.

❖ **Sabanas Estacionales**

La cobertura herbácea de esta unidad está, dominada principalmente por gramíneas y con un estrato leñoso ausente o muy poco frecuente. El fuego puede ser un factor frecuente en estas sabanas al final de la época seca.

Estas sabanas son denominadas aquí estacionales, debido a que están sometidas a un régimen estacional de precipitaciones que conduce a que este tipo de vegetación permanezca con agua disponible en el suelo o inundada durante la época de lluvias, pero durante la época seca, pueden llegar a perder todo el contenido de agua en el suelo, Sarmiento (1990), citado por CIDIAT (2010) y CIDIAT (2012).

Esta estacionalidad del agua en el suelo determina que durante la época seca la vegetación presente una fisonomía senescente o seca; mientras que el período de productividad se acopla con la estacionalidad de las lluvias.

Existe una alta diversidad de especies asociada a esta Sabana, sin embargo en la planicie de esta cuenca, la introducción de pasturas mejoradas han hecho que las especies dominantes (gramíneas) hayan sido reemplazadas y se encuentran en muy poca proporción.

Desde el punto de vista económico las sabanas estacionales representan actualmente un área de producción ganadera importante que sustenta un gran número de animales, y por otro lado es un área para la expansión agrícola, la cual cuenta con una infraestructura de riego importante.

Tiene un gran atractivo turístico que es un valor potencial que está empezando a ser explotado por los mismos hatos ganaderos que pueden manejar posadas que prestan un servicio de recreación mostrando las faenas del Llano y las bellezas naturales de los recursos naturales que tiene.

❖ **Las Sabanas Semiestacionales**

Esta unidad presenta una cobertura herbácea dominada principalmente por gramíneas y con un estrato leñoso ausente o muy poco frecuente. Están asentadas en suelos de texturas "pesadas" y con poca aireación. Se diferencian de las sabanas estacionales, por permanecer prácticamente inundadas en la época de lluvias, pero sin llegar a secar en la época seca. Esta característica de mantenimiento de agua en el suelo en la época de sequía, hace que la productividad primaria de las sabanas semiestacionales sea constante durante todo el año, conservando un aspecto verde (productivo) en el punto más crítico de la época seca. Esto es aprovechado para mantener la producción de ganado durante la parte más desfavorable del año. Una importante característica de estas Sabanas Semiestacionales, también llamadas en la lengua coloquial como "esteros", es la presencia de grandes palmares, haciendo de estas áreas un verdadero paisaje de alto valor escénico.

Los paisajes de esta sección de los Llanos Occidentales están constituidos por planicies aluviales, la más inmediata y ubicada al sur de la ciudad de Barinas, corresponde a una llanura aluvial de explayamiento del Pleistoceno Superior, la cual está rodeada por planicies aluviales de desborde recientes (Holoceno). Los suelos de esta planicie, presentan condiciones de fertilidad natural y una condición de drenaje, tanto interna como externa, generalmente aceptable. Solamente al sur, en las áreas de bajíos que ocupan una menor extensión, el drenaje es más deficiente y está presente una lámina de agua de profundidad y duración variable durante el período lluvioso del año (FUNINDES – USB, 2010)

2.6.4. Caracterización Socio – económica

2.6.4.1. Población

Según CIDIAT (2012), el estado Barinas tiene una superficie de 35.200 km², equivalente al 3,84% del territorio nacional, es el noveno más extenso del país, siendo una de las entidades federales menos pobladas del territorio nacional. Se registraron 816.264 habitantes en el censo del año 2011, lo que representa el 2,98% del total nacional, ocupando el rango número 15 según tamaño de la población.

La tasa de crecimiento con respecto al censo del 2001 es de 2,7%, pues para ese año se registraron 624.508 habitantes. A su vez, con respecto al año 1990, este Estado ha experimentado un crecimiento considerable de la población, presentando una tasa de crecimiento de 3,6%.

En el Cuadro 2.12, se destaca que para el año 2001, aproximadamente 271.739 habitantes se ubican dentro de la cuenca media – baja del río Santo Domingo y cuyos porcentajes poblacionales se presentan más detallados en la tabla siguiente:

Cuadro 2.12. Población dentro del área de estudio. Año 2001.

Estado	Municipio	Población Total por Municipio (hab)	Población del municipio dentro de la cuenca. (hab)	Porcentaje respecto al total que habita en la cuenca (%)
Barinas	Barinas	263.272	263.272	79,7
	Obispos	25.774	8.062	2,4
Población Total		289.049	271.334	82,10

Fuente: Elaboración propia, basada en CIDIAT (2012)

En el Cuadro 2.13, se muestran las proyecciones poblacionales realizadas por CIDIAT (2012), en donde estiman que la población dentro del área de estudio para el año 2036 será de 593.316 habitantes, cuyos centros poblados de condición urbana tendrán una población de 560.116 habitantes y los de tipo rural una población de 33.200 habitantes.

Cuadro 2.13. Proyecciones poblacionales por municipio dentro del área de estudio. Período 1980 - 2036.

Municipio	Condición	1980	1991	2001	2012	2017	2022	2027	2032	2036
Barinas	Urbana	120,157	166,607	249,776	336,920	378,790	422,484	466,352	510,220	545,314
	Rural	8,871	9,729	13,496	17,263	18,975	20,688	2,240	24,112	25,482
Obispos	Urbana	853	2,541	5,473	8,405	9,738	11,070	12,403	13,736	14,802
	Rural	889	977	2,589	4,201	4,934	5,666	6,399	7,132	7,718
Total Pob. Urbana		121,010	169,148	255,249	345,325	388,528	433,554	478,755	523,956	560,116
Total Pob. Rural		9,760	10,706	16,085	21,464	23,909	26,354	8,639	31,244	33,200
Población Total		130,770	179,854	271,334	366,789	412,437	459,908	487,394	555,200	593,316

Fuente: Cálculos propios. Basado en datos de CIDIAT (2012).

En cuanto al crecimiento poblacional proyectado por centros urbanos dentro del área de estudio, tal y como se ve en el Cuadro 2.14, se puede notar también un crecimiento acelerado de la población, especialmente la de la capital del estado Barinas, pasando de tener una población de 110.462 habitantes en el año 1980, a una población en el censo de 2001 de 227.762 habitantes y población proyectada de 301.894 habitantes para el año 2012 finalizando con 463.637 habitantes para el año 2036.

Esto se debe al crecimiento de actividades comerciales e industriales que ha experimentado Barinas en los últimos años, convirtiéndola en una ciudad atractiva para los pobladores de las zonas aledañas a ella, e incluso para pobladores de otros estados, lo cual motiva ese crecimiento poblacional de la ciudad.

Por su parte, los centros urbanos como San Silvestre, Torunos y Santa Inés, que tendrán un crecimiento poblacional significativo, pasando de 1614; 915 y 399 habitantes para el año 1980 a tener para el año 2036 una población de 14.583; 12.825 y 7609 habitantes, esto producto de la presencia de la actividad petrolera en la zona que hace que muchos pobladores se asienten en estos centros urbanos.

Cuadro 2.14. Proyecciones de población por centros poblados dentro del área de estudio. Período 1980 – 2036

CENTRO POBLADO	Población (hab.)								
	1980	1990	2001	2012	2017	2022	2027	2032	2036
Barinas	110.462	153.630	227.762	301.894	335.590	369.287	402.983	436.679	463.637
Torunos	915	1.254	3.113	5.159	6.491	8.135	9.810	11.485	12.825
San Silvestre	1.614	2.201	3.367	5.692	7.227	9.137	11.082	13.027	14.583
Santa Inés	399	614	713	1.472	2.353	3.703	5.098	6.493	7.609
Santa Lucía	983	1.113	1.708	2.592	2.938	3.284	3.630	3.976	4.252
Guasimito	853	2.541	5.473	8.405	9.738	11.070	12.403	13.736	14.802

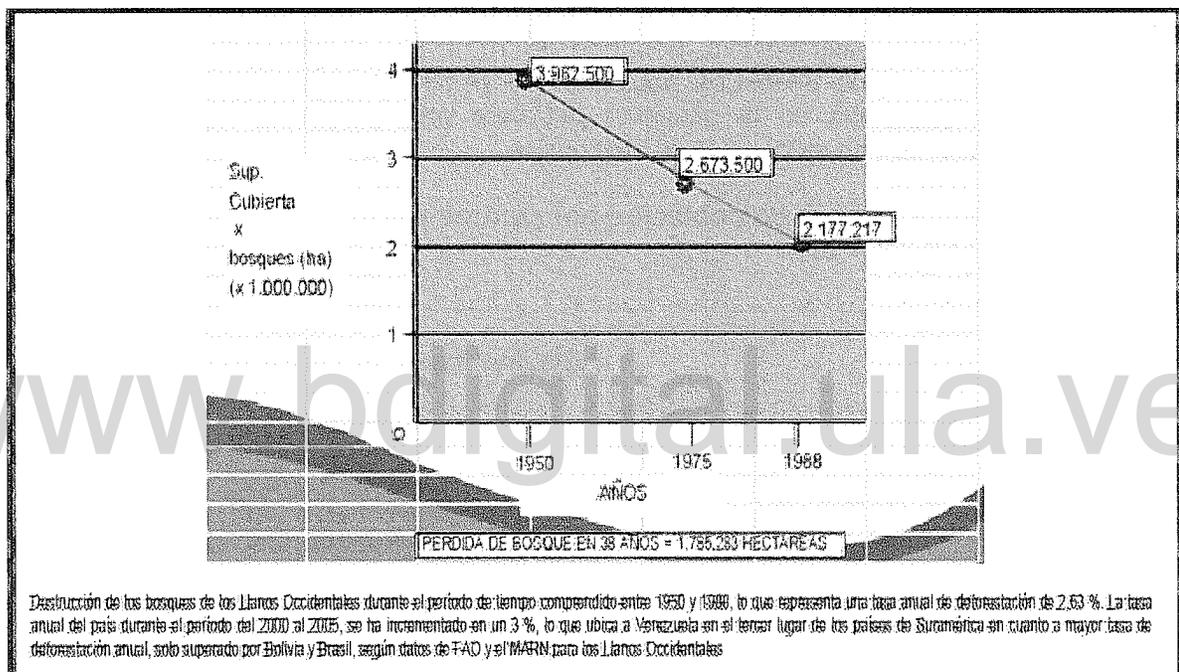
Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012)

2.6.4.2. Actividades Económicas.

En la década del 50, gran parte del estado Barinas estaba cubierto por bosques (52 %); sin embargo, a partir del año de 1952 se inició un proceso acelerado de deforestación (Ver Figura 2.15) debido a diferentes factores como por ejemplo: la construcción de la carretera Panamericana que une los Llanos Occidentales con los Andes, crecimiento demográfico, expansión de la frontera agrícola y pecuaria tanto en las partes altas como bajas de la cuenca.

Según FUNINDES – USB (2010), la interacción de este conjunto de factores trajo como consecuencia que la tasa anual de deforestación de los bosques entre 1950 y 1988, alcanzara un valor de 2,63 % Siendo las especies de interés comercial y mayormente extraídas: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Pachira quinata* (saquisaquí), *Samanea saman* (samán), *Spondias mombin* (jobo) y *Cordia alliodora* (pardillo).

Actualmente, Gobierno Nacional y Regional presenta entre sus líneas fundamentales de desarrollo, el incentivo de la actividad agropecuaria a través de la incorporación de subsistemas banderas, estratégicos y cultivos tradicionales, el otorgamiento de créditos agropecuarios y asistencia técnica, así como la generación de valor agregado, con la finalidad de activar la economía regional y la generación de empleo.



Fuente: FAO – MINAMB, citado por FUNINDES – USB, (2010).

Figura. 2.15. Tasa anual de deforestación en los llanos occidentales de Venezuela

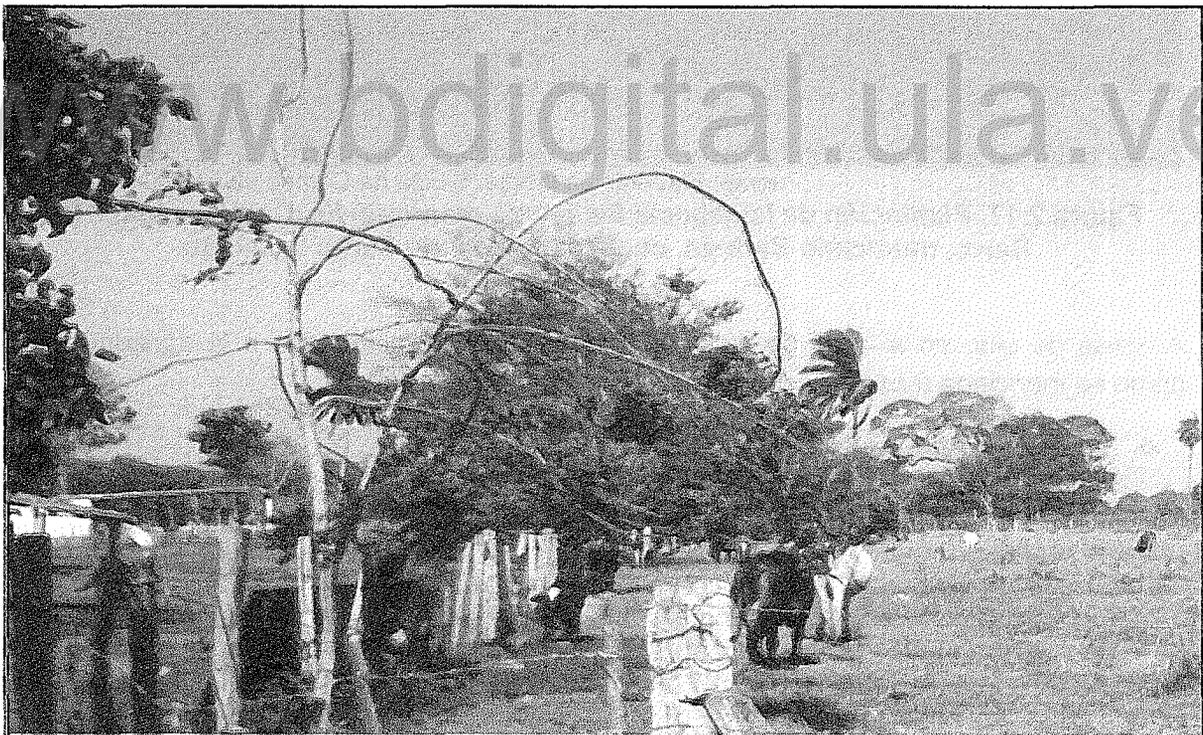
Entre los usos actuales destacan principalmente la ganadería de ceba y de ordeño, la agricultura a través del sistema de riego Santo Domingo y algunos tipos de producción privada de menor magnitud (a nivel de granjas pequeñas y conucos) y la actividad petrolera, esta última se encuentra ubicada en toda la planicie de la cuenca del río Santo Domingo, la cual es influenciada por los Campos Borburata (a la altura de Punta Gorda), Palmita – Maporal (a la altura de las poblaciones de Torunos y El Real) y Campo Silvestre (a la altura de la comunidad de san Lorenzo) todos dentro del municipio Barinas.

❖ Ganadería

Según FUNINDES – USB (2010), Estos sistemas de producción están conformados por la existencia de explotaciones que cuentan con instalaciones en tierras propias o baldías, constituidas por fundos ganaderos de cierta estabilidad y muchas veces confundidos con el paisaje general. Mayoritariamente, ocupa grandes extensiones de territorio, predominando el subsistema de ganadería vacuna, aunque también está presente el subsistema bufalino.

En el área predomina la ganadería para ceba (ganado vacuno criollo para producción de carne), la cual se sustenta de la cobertura vegetal, es de baja productividad, de muy baja carga animal (1 a 3 cabezas de ganado por hectárea), sin requerimiento de riego durante la época de sequía por lo que el rebaño debe aprovechar el ciclo natural de la vegetación en función de las lluvias.

En entrevistas realizadas a los productores, indicaron que realizan rotación de potreros de acuerdo al período de lluvias, puesto que sus tierras se inundan durante ésta época, en las Figuras 2.16 y 2.17, se pueden observar algunas fincas que tienen plantaciones forestales con especies forrajeras como la *Leucaena leucocephala* (Leucaena) y *Tectona grandis* (Teca), además de pasto para la ceba de ganado y *Swietenia macrophylla* (Caoba) para aprovechamiento comercial.



Fuente: Elaboración propia. Salida de Campo 09/04/2014
Figura 2.16. Ganadería extensiva, sector El Barro, municipio Barinas. Cuenca baja del río Santo Domingo (margen izquierda).

Además de esta ganadería, se encuentra en menor proporción, ganado porcino con fines comerciales y de sustento propio de las personas.



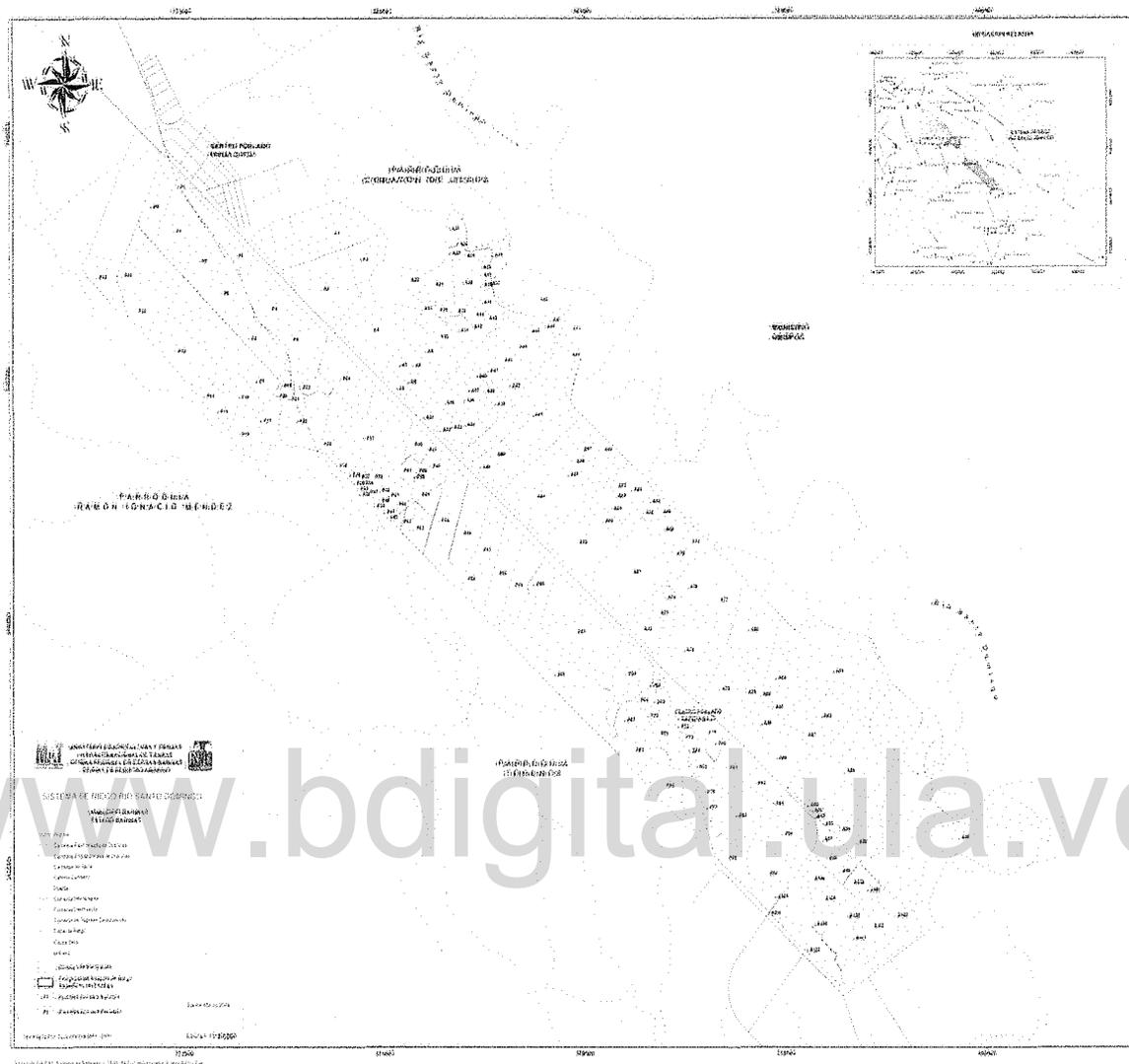
Fuente: Elaboración propia. Salida de Campo 09/04/2014

Figura 2.17. Plantación de la especie *Swietenia macrophylla* (Caoba), sector El Barro, municipio Barinas, cuenca baja del río Santo Domingo.

Además de ello, en el área se desarrollan actividades relacionadas a la agricultura tal como se menciona a continuación:

❖ Sistema de Riego Sto. Domingo

Fue construido entre los años 1960 -1969, el sistema de riego Santo Domingo, está ubicado en la parroquia Corazón de Jesús del municipio Barinas, se encuentra a 2,5 Km de la ciudad de Barinas (Ver Figura 2.18), el sistema abarca 1.801,40 ha, de las cuales 1.749,40 ha comprenden el área productiva que está distribuida del modo siguiente: 353,8 ha se encuentran bajo cultivos varios; 87,06 ha en piscicultura; 882,2 ha con ganadería; 365,32 ha con cultivo de arroz y 62,54 ha restantes con cultivos de otros rubros. Actualmente, se encuentra en fase de rehabilitación por parte del Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER). Posee 197 parcelas, de las cuales 163 se encuentran productivas.



Fuente: CIDIAT, (2012)

Figura.2.18 Sistema de riego Santo Domingo.

Es un sistema de riego por gravedad, de canales elevados, el cual toma el agua de un dique – toma, pasa a través de grandes canales y es llevado hasta los centros de distribución que racionan el agua por acequias pequeñas y medianas hasta llegar a cada parcela de producción, inundando la zona cultivada.

Dentro de las características estructurales, se tiene que está conformada por un dique vertedero (Cimacio) de 120m de longitud, cinco (5) compuertas radiales de derivación con capacidad de 2 m³/seg. Cada una y una estructura desarenadora. Además, tiene un canal principal de 23Km de longitud, con revestimiento de concreto y de diferentes secciones de forma rectangular y trapezoidal, aunado a ello, presenta una red de canales elevados de concreto prefabricado con una longitud de 24,11 Km, formando 96,1 Km de drenes.

Está conectado por carreteras, accesos, vías externas y bermas de canales de riego que forman 129,39Km de vialidad. Las vías internas que intercomunican las parcelas, tienen una longitud de 100,39Km y las bermas de servicio del canal principal de riego tiene una longitud de 42Km (Cortes, 2009)

Según cifras manejadas por el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras – Sistema de Riego Río Santo Domingo (MPPAT – SRRSD) (2010) citado por CIDIAT (2012), la producción total anual (entre el ciclo de invierno 2009 y verano 2010) de maíz fue de 287.810 Kg, la de arroz de 1.246.590 Kg y la de frijol de 68.128,50Kg, gracias a la producción de 19 productores arroceros, 19 maiceros y 2 de leguminosas.

Dentro de ese marco productivo, se tiene planteado el aprovechamiento de 218 ha de producción de semillas de maíz y 230 ha para la producción de semillas de arroz, para ello tienen proyectada la rehabilitación del SRRSD, con una meta de rehabilitación de 1400 ha en la primera fase, cuyas actividades incluyen: nivelación de 630ha en los sectores Caroní Bajo, Punta Gorda rural y El Tigre, así como el canal principal, berma del canal y recuperación de tomas 7 y 8.

Esta recuperación se tiene planteada en un período de 2,5 años, la cual está orientada básicamente a todas las áreas de influencia del SRRSD, la infraestructura y su uso actual, en un plan conjunto entre el INIA, MPPAT – SRRSD bajo el proyecto: “Plan de producción de semillas con énfasis en cereales en el Sistema de Riego Río Santo Domingo - Barinas”. (CIDIAT 2012).

En la etapa I, tienen planteado disponer de las siguientes áreas:

- ❖ Área total del proyecto: 1.913 ha
- ❖ Áreas regables (áreas del proyecto que pueden ser regadas): 1.792ha
- ❖ Área bajo riego (áreas con infraestructura buena o mala): 1.400 ha
- ❖ Área regada (áreas efectivas que se están regando): 415 ha

El objetivo principal de éste plan, es desarrollar un sistema sostenible de producción de semillas en el sistema de riego río Santo Domingo que contribuya a la soberanía agroalimentaria del país y entre los objetivos específicos se tiene:

- ❖ Construir las obras hidráulicas necesarias para la incorporación de 392 ha para la producción de semillas.
- ❖ Recuperar las obras hidráulicas que permitan la incorporación de 500 ha para la producción de semillas.
- ❖ Realizar la zonificación del sistema de riego con base al uso actual de la tierra

- ❖ Generar nuevas variedades o híbridos de los cultivos a producir en el SRRSD (Ver Cuadro 2.15)
- ❖ Generar los referenciales tecnológicos de nuevas variedades o híbridos de los cultivos a producir en el SRRSD.
- ❖ Establecer una planta de procesamiento de semilla que mantenga la calidad.
- ❖ Producir semilla de alta calidad de los cultivos de maíz, arroz, soya, frijol.
- ❖ Establecer programas de capacitación para la producción de semillas.
- ❖ Establecer un modelo de gestión en el manejo y uso del sistema de riego.

Entre las metas de este plan se pueden mencionar las siguientes:

- ❖ Incrementar el área regada de 415 has actualmente a 1792 has en un período de 3 años.
- ❖ Establecer un programa de producción de semillas en una superficie de 1100has.
- ❖ Adecuar 392 ha de las 1792 ha mediante suministro de agua sub-superficial (pozos profundos).
- ❖ Producir 9.254.900 kg de semilla certificada de los cultivos (Ver Cuadro 2.16)
- ❖ Incorporación de 194 agricultores cooperadores al sistema productivo de semillas en el SRRSD para un total de 776 individuos beneficiados (Ver Cuadro 2.17).
- ❖ Generación de empleos indirectos para el proceso productivo de semilla en un 60% respecto a los beneficiarios directos.
- ❖ Generar la interacción de todos los organismos adscritos al MPPAT que hacen vida activa dentro del SRRSD.
- ❖ Fortalecimiento de la investigación de los programas de mejoramiento genético.
- ❖ Capacitación y aplicación de los referenciales tecnológicos en los rubros establecidos en el SRRSD.
- ❖ Creación de la unidad de gestión, mantenimiento y uso del SRRSD.
- ❖ Establecer un sistema de producción de semillas de variedades de maíz blanco y amarillo que garantice el 60% de la demanda teórica nacional de semilla certificada.
- ❖ Garantizar el 100% de la semilla clase genética y fundación de las variedades de arroz generadas por INIA, en el SRRSD.

- ❖ Producir 594.000 kg de semilla certificada de la demanda teórica nacional.
- ❖ Producir 344.000 kg de semilla certificada de la demanda teórica nacional.

Cuadro 2.15. Estimación de superficie para producción de semilla según la demanda establecida.

Rubro Clase	Maíz Blanco	Maíz Amarillo	Arroz	Soya	Frijol
Ha.					
Genética	0,1	0,1	1	0,5	0,5
	0	0	2	0	0
Fundación	0,1	0,1	10,3	1,6	1,6
	0	0	4	0	0
Registrada	17	13	343	53	41
	0	0	6	20	20
Certificada	2.960	2.382	9.800	1.712	1.088
	400	400	588	330	430

Fuente: CIDIAT, (2012)

Demanda teórica nacional
Producción SRRSD

Cuadro 2.16. Cantidades por cultivar de semilla certificada a producir en el SRRSD (anual)

Categoría Cultivo	Genética (Kg.)	Fundación (Kg.)	Registrada (Kg.)	Certificada (Kg.)
Arroz	823	41.160	1.372.000	39.200.000
	900	8.000	24.000	2.352.000
Maíz Blanco	2	338	59.200	10.360.000
	0	0	0	1.400.000
Maíz Amarillo	1	260	47.634	8.336.000
	0	0	0	1.400.000
Soya	88	2.915	94.160	3.080.000
	0	0	36.000	594.000
Frijol	46	1.230	32.640	870.000
	0	0	16.000	344.000

Fuente: CIDIAT, (2012)

Cuadro 2.17. Metas de producción de cultivos anuales y semestrales

Rubro	Producción anual (ha)	Producción semestral (ha)	
		Ciclo invierno	Ciclo Verano
Maíz	600	300	300
Arroz	800	800	-
Frijol	450	-	450
Soya	350	-	350

Fuente: CIDIAT, (2012)

Entre los problemas que presenta el Sistema de Riego Rio Santo Domingo, destacan la sedimentación del canal, debido a la falta de mantenimiento de la toma principal y demás instalaciones, el vertido en el canal principal desechos sólidos de origen orgánico y mineral provenientes de diez (10) nuevas urbanizaciones a tan sólo 6 kilómetros de distancia, la toma ilegal de agua del Sistema de Riego Rio Santo Domingo, por parte de algunos los piscicultores.

❖ **Planes para establecimiento de sistemas de riego a futuro en el área de estudio.**

En el convenio China – Venezuela, el estado tiene establecido una serie de proyectos a corto, mediano y largo plazo, dirigidos a consolidar la producción agrícola y pecuaria del estado Barinas, estos proyectos serán dirigidos por la empresa SINOHYDRO Corporation y el Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER) y cuya área contemplada para el desarrollo de los mismos se ubica a lo largo del eje Pagüey – Santo Domingo. Entre los proyectos a desarrollar se tiene:

❖ **Corto Plazo:** El Proyecto de Desarrollo del Eje Productivo Pagüey- Santo Domingo el cual establece la construcción y rehabilitación de los sistemas de riego, mejoramiento de las unidades de producción agroecológicas de rubros como carne, leche, cereales, musáceas, oleaginosas, leguminosas, frutas y hortalizas; adicionalmente plantea la construcción y rehabilitación de la vialidad y viviendas.

❖ **Mediano Plazo:** Desarrollo de la Unidades de Producción Socialistas (UPS), para la producción de semilla certificada de arroz en el Estado Barinas, específicamente entre las áreas comprendidas entre los ríos Canagüá, Pagüey y Santo Domingo. Estas UPS, tienen la finalidad de: Desarrollar Unidades de Producción Socialistas para la producción de semilla certificada de arroz. Con ello se espera obtener en un lapso de tres años, 10.000.000 kg de semilla certificada de arroz de producto neto acondicionado.

❖ **Largo Plazo:** Desarrollo Integral Socialista Eje Pagüey – Santo Domingo, Municipio Barinas, Estado Barinas”, el cual será ejecutado a través del Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER) junto a SINOHYDRO CORPOTARION y el Convenio entre Banco de Desarrollo de China BANDES, con el de fortalecer la sostenibilidad de la economía social para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona a través de la consolidación de la producción agrícola, vegetal y piscícola; y la infraestructura de apoyo a la producción en el Estado Barinas (MPPAT – INDER, 2011).

Las áreas de desarrollo productivo planteadas en éste proyecto, se localizan entre las márgenes izquierda y derecha de los ríos Pagüey y Santo Domingo respectivamente, desde la Troncal 5 (vía Barinas – San Cristóbal) hasta la confluencia de estos ríos, superficie conformada por las parroquias Santa Lucia, Santa Inés, Torunos, San Silvestre, Alto Barinas, Ramón Ignacio Méndez, Juan Antonio Rodríguez, Barinas, El Carmen, Dominga Ortiz de Páez, Manuel Palacios Fajardo, Rómulo Betancourt y Corazón de Jesús (ver Figura 2.111). Abarcando una superficie de 1.583,59 km² que corresponde aproximadamente al 45,9% de la superficie total del municipio (3.448,24 km²).

Las metas que se esperan alcanzar con este proyecto según MPPAT – INDER, (2011), son:

- ❖ Desarrollar la siembra de 3.474 hectáreas de cultivos varios.
- ❖ Establecer 5.000 m² de casa malla para producir, mediante la metodología de propagación in vitro y mediante la división de cormos, la semilla botánica para plantación.
- ❖ Consolidar cien (100) unidades de producción piscícola en 50 ha.
- ❖ Consolidación de las Unidades de Propiedad Patria (UPP): Maisanta, Fabricio Ojeda, Francisco Iriarte, Hato Los Caujaticos y Hato Callejas.
- ❖ Incorporación de 6.000 ha a la producción agrícola bajo riego, mediante el diseño y construcción de obras hidráulicas en los río Santo Domingo y Pagüey.
- ❖ Establecer una fábrica de gabarras con capacidad de carga de 70 toneladas.
- ❖ Dragar y desazolvar 90 km del río Santo Domingo, desde la población de Torunos hasta la desembocadura en el río Apure.
- ❖ Sembrar 550 hectáreas de plantaciones forestales.

En resumen se tiene que dentro de los planes de desarrollo agrícola futuro para la cuenca media – baja del río Santo Domingo, se centran básicamente en el Sistema de Riego Santo Domingo, los cuales se constituyen de la siguiente manera:

- ❖ Incorporación de **415 ha** (actual) en el año 2012
- ❖ Un crecimiento de **459 ha** anual entre los 2013 y 2014
- ❖ Para el año 2015 se llegaría a **1792 ha**, manteniéndose con ésa superficie constante por el resto de su vida útil (hasta el año 2036)
- ❖ **Agricultura mixta**

La orientación económica de esta actividad, como su nombre lo indica, es semi - comercial, ya que su producción está destinada principalmente a abastecer las necesidades del grupo familiar y, en caso de excedentes, a los mercados locales, siendo la forma de mercadeo más común la venta a intermediarios, particularmente camioneros que compran los excedentes de aquellos productos que tienen demanda comercial como: el maíz, plátano, auyama, aguacate, caña de azúcar, yuca, entre otros (Ver Figura 2.20).



Fuente: Elaboración propia, salida de campo realizada el día 23/05/2014
Figura 2.19. Cultivos de maíz (*Zea mays*) y plátano (*Musa sp.*) en la cuenca media – baja del río Santo Domingo

Según FUNINDES – USB (2010), la horticultura comercial es un sistema bastante limitado que se presenta en forma de pequeñas parcelas, con monocultivos de ciclo corto: auyama, pepino, melón, patilla, ají y tomate (Ver Figura 2.21) Dentro de este espacio agrícola, la rotación de cultivos da origen a un uso permanente del suelo, definiendo al sistema como el más intensivo y dinámico de todos los sistemas.



Fuente: Elaboración propia, salida de campo realizada el día 23/05/2014
Figura 2.20. Cultivo de Auyama observado en la cuenca media – baja del río Santo Domingo.

Sin embargo, en el área la mayoría de los productores no aplican medidas agroconservacionistas, excepto por algunas fincas que tienen cercas vivas con la especie *Tectona grandis*(Teca) y algunos sistemas silvopastoriles con *Swetenia macrophylla* (Caoba) (Ver Figura 2.21)



Fuente: Elaboración propia, salida de campo realizada el día 09/04/2014

Figura 2.21. Sistema Silvopastoril observado en el sector El Barro, municipio Barinas cuenca media – baja del río Santo Domingo

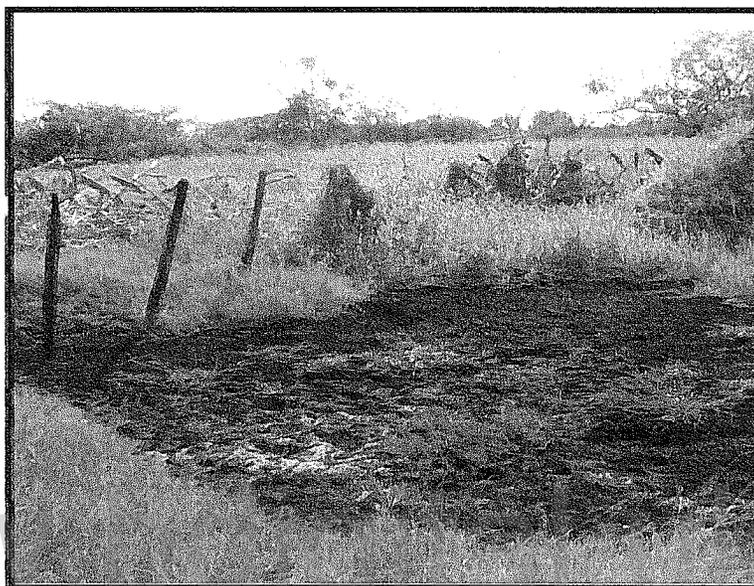
En cuanto, a la aplicación de estos sistemas, muchos productores manifestaron descontento con las instituciones gubernamentales como MPP Ambiente, INTI, MAT y PDVSA, puesto que desde hace muchos años no hay presencia institucional con fines de capacitación técnica al campesino, excepto que con fines netamente políticos.

Otro de los usos que se observaron en el área, tiene que ver con la producción piscícola, sin embargo, no se pudo obtener información detallada sobre este rubro.

Cabe destacar que la mayoría de los productores de este ramo han tenido que ir abandonando este tipo de rubro productivo, debido al alto costo y escasez del alimento para estas especies, así como demás productos para el mantenimiento de las lagunas, por lo que hoy en día muchas de esas lagunas ya no están en funcionamiento.

También se observó influencia de la actividad petrolera en la zona, puesto que a pesar de que se desarrolla mayormente hacia la cuenca vecina (cuenca del río Pagüey), la actividad petrolera en cierto modo ha beneficiado a los pobladores que se ubican en las comunidades que se emplazan dentro del área de estudio, ya que la misma ha generado empleos de forma directa e indirecta a los pobladores de la zona.

No obstante, muchos productores y pobladores en general, han manifestado tener cierto descontento con este tipo de actividad, puesto que se han generado diversos derrames de crudo dentro de las fincas, lo cual contamina los suelos y disminuye su potencial productivo e incluso dejándolos infértiles (Ver Figura 2.23). Así mismo, el paso de oleoductos por las fincas, ha generado daños al ganado sobre todo el ganado de ordeño, ya que las vacas al acercarse a éstas tuberías, se queman sus ubres y esto repercute en los rendimientos productivos de las mismas.



Fuente: Elaboración propia. Salida de Campo el día 15/12/2013
Figura 2.22. Derrame de crudo observado frente a la finca adyacente a la estación Maporal.

2.6.4.3. Sistemas de Agua Potable

La cuenca del río Santo Domingo constituye una de las cuencas más grandes del estado Barinas con una longitud de cauce desde sub naciente en la laguna de Mucubají de de 79,1Km, recibiendo en todo ése trayecto, las aguas residuales de las poblaciones de Santo Domingo, Las Piedras, Pueblo Llano, Calderas, Altamira, Barinitas, Quebrada Seca Parágula, la ciudad Capital y demás poblaciones que se ubican en la parte media – baja de la cuenca, además de ello, es receptor de diferentes compuestos organoclorados producto de la actividad agrícola en la cuenca alta, los cuales se infiltran en el sub suelo, teniendo como destino final el río Santo Domingo.

❖ Sistemas de agua potable de fuente superficial.

Según HIDRANDES (2005), la planta de tratamiento de agua potable, se encuentra en la margen izquierda del río Santo Domingo, en el sector Los Guasimitos en la Ciudad de Barinas. El sistema cubre el 95% de la población de la ciudad capital.

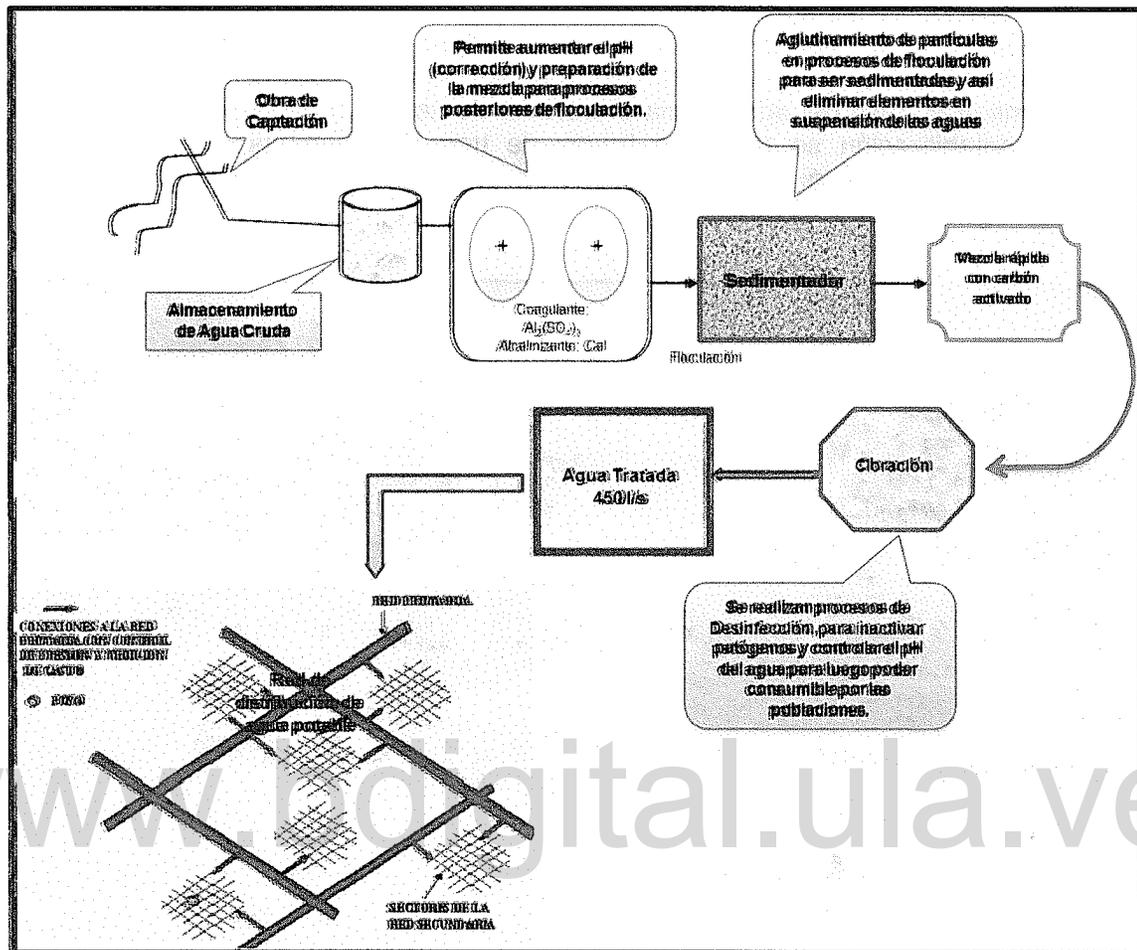
La fuente depende de las aguas de captación del sistema de riego Santo Domingo. La obra de captación de este sistema consta de un vertedero de sección trapezoidal de 160m de longitud y de 4,5 m de altura, la toma está provista de cinco (05) compuertas radiales las cuales permiten el paso del agua hacia el sistema de riego. La captación del agua hacia la planta de potabilización se realiza a través de tres (03) bombas sumergibles, dos en operación y una de reserva, con una captación de 300l/s cada una, de manera que bombean 600l/s (Ver Figura 2.24).



Fuente: CIDIAT (2012)

Figura 2.23. Planta potabilizadora de Barinas.

La planta es de tipo convencional y el tratamiento se realiza mediante la aplicación de sulfato de aluminio, pre-cloración, mezcla rápida haciendo uso del carbón activado, coagulación, filtración y post-cloración, en la cual se tratan aproximadamente 450l/s. En la Figura 2.25. Se puede observar el tren de tratamiento de esta planta.



Fuente: CIDIAT (2012)

Figura. 2.24. Tren de tratamiento de la planta de agua potable de Barinas

❖ **Sistemas de agua potable de fuentes subterráneas.**

Según HIDROANDES (1999), el agua de este sistema proviene del acuífero de Barinas, y consta de 42 pozos perforados, ubicados en distintas partes de la ciudad. Para la captación el agua subterránea existen dos estaciones de almacenamiento en los sectores de Mijagua (350 l/s), Corocito (100 l/s), que posterior al tratamiento (cloración), son enviadas a la red de distribución. Existen además, otros pozos en algunas urbanizaciones y barrios de la ciudad para una producción total de 535 l/s, pero como esta producción no es constante debido a las caídas de voltaje en las redes eléctricas que a diario dejan varios pozos fuera de servicio, se toma en consideración un promedio de 434 l/s.

Existen además del sistema de producción de agua de Barinas, otros subsistemas ubicados en la parte baja de la cuenca, entre ellos se tiene:

❖ **Subsistema de agua potable Torunos**

Según INPROCONSULT e HIDROVEN (1999c), la fuente de este sistema es subterránea, consta de dos pozos; uno de ellos tiene 33,25 m de profundidad y caudal de 14 l/s y el otro tiene 40,16 m de profundidad con un caudal de 18 l/s (Ver Apéndice B.1)

- ❖ En el pozo uno (1) la captación se hace empleando una bomba con motor horizontal y la captación del pozo dos (2) se realiza con una bomba sumergible.
- ❖ La aducción se hace por tuberías H.G. de 4" de diámetro con 20 m de longitud y tubería P.V.C. clase AB de diámetro 160 mm, desarrollo que cuenta con 286 m de longitud.
- ❖ El almacenamiento se realiza por medio de un estanque metálico elevado a 12 m de altura y con capacidad de 160.000 l.
- ❖ La red de distribución está conformada por 20 mallas y 13 ramales abiertos. Sólo el agua del pozo dos (2) es tratada a través de un clorador. El agua del pozo uno (1) no es tratada.

❖ **Subsistema de agua potable San Silvestre**

INPROCONSULT e HIDROVEN, (1999d), destacan que San Silvestre cuenta con un sistema de abastecimiento de agua dividido en tres sectores, del modo siguiente:

- ❖ Sector 1: casco central San Silvestre, barrios La Manga, Las Flores, Mi Cariño, La Morita e inicio de San Isidro.
- ❖ Sector 2: barrios Cascabel y final de San Isidro.
- ❖ Sector 3: barrios Barrio Nuevo y Vainilla.

Existe un sistema de acueducto tipo pozo profundo – estanque elevado, se encuentra sectorizado a través de válvulas de paso en los sectores ya mencionados. El suministro de agua en esta zona es irregular, el sistema cubre el 98% de la población, pero la dotación es insuficiente. Los habitantes se quejan de la calidad del agua, pues en ninguno de los sectores se realiza tratamiento del agua y no se hace mantenimiento en los tanques de almacenamiento. En el Apéndice B.2, se puede observar detalladamente la infraestructura de la que está compuesta éste subsistema de agua potable.

El primero (sector I), se caracteriza por tener las siguientes características:

- ❖ Fuente subterránea, con dos pozos profundos. Uno tiene 50 m de profundidad y otro 43,34 m, entre ellos hay 100 m de separación, uno de los pozos muestra un caudal de 9,3 l/s y el otro tiene su caudal de 10 l/s.
- ❖ Las obras de captación constan de una bomba tipo turbina con motor eléctrico de eje horizontal (sector 1, pozo 1), bomba sumergible con motor eléctrico sumergible.
- ❖ La aducción se efectúa por medio de una red de tuberías tipo P.V.C de 6" y 250m de longitud
- ❖ En este sector se encuentran dos (2) estanques metálicos elevados, uno a 14 m y otro a 10m, cuya capacidad de almacenamiento es de 200.000 l y 150 l.
- ❖ La red de distribución cubre el 100% de este sector. No se efectúa ningún tipo de tratamiento del agua.

Luego se encuentra el sector II, que posee los siguientes elementos:

- ❖ En este sector la fuente es subterránea, existe sólo un pozo profundo cuya profundidad es de 35,5 m y su caudal es de 9 l. este pozo está ubicado a uno 5 km de los pozos del sector 1.
- ❖ La captación se realiza empleando una bomba centrífuga vertical con motor eléctrico sumergible.
- ❖ La aducción en el sector se hace por medio de tuberías de 75 mm de diámetro, éstas tienen 200 m de longitud, en A.C.P.
- ❖ El Almacenamiento se efectúa en un estanque metálico, elevado en una torre de 9 m con capacidad para 60.000 l.
- ❖ La red de distribución cubre el 100% de la población. En este sector tampoco se aplica tratamiento al agua.
- ❖ Existen 47 tomas domiciliarias en el sector y ninguna posee medidor.

Y finalmente el Sector III, con las siguientes especificaciones:

- ❖ En este sector la fuente también es subterránea, existe un pozo profundo de 36,7 m de profundidad, caudal de 15 l, a 2 km aproximadamente de los pozos del sector 1, al otro lado del río Pagüey.

- ❖ La captación se lleva a cabo mediante una bomba centrífuga vertical de motor eléctrico sumergible.
- ❖ La aducción es posible, gracias al uso de tuberías de 75 mm de diámetro, 50 m de longitud, en P.V.C.
- ❖ El almacenamiento lo hace un estanque metálico elevado en una torre a 11m con capacidad para 50.000 l.
- ❖ La red de distribución abarca el 95 % de la población. En este sector el agua tampoco es tratada.
- ❖ Se encuentra cerca de 87 tomas domiciliarias, sin medidores en todo el sector.
- ❖ **Subsistema de agua potable Santa Inés**

Esta población cuenta con un sistema de acueducto con cobertura del 83%, la calidad del servicio es de 24 horas durante el verano e irregular durante el invierno, debido a las constantes fallas eléctricas (INPROCONSULT e HIDROVEN, 1999e).

La dotación considerada para el servicio es de 250 l/hab/día, ello se debe a problemas que ha presentado el acueducto, como falta de almacenamiento, la red de tuberías A.C.P. ya cumplió su vida útil y la mala calidad del agua por falta de mantenimiento.

Éste es un sistema de pozos perforados – estanque elevado. Consta de tres pozos, pero sólo existe información de los 2 y 3, cuenta con la siguiente infraestructura (Ver Apéndice B.3):

- ❖ La fuente es subterránea, consta de dos pozos operativos. Estos pozos operativos tienen una profundidad de 26,05 m y 60 m; caudal de 3,60 l/s y 11,86 l/s, respectivamente.
- ❖ La captación se efectúa por medio de una bomba centrífuga con motor eléctrico de eje horizontal (pozo 2) y una bomba centrífuga con motor eléctrico sumergible (pozo 3).
- ❖ La aducción se sirve de tuberías A.C.P. de 75 mm de diámetro y P.V.C. de 50 mm de diámetro. Ambas tuberías suman 705 m aproximadamente.
- ❖ Sólo el agua del pozo dos (2) es tratada con cloro – gas.
- ❖ Existe un estanque metálico elevado sobre una torre a 12 m de altura, cuya capacidad es de 100.000 l.
- ❖ La red de distribución es de Asbesto Cemento a Presión. Existen 171 tomas domiciliarias, sin medidores. 30 tomas tienen tuberías P.E.A.D. de 1/2” de diámetro.

❖ **Subsistema de agua potable El Real**

Según INPROCONSULT e HIDROVEN, (1999f), el sistema acueducto está conformado por dos pozos profundos – estanque elevado, cuenta con la siguiente infraestructura (Ver Apéndice B.4):

- ❖ La fuente es subterránea, conformada por tres pozos profundos de los cuales sólo funcionan dos (el uno y el tres). El uno tiene 25 m de profundidad, caudal de 4,8 l/s y está productivo con 3 l/s. el tercero tiene 60 m de profundidad, caudal de 11 l/s y está productivo con el mismo caudal.
- ❖ La captación se realiza mediante equipo de bombeo y estación correspondiente, compuesta por una bomba tipo turbina, con motor eléctrico horizontal (en el pozo 1).
- ❖ Equipo de bombeo y estación correspondiente con bomba centrífuga vertical, de pozo profundo con motor sumergible (pozo 3).
- ❖ La aducción se hace por medio de tuberías H.G. de 60 mm de diámetro y P.V.C. de 100 mm. Ambas tuberías alcanzan una longitud total de 280 m.
- ❖ Un estanque metálico elevado sobre una torre a 11m de altura almacena 60.000 l. Esta agua es tratada de forma manual con hipoclorito de calcio granulado directamente en el estanque.
- ❖ La red de distribución cubre el 80% de la población. Existen 88 tomas domiciliarias, sin medidores.
- ❖ **Subsistema de agua potable La Luz**

Este sistema de abastecimiento ocupa unos 100 ha. En ella la dotación de agua varía entre 150 y 200 l/hab/día. El suministro de agua potable es irregular, el sistema no cubre el 100% y los usuarios lo han descritos como deficiente (INPROCONSULT e HIDROVEN, 1999g).

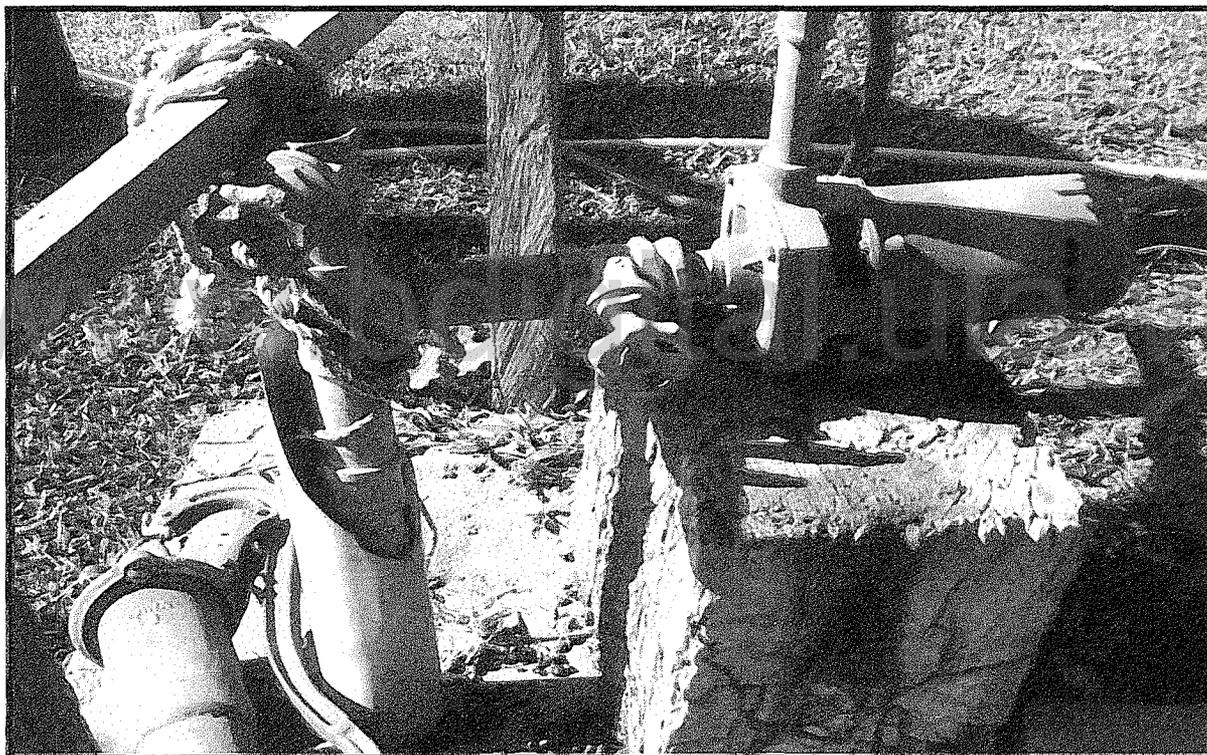
El servicio dura poco más de 12 horas diarias, ya que el encendido de las bombas no es continuo, presenta fugas en las conexiones inferiores de las tuberías del estanque de almacenamiento y en las tuberías de aducción.

Existe un acueducto de tipo pozo profundo – estanque elevado, compuesto por 2 pozos y un solo estanque, cuenta con la siguiente infraestructura (Ver Apéndice B.5):

- ❖ La fuentes es subterránea, comprendida por dos pozos profundos, uno con 29,90 m y el otro con 32,35 m: caudales de 14, l/s y 3,5 l/s respectivamente.
- ❖ La captación la realizan dos bombas centrífugas verticales, con motor eléctrico sumergible.
- ❖ La aducción es por medio de tuberías A.C.P. y P.V.C. ambas de 75 mm y 455 m de longitud. Estas llegan al mismo estanque de almacenamiento.

- ❖ El almacenamiento se realiza en un estanque metálico elevado sobre una torre a 9,15 m para capacidad de 80.000 l.
- ❖ Esta agua es tratada con 170 g de hipoclorito de calcio granulado por cada 100.000 l. Éste es un procedimiento manual y se lleva a cabo directamente en el estanque, en el primer llenado.
- ❖ La red de distribución cubre el 60% de la población. Existen 350 toma domiciliare sin medidores.

Cabe destacar que además de estos subsistemas de agua potable de origen subterráneo, existen pozos artesanales de los cuales no se tienen datos precisos de cuál sea caudal manejado en los mismos. (Ver Figura 2.26).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.25. Extracción de agua mediante pozos artesanales, cuenca baja del río Santo Domingo.

2.6.4.4 Aguas Servidas

Según INE (2001), las parroquias del área de estudio que poseen mayor cantidad de instalaciones sanitarias conectadas a las cloacas integran el área urbana del Municipio Barinas, ellos instauraron cinco (05) categorías de clasificación de las condiciones sanitarias de las viviendas ocupadas en el área de estudio. Donde el 90,06 % de las viviendas ocupadas tienen las unidades necesarias para hacer un buen manejo de las aguas residuales residenciales, tanto en las zonas urbanas como en las rurales y el 9,64 % no posee tales facultades.

Las viviendas ocupadas con mayor cantidad de pocetas instaladas a un pozo séptico, hoyo o letrina están ubicadas en las parroquias de las zonas rurales del área de estudio, éstas son Manuel Palacio Fajardo, Alfredo Arvelo Larriva, Dominga Ortiz de Páez, Santa Inés, San Silvestre, Torunos, El Real, Santa Lucía, La Luz y José Félix Rivas (Ver Cuadro 2.18). En el área urbana, la parroquia con más viviendas ocupadas conectadas a un pozo séptico, hoyo o letrina es Ramón Ignacio Méndez.

De modo que del 90,06 % de viviendas con instalaciones conectadas a un sistema de manejo de aguas residuales, el 83,13 % está conectado a un sistema de cloacas, el 14,50 % a un pozo séptico y el 2,37% a un sistema de manejo local, ya sea hoyo o letrina.

www.bdigital.ula.ve

Cuadro 2.18. Instalaciones de piezas sanitarias en el área de estudio.

Parroquia	Instalaciones de piezas sanitarias					
	Viviendas ocupadas	Poceta conectada a cloaca	Poceta conectada a pozo séptico	Poceta sin conexión a cloaca o a pozo séptico	Excusado de hoyo o letrina	No tiene poceta o excusado
Barinas (Capital)	2034	1877	100	4	8	9
San Silvestre	943	338	365	9	45	181
Santa Inés	629	25	312	8	11	266
Santa Lucía	1024	12	410	26	70	502
Terunos	910	82	592	18	53	162
El Carmen	9523	9000	122	91	62	84
Rómulo Betancourt	8908	7744	563	30	161	323
Corazón de Jesús	10604	9755	337	30	135	217
Ramón Ignacio Méndez	16598	14395	528	106	521	1001
Alto Barinas	5827	5508	259	6	4	28
El Real	378	4	194	11	25	141
La Luz	1193	188	349	14	35	605

Fuente: CIDIAT (2012), basado en Nomenclador de centros poblados INE, (2001)

2.6.4.5 Demanda de recursos hídricos

❖ Demandas poblacionales.

Debido a la dinámica poblacional observada en el apartado anterior del presente trabajo, se puede notar que la tendencia es hacia el aumento de la población en los municipios Barinas y Obispos, donde la tendencia es hacia la disminución de la población en las zonas rurales, debido a una migración hacia centros poblados con mayor desarrollo económico, como es el caso de la ciudad de Barinas.

Este crecimiento poblacional se puede traducir en un aumento en las demandas de recursos hídricos, pues el agua es un bien vital para el sostenimiento de la vida y el desarrollo de los principales rubros que desarrolla el hombre en un sitio específico.

CIDIAT (2012), en su estudio de disponibilidad de recursos hídricos para el COMINSI (Complejo Industria Batalla de Santa Inés), realizado en el año 2012, realizó proyecciones de las demandas de agua tanto en centros poblados menores a 2.500 habitantes, que representan a los centros poblados rurales dentro de los municipios Barinas y Obispos; y en centros poblados mayores a 2.500 habitantes, es decir, centros poblados urbanos. En el Cuadro 2.19, se muestran las proyecciones de demanda en l/s de centros poblados menores a 2.500 habitantes.

Cuadro 2.19. Demanda de agua proyectada (l/s) para centros poblados < 2.500 hab. (2012 – 2036).

Año	Barinas	Obispos
	l/s	
2012	44,1	10,2
2017	48,4	12
2022	52,8	13,8
2027	57,2	15,6
2032	61,5	17,3
2036	65,0	18,8

Fuente: CIDIAT, (2012)

En el Cuadro 2.20, se muestran las proyecciones de demandas en centros poblados mayores a 2.500 habitantes, donde se puede observar la marcada tendencia al aumento de la demanda, sobre todo en la ciudad capital pasando de 1.450,4 l/s en el año 2012 con 93% del total de demandas a 2.227,5 l/s en el año 2036 cubriendo un 97% del total demandado.

Asimismo, ocurre en los centros poblados de Torunos, San Silvestre, Santa Inés y Santa Lucía, los cuales pasaron de 24,8l/s; 27,3 l/s; 7,1l/s y 12,2 l/s en el año 2012 y ubicándose en el año 2036 en 61,6 l/s; 70,1 l/s; 36,6 l/s y 21,0 l/s respectivamente.

En el centro poblado de Guasimito del municipio Obispos, la demanda aumenta de 36,2 l/s en el año 2012 a 63,7 l/s en el año 2036.

Cabe destacar otras demandas que existen en el área, que corresponden al futuro Complejo Industrial Batalla de Santa Inés, que según PDVSA citado por CIDIAT (2012), tendrá una demanda de aproximadamente 250 lps.

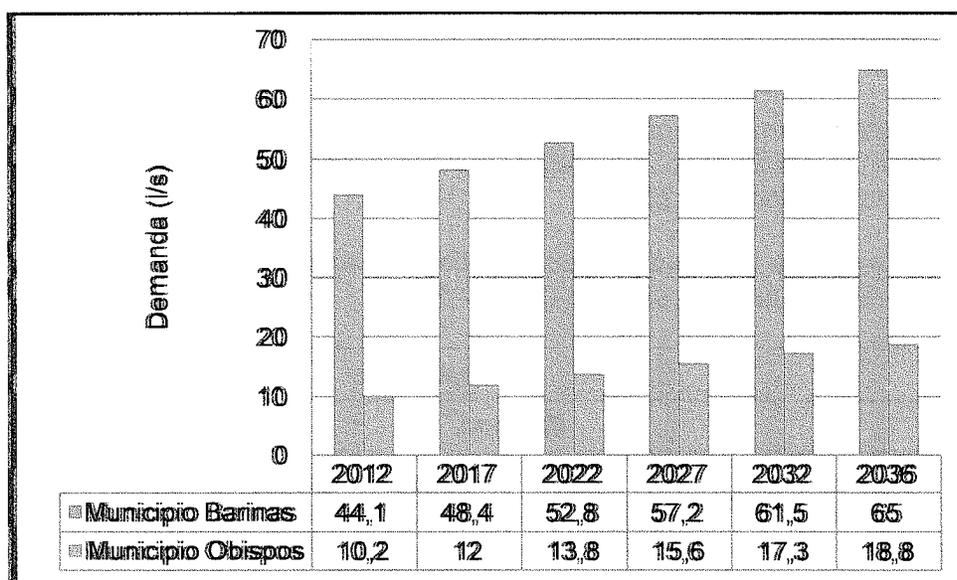
Cuadro 2.20. Demanda de agua proyectada (l/s) de centros poblados > 2.500 hab. por municipio, dentro del área de estudio (2012 – 2036).

Año	Municipio						
	Barinas						Obispos
	Ciudad Capital	Torunos	San Silvestre	Santa Inés	Santa Lucía	Total	Guasimitos
	Demanda (l/s)						
2012	1,450.4	24.8	27.3	7.1	12.2	1,521.8	36.2
2017	1,612.3	31.2	34.7	11.3	14.0	1,703.5	41.9
2022	1,774.2	39.1	43.9	17.8	15.9	1,890.9	47.6
2027	1,936.1	47.1	53.2	24.5	17.7	2,078.6	53.4
2032	2,098.0	55.2	62.6	31.2	19.5	2,266.5	59.1
2036	2,227.5	61.6	70.1	36.6	21.0	2,416.8	63.7

Fuente: CIDIAT, (2012)

A continuación se presenta de forma gráfica en la Figura 2.27, la fluctuación de las demandas en ambos municipios desde el año 2012 al 2036, se puede observar que aunque en menor proporción, la tendencia es hacia un incremento de las demandas poblacionales en esta parte rural de los mismos, especialmente en Barinas, ya que parte de la expansión urbana de ésta ciudad es hacia esas zonas rurales, debido al éxodo de pobladores de las partes bajas de la cuenca, en las cuales muchos son de bajos recurso y las opciones más económicas de vivienda se ubican en estas zonas de la capital de Barinas.

También se puede observar cómo la demanda de agua en Barinas tiende a aumentar, ubicándose de 44,1 l/s para el año 2012, a 65 l/s para el año 2036. Sólo en las zonas rurales del municipio Barinas y en el municipio Obispos aumenta de 10,2 l/s en el año 2012 a 18,8 l/s en el año 2036. Cabe destacar, que el incremento en Barinas es de 3,5 a 4,3 l/s cada 5 años; en Obispos es de aproximadamente 1,8 l/s cada 5 años.



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de CIDIAT (2012)

Figura 2.26. Comparación de demandas (l/s) para centros poblados < 2.500 habitantes por municipio para los años 2012 y 2036.

❖ Demandas del Sistema de riego Santo Domingo

El sistema de riego Santo Domingo, posee un área total de 1.801,4 ha, de las cuales 1.749,4 ha comprenden el área productiva, en los Cuadro 2.20 y 2.21, se presentan las demandas bruta de riego mensual en un período histórico que va desde 1970 – 1995 y un periodo (proyectado) desde 2012 – 2036, para el área de planicie de la cuenca del río Santo Domingo.

En el Cuadro 2.21, se puede observar que las mayores demandas del período (1970 – 1995), se presentan en los meses de Enero a Abril, cuyo valor máximo corresponde al mes de Marzo con un valor de 286,68 mm/mes, estos meses conforman el período de sequía en el área de estudio, por lo que durante ese lapso de tiempo se hace necesario regar los cultivos a fin de mantener los rendimientos productivos de los cultivos, mientras que los menores valores de demanda se observan hacia los meses de mayo hasta agosto, con el valor mínimo de demanda en el mes de julio con un valor de 1,83 mm/mes, período en el cual se presentan las lluvias.

Mientras tanto en el Cuadro 2.22, se muestran las demandas del período proyectado (2012 – 2036), se observa un aumento en cuanto a la demanda del agua en los meses de sequía (enero – abril), con un máximo en el mes de marzo de 264,79mm/mes y una baja a cero (0,00 mm/mes) en el mes de julio, en el cual no será necesario aplicar riego a los cultivos, lo que supone altas precipitaciones durante el período de lluvia.

Cuadro 2.21. Demanda bruta de riego (mm/mes) para la cuenca media – baja del río Santo Domingo (1970 – 1995).

Año/ Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	mm/mes											
1970	183.00	193.20	270.90	115.40	6.80	0.00	0.00	0.00	4.60	0.00	108.90	33.40
1971	167.70	180.70	268.20	99.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.20	138.60
1972	89.00	219.20	27.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	107.10	103.40
1973	237.30	303.70	302.30	161.40	98.50	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00	36.10	193.70
1974	257.60	225.20	305.20	175.00	11.60	30.20	0.00	0.00	0.00	8.70	29.10	226.50
1975	358.20	358.20	322.30	237.30	0.00	27.70	0.00	63.80	82.70	0.00	134.70	216.40
1976	196.50	236.10	198.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.00	118.50	156.20
1977	349.90	367.90	291.10	259.20	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00	70.70	117.40	284.80
1978	337.60	354.90	307.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80	32.70	192.50
1979	341.40	373.40	158.40	26.10	0.00	0.00	0.00	44.50	6.00	0.00	0.00	48.20
1980	294.80	332.90	421.60	63.50	0.00	0.00	0.00	56.60	0.00	0.00	167.20	236.70
1981	325.00	177.10	232.40	0.00	0.00	0.00	47.60	0.00	0.00	16.50	35.30	184.90
1982	293.00	228.70	321.80	0.00	0.00	0.00	0.00	21.10	0.00	42.00	61.30	116.90
1983	275.70	339.80	357.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.80	0.00	157.20	153.20
1984	238.90	270.10	416.80	307.70	133.10	0.00	0.00	0.00	0.00	87.60	14.00	226.40
1985	314.60	380.70	347.30	193.70	0.00	0.00	0.00	0.00	78.60	0.20	83.50	219.10
1986	303.70	295.30	383.30	67.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	99.60	225.60
1987	283.60	307.80	242.60	154.70	0.00	37.00	0.00	0.00	48.50	0.00	68.10	238.80
1988	327.60	279.30	429.60	256.20	89.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.90	209.30
1989	244.10	156.40	327.00	306.60	0.00	0.00	0.00	37.70	0.00	0.00	131.10	157.90
1990	249.70	263.50	156.40	93.30	0.00	0.00	0.00	0.00	28.90	0.00	0.00	197.30
1991	315.20	322.00	199.20	63.00	78.10	0.00	0.00	11.00	0.00	0.00	69.40	236.40
1992	215.70	202.40	257.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.90	84.10	299.20
1993	258.40	298.90	220.60	28.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.90	15.20	238.30
1994	316.20	293.70	274.10	75.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.40	183.60
1995	360.90	443.20	414.30	159.10	21.20	0.00	0.00	0.00	742.60	69.90	189.80	218.40
Prom. Mens.	274.43	284.78	286.68	109.37	16.88	3.65	1.83	9.13	43.26	18.39	77.65	189.83

Fuente: CIDIAT, 2012

Cuadro 2.22. Demanda bruta de riego (mm/mes) para la cuenca media – baja del río Santo Domingo (2012 - 2036).

Año/Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Mm/mes											
2012	270.3	158.4	200.9	0	0	0	0	0	31.2	0	118.4	115.7
2013	170	278.5	282.7	0	174.2	0	0	0	0	0	0	149
2014	260.2	310.6	386.2	258.1	151.3	74.5	0	0	28.8	156.6	22.4	163.4
2015	220.8	212.6	209.1	0	0	0	0	0	98.2	81.9	50.5	172.7
2016	284	288.5	291.6	222.7	0	0	0	0	164	0	20.4	176.9
2017	272.6	300.3	269.9	76.9	0	0	0	62.4	0	0	0	139.9
2018	248.5	188.2	299	0	0	0	0	0	0	0	0	183.1
2019	171.9	268.6	342.9	0	0	0	0	0	0	0	0	119.5
2020	176.9	275.2	300.7	0	0	0	0	0	0	46.1	18.6	63.9
2021	50	138	33.3	0	0	0	0	175.1	75.7	0	0	166.4
2022	249.4	296.3	353	6.8	0	0	0	58.2	201.2	126.2	91.7	232
2023	303.5	294.5	112.6	0	0	0	0	0	0	0	194.5	219.9
2024	295.5	306	327.5	338.9	0	0	0	0	224.8	0	131	201
2025	288.7	222.9	247.5	146.1	0	0	0	0	0	0	0	184
2026	270.4	294.5	385.4	352.9	0	0	0	0	0	198	0	195.7
2027	289.4	299.5	343.8	317.3	267.4	186.1	0	0	0	135.9	192.2	163.1
2028	277.4	92.6	31.6	7.2	0	150.1	0	126.5	0	9.2	0	199.3
2029	276.5	293	322.4	229.9	0	0	0	96.7	0	0	0	95.5
2030	157.3	99.2	127	274.9	0	0	0	0	76.5	130.3	0	155
2031	268.8	216.2	193.7	203.3	0	0	0	0	132.7	237.1	88.2	263.9
2032	290.8	169.3	257.5	0	0	0	0	54.7	0	0	0	61.1
2033	250.6	254.2	250.2	0	0	0	0	0	113.8	0	103.5	207.9
2034	301.2	315.5	373.7	215.5	0	0	0	73.4	0	228.5	8	243.5
2035	297.4	308.2	359.6	335.4	409.3	198.7	0	26.5	44.8	279	315.1	286.9
2036	329.4	266.6	317.9	358.5	50	0	0	68.7	0	0	120.2	211.9
Prom. Mens.	250.86	245.90	264.79	133.78	42.09	24.38	0.00	29.69	47.67	65.15	58.99	174.85

Fuente: CIDIAT, (2012)

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

La investigación se orientó a determinar el potencial que tiene la Cuenta de Agua como herramienta de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), tomando como caso de aplicación la Cuenca media-baja del río Santo Domingo del estado Barinas. Por esta razón, se tomaron en cuenta todos los aspectos involucrados en el área de estudio: físico-naturales, socio-culturales y económicos.

Al partir de la premisa que la Cuenta de Agua, denominada también Cuenta Integrada de Recursos Hídricos (CIRH), es definida como “un marco analítico que describe detalladamente las interrelaciones entre el agua y la economía. Para tal fin, la CIRH ordena, sistematiza e integra información hidrológica, vinculándola a información económica” (IARNA, 2009), se tiene que, por la naturaleza de las variables a medir, fue una investigación mixta, pues es tanto cuantitativa como cuantitativa.

Tomando en cuenta que la investigación de tipo cuantitativa se sugiere principalmente cuando se está en presencia de estudios de tipo social, se tiene que en esta investigación se consideró en gran parte este aspecto, pues los estudios de tipo social permiten manejar un volumen significativo de las variables consideradas en la determinación de la cuenta de agua, lo que se hace posible gracias a la utilización de fuentes de legitimación primarias y secundarias, como la revisión de los datos estadísticos de población del área de estudio y su situación socioeconómica.

Al mismo tiempo, esta investigación puede enmarcarse dentro del ámbito cuantitativo, pues la determinación de la cuenta de agua se basa en la premisa de que se disponen de datos sólidos y repetibles, lo que permitió que el sistema propuesto llegue a ser generalizable, además de que utiliza ciencias puras, como las matemáticas y la estadística.

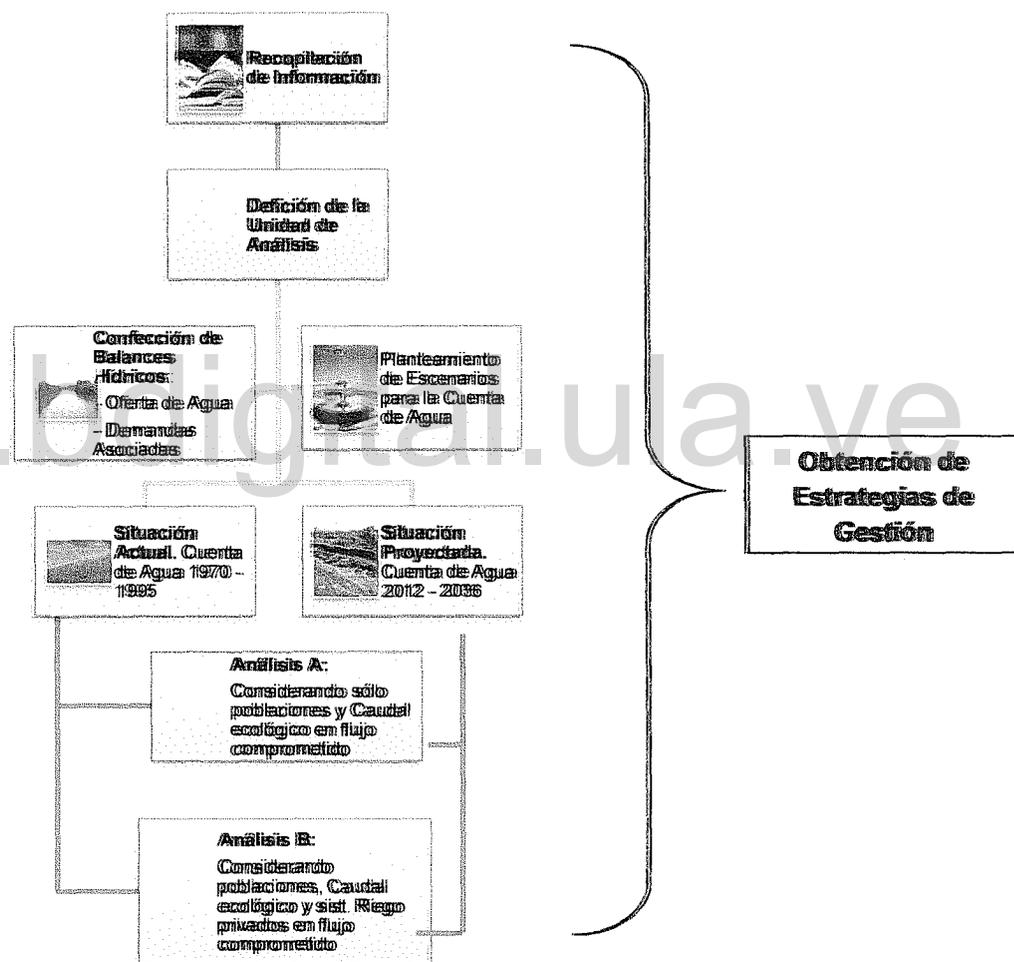
Por otro lado, en virtud de que esta investigación no se lleva a cabo en laboratorio (estudios experimentales) sino básicamente es una investigación de campo, es un estudio no experimental. (UPEL, 2006)

3.2. Procedimiento Metodológico

3.2.1. Estimación de la Cuenta de Agua

Tal y como se ha señalado anteriormente, para la construcción de la Cuenta Física del Agua de la cuenca media-baja del río Santo Domingo del estado Barinas, se siguió la metodología System Wide Initiative for Water Management (SWIM), llamada “*Cuentas para uso del agua y productividad*”, propuesta por Molden (1997), basada en la determinación de los balances hídricos.

La siguiente figura ilustra el procedimiento seguido para dicha construcción:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1 Esquema del procedimiento Metodológico para la Estimación de la Cuenta Física del Agua Actual y Futura del Área de Estudio

3.2.1.1. Recopilación de información bibliográfica

La revisión bibliográfica fue la etapa inicial obligada, pues a través de ésta, se realizó la recolección y selección de la información, análisis crítico e interpretación de los datos existentes referentes al problema de investigación, y al caso de estudio en sí mismo.

Por tanto, se realizó la revisión de la documentación referente a datos históricos de gestión de los recursos hídricos y las cuentas ambientales en Latinoamérica y Venezuela, bases conceptuales y metodológicas de la planificación de la gestión, políticas públicas nacionales y regionales referentes al tema hídrico, y, específicamente, información sobre el caso de estudio, la cuenca media-baja del río Santo Domingo en el estado Barinas, entre otros elementos que contribuyeron a la concepción del marco referencial más adecuado para esta investigación.

Es decir, esta primera fase estuvo relacionada directamente con el primero de los objetivos específicos propuestos en esta Investigación.

3.2.1.2. Definición de Unidades de Análisis.

Para la definición de la unidad de análisis de la cuenta de agua tanto actual como futura, mediante el uso del programa ArcGis 10, primero se delimitó la cuenca media – baja del río Santo Domingo con la ayuda de imágenes satelitales del programa Google Earth e información cartográfica a escala 1:100.000 de la empresa Proyectos y Construcciones Luvisan, C.A del año 2013; y luego se dividió en dos partes,

Unidad A: que comprende el área desde la troncal N° 5 en el punto ubicado donde se encuentra la planta de tratamiento de agua potable de Barinas, hasta la comunidad de Punta Gorda a la altura del Sistema de Riego Santo Domingo.

La Unidad A, es en esencia, el área central de análisis del presente trabajo debido a los siguientes criterios:

- ❖ Mayor parte de la población del estado Barinas se encuentra asentada en ésta área.
- ❖ Representa una de las zonas más importantes en desarrollo comercial, agrícola e industrial de la cuenca.
- ❖ No existe una adecuada distribución de los recursos hídricos dentro de la cuenca.
- ❖ Se ubican las mayores extracciones de recursos hídricos tanto superficial como subterránea para fines doméstico, agrícola, comercial e industrial.
- ❖ Sistemas de Abastecimiento en condiciones regulares o deficientes.
- ❖ Se encuentra emplazada sobre parte del acuífero de Barinas.
- ❖ Se encuentra emplazado el Sistema de Riego Santo Domingo.

Unidad B: que comprende el área desde el punto de cierre de la primera parte (Punta Gorda) hasta la desembocadura con el río Pagüey.

3.2.1.3. Confección de Balances Hídricos

El balance hídrico en una cuenca está compuesto básicamente por la oferta de agua y las demandas asociadas a la cuenca de estudio y que están relacionadas directamente a los flujos de agua que conforman la cuenta de agua, tal como se muestra en la Figura 3.2 a continuación:

Oferta Superficial	Flujo Bruto Entrante
Oferta Superficial +/- Oferta Subterránea	Flujo Neto Entrante
Demanda de centros poblados aguas arriba del punto de cierre + Demanda del Sist. Riego Santo Domingo	Flujo Agotado en procesos
Evapotranspiración	Flujo Agotado en No procesos
Flujo Agotado en procesos + Flujo Agotado en No procesos	Flujo Agotado Benéfico
Evaporación (10% Flujo Agotado Benéfico)	Flujo Agotado No Benéfico
Flujo Agotado Benéfico + Flujo Agotado No Benéfico	Flujo Agotado
Demandas de Centros Poblados Aguas abajo del Punto de Cierre + Demanda de Otros Sist. Riego + Caudal Ecológico	Flujo Saliente Comprometido
Flujo Neto Entrante - Flujo Agotado - Flujo Saliente Comprometido	Flujo Saliente No Comprometido

Fuente: Elaboración propia, basado en Molden (2007)

Figura 3.2. Estructura y fórmulas de la cuenta de agua

La oferta de agua está comprendida por la oferta superficial (Flujo Bruto Entrante) y subterránea y que en conjunto conforman el Flujo Neto Entrante en el sistema, para el cálculo de estos flujos, se utilizaron los datos de caudal en m³/s de la cuenca del río Santo Domingo del período 1970 – 1995 (Ver Apéndice C1) y los datos del Flujo Subterráneo Efluente en Hm³/mes para la planicie de la cuenca del río Santo Domingo del período 1970 – 1995 (Ver Apéndice 3.2)

❖ **Curva de Duración de Caudales de Fuente de agua superficial (Flujo Bruto Entrante)**

Debido a que el tipo de captación del agua en el área de estudio es de tipo: “Toma Directa”, el análisis de oferta debe ser mediante la determinación de las curvas de duración de caudales, así pues, con los datos de caudal en m³/s a nivel mensual para el período 1970 – 1995, se determinaron las curvas de duración de caudales a diferentes probabilidades, mediante el uso del software para cálculos hidrológicos llamado **HidroEsta**, para así facilitar el cálculo de las mismas.

En el software se creó un archivo para la curva de duración de caudales del período 1970 – 1995 llamado: *Oferta sup. 1970 – 1995 (Ver Anexo I)*. Una vez creado, se abrió el mismo y se ingresaron los datos de caudal en m³/s de cada mes (desde Enero a Diciembre) de los veinte y cinco (25) años que conforman el período, obteniéndose así una tabla de resultados donde aparecen siete (07) columnas referidas a: mes y los caudales a distintas probabilidades que calcula el programa por defecto (70%, 80% y 95%) y doce (12) filas que conforman cada mes (de Enero a Diciembre). Para efectos de cálculo se tomará la curva intermedia, es decir, la curva de duración de caudal al 80% de probabilidad, ya que se admite un 20% de falla en el riego. En el cuadro 3.1, se puede ver un ejemplo de la conformación de los resultados provenientes del software HidroEsta.

Cuadro 3.1. Modelo de tabla de resultados de Curva de Duración de Caudales de Superficial

Mes	Caudal (m ³ /s)					
	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Ene						
Feb						
Mar						
Abr						
May						
Jun						
Jul						
Ago						
.....						
Dic						

Fuente: elaboración propia, basado en el software hidrológico HidroEsta.

❖ **Curva de Duración de Caudales de Fuente de Agua Subterránea (Flujo subterráneo Efluente)**

Se utilizaron los datos de caudal en Hm^3/mes del período 1970 – 1995 (Ver Apéndice C2) y se creó en HidroEsta un (01) archivo para la oferta de agua subterránea período 1970 – 1995 (Ver Anexo II), con los cuales se determinaron las curvas de duración de caudales a diferentes probabilidades mediante el uso del programa HidroEsta, de la misma forma que en el procedimiento anterior y se obtuvo una tabla de resultados con los caudales para las distintas probabilidades (70%; 80% y 95%), tal como se mostró anteriormente en el ejemplo del Cuadro 3.2. Para efectos de cálculo se tomará la curva intermedia, es decir, la curva de duración de caudal al 80% de probabilidad, ya que se admite un 20% de falla en el riego.

Cuadro 3.2. Modelo de tabla de resultados de Curva de Duración de Caudales de Oferta Subterránea.

Mes	Caudal (m^3/s)					
	70%	75%	80%	85%	90%	95%
Ene						
Feb						
Mar						
Abr						
May						
Jun						
Jul						
Ago						
Sep						
Oct						
Nov						
Dic						

Fuente: elaboración propia, basado en el software hidrológico HidroEsta

❖ **Demandas asociadas**

Las demandas presentes en el área de estudio, comprenden básicamente las poblaciones, los sistemas de riego públicos y privados y la evapotranspiración de la vegetación así como la evaporación. Sin embargo, cada una de ellas se determinó de diferentes maneras:

❖ Demandas de poblaciones

Los centros poblados presentes en el área se dividieron según la unidad de análisis a la cual corresponde, bien sea la Unidad de Análisis A (aguas arriba del punto de cierre) o la Unidad B (aguas abajo del punto de cierre). Los centros poblados presentes en la Unidad A son Barinas (Municipio Barinas) y Guasimitos (Municipio Obispos) y los centros poblados presentes en la Unidad B son Torunos, Santa Inés y Santa Lucía, todos pertenecientes al Municipio Barinas.

Se tomaron los datos de demandas de poblaciones en l/s de los centros poblados mayores a 2500 habitantes para el período 2012 - 2036, que determinó CIDIAT (2012) en el estudio de "Disponibilidad y Demanda de Recursos Hídricos para el COMINSI; y que funcionan perfectamente para éste estudio.

CIDIAT, las calculó considerando distintas categorías de demandas para los centros poblados entre las que se mencionan: Residencial, Institucional, Comercio y servicios, Industrias Urbanas y cada una de ellas le asignaron valores de dotación en función de las características de la población y por ende del consumo, igualmente consideraron un porcentaje de pérdidas en el sistema de captación del 40%.

Ahora bien, como estas demandas fueron proyectadas para el período 2012 – 2036, se asume que la demanda actual corresponde a la demanda del año 2012, ya que la misma incluye la demanda proveniente del último censo poblacional que fue realizado en el año 2011, ésta demanda (año 2012), fue dividida entre doce (12), para obtener una demanda mensual, la cual se supone es contante en todo el año y es la demanda que se consideró para efectos de cálculo de la cuenta de agua para el período 1970 – 1995.

Para el período 2012 – 2036, se dividió la demanda anual de cada año del período entre doce (12), para así obtener la demanda mensual que corresponde a cada año y se calculó el promedio mensual de la demanda del período completo, obteniendo un valor de demanda determinado en l/s. Tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 3.3 que se muestra a continuación:

Cuadro 3.3. Modelo de tabla para la determinación demanda poblacional en l/s

CENTRO POBLADO										
Año	Poblaciones antes del Punto de Cierre				Poblaciones aguas abajo del punto de cierre					
	Barinas		Guasimitos		Torunos		Santa Inés		Santa Lucía	
	Demanda (l/s)									
	ANUAL	MESESUAL	ANUAL	MESESUAL	ANUAL	MESESUAL	ANUAL	MESESUAL	ANUAL	MESESUAL
Prom. Mensual										

Fuente: elaboración propia basado en CIDIAT, 2012

❖ **Demanda de Sistema de Riego Santo Domingo (público)**

El sistema de riego Santo Domingo, se ubica básicamente en la **Unidad de Análisis A**. Para el cálculo de la demanda de riego para el sistema de riego Santo Domingo, se consideró un período actual basado en el histórico de datos (1970 – 1995) de demanda bruta de riego en mm/mes.m² y un período proyectado 2012 – 2036 en mm/mes.m², ambos determinados por CIDIAT (2012) y a partir de los cuales se partió para determinar las demandas en éste sistema de riego.

❖ **Período Actual (1970 – 1995).**

Primero se calculó el promedio mensual de la demanda bruta de riego para el período 1970 – 1995, como un (01) mm/mes.m² equivale a un (01) l/mes.m², se hizo la conversión de las unidades de la demanda bruta de riego de l/mes.m² a l/s.ha, y con estos datos mensuales de la demanda bruta de riego y la superficie productiva actual, se construyó una tabla tal como se muestra en el ejemplo del Cuadro 3.4, en la cual se hacen las transformaciones de las unidades llevando la demanda a l/s.ha y una vez obtenida la demanda en esa unidad se multiplica por la superficie en ha para obtener la demanda de riego en l/s.

Cuadro 3.4. Modelo de tabla para el cálculo de la demanda de riego mensual en l/s período (1970 – 1995)

Mes	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m2)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene				
feb				
mar				
abr				
may				
jun				
jul				
ago				
sep				
oct				
nov				
dic				

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Período proyectado (2012 – 2036)**

Se tornó un poco diferente el cálculo, puesto que se utilizaron los datos de incrementos de superficies de riego estipuladas por INDER y que se muestran en el capítulo II del presente estudio (Ver Cuadro 3.5), una vez definidas las superficies a incrementar, se tomó la mayor de estas superficies y a ella se le sumó la superficie actual de riego y con esta superficie se construyó una tabla parecida a la anterior pero para el período 2012 – 2036, tal como se muestra en la tabla a continuación:

Cuadro 3.5. Modelo de tabla para el cálculo de la demanda de riego mensual en l/s periodo (2012 – 2036)

Mes	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m2)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene				
feb				
mar				
abr				
may				
jun				
jul				
ago				
sep				
oct				
nov				
dic				

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Demanda de Sistemas de Riego Privados**

Las demandas de los sistemas de riego privado, se calcularon en función de las superficies estimadas en un mapa de uso de la tierra, elaborado con el uso del programa ArcGis 10.0, basado en información cartográfica del mapa de uso de tierras elaborado por CIDIAT a escala 1:100.000 en el año 2006, para el Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural para la ubicación de la Refinería Batalla de Santa Inés y mediante el uso de información cartográfica de la Línea Base Ambiental en el Bloque Barinas (Barinas Norte y Barinas Tradicional) a escala 1:100.000, elaborada por la Universidad Simón Bolívar (2010), así como imágenes de Google Earth (2013).

- ❖ Una vez elaborado el mapa de usos, se calcularon las áreas de cada uso y se eligieron aquellos usos que correspondían con el uso de riego y se clasificaron según a la Unidad de Análisis en la cual se ubicaban. (Unidad A o Unidad B).
- ❖ Para poder diferenciar ambas unidades dentro del área de estudio, se delimitó la Unidad A, con una línea de color Naranja y la Unidad B con una línea de color morado.

- ❖ Luego, se hizo una proyección del incremento de estas áreas de riego por Unidad de Análisis. Tomando como guía aproximada, las proyecciones de incremento de superficies establecidas en el Plan de la Patria (2do Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación) para el período 2013 – 2019. Sin embargo, en dicho plan no se establece claramente el porcentaje de superficie bajo riego que se incrementará, por lo que se consideró tomar como punto de partida el objetivo N° 1.4.1.1 que dicta lo siguiente: “Incrementar la superficie cultivada para vegetales de ciclo corto en al menos un 43%, pasando de 2,88MM de hectáreas a 4,12MM de hectáreas anuales al final del período, considerando el uso racional del recurso suelo y las tecnologías de casa de cultivo”.

A pesar de que dicho objetivo establece claramente que se trata del incremento de superficie con tecnología de casa de cultivo, se asumió tomar en consideración dicho porcentaje de incremento para tener una idea del porcentaje de superficies bajo riego, que se va a incrementar en el área de estudio, por lo que se estableció como un **supuesto**.

Entonces, bajo dicho supuesto se estableció que la superficie en el área de estudio seguirá el siguiente esquema de crecimiento:

- ❖ Se incrementará 43% al final del período, lo cual implica que el incremento será del 7,166% anual a partir del año 2013 hasta el año 2019, a partir del año 2019 no se incrementará las superficies de riego, permaneciendo constante hasta el final del período, es decir hasta el año 2036. Lo cual se verá reflejado en una tabla como la que a continuación se muestra:

Cuadro 3.6 Modelo de tabla para proyecciones de superficie de riego privados período (2012 – 2036).

AÑO	Rubro 1 (ha)		Rubro 2 (ha)		Rubro 3 (ha)		TOTAL SIST. PRIVADO (ha)
2012							
2013							

2019							

2036							

Fuente: Elaboración propia.

Las celdas en color marrón claro indican que a partir de ese año comienza el incremento porcentual del 7, 166% y las de color verde, indican que el incremento porcentual anual llega hasta ése año y de ahí en adelante permanece igual esa superficie resultante, hasta el final del período.

❖ **Demanda de Riego Privado Actual**

Para el cálculo de esta demanda se tomó como punto de partida la superficie actual de riego, calculada en el mapa realizado, luego se tomó la demanda bruta de riego para la planicie del río Santo Domingo, utilizada en el cálculo de la Demanda de Riego del Sistema de Riego Santo Domingo para el período 1970 – 1995 y mostrada en el capítulo II del presente estudio, haciéndose la conversión de unidades de l/mes.m² a l/s.ha.

Después, se procedió a multiplicar la demanda bruta de riego en l/s.ha (período 1970 – 1995) por la superficie calculada en ha, obteniéndose de esta manera la demanda de riego actual para los sistemas de riego de iniciativas privadas y mostradas en una tabla como la que se muestra en el ejemplo a continuación:

Cuadro 3.7 Modelo de tabla de resultados de demanda actual de riego para sist. de riego privados (1970 – 1995)

Mes	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie actual(ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene				
feb				
mar				
abr				
may				
jun				
jul				
ago				
sep				
oct				
nov				
dic				

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Demanda de Riego Privado Futura:**

En el cálculo de esta demanda se tomaron las áreas de riego proyectadas que se mencionaron anteriormente (Ver Cuadro 3.8) y se multiplicaron por la demanda bruta de riego calculada por CIDIAT (2012) para el período 2012 – 2036, convertida en l/s.ha, haciendo el mismo procedimiento que se hizo anteriormente, y resultando en una tabla de resultados como la siguiente:

Cuadro 3.8. Modelo de tabla de resultados demanda futura de riego privado

Mes	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene				
feb				
mar				
abr				
may				
jun				
jul				
ago				
sep				
oct				
nov				
dic				

Fuente: Elaboración propia

❖ **Demanda por Evapotranspiración**

- ❖ Para poder calcular la demanda de agua, por efectos de evapotranspiración de la vegetación, primero se seleccionaron del mapa de uso, aquellas superficies que correspondían a uso forestal y plantaciones sin riego y se dividieron respecto a la unidad de análisis en la cual se ubicaban.
- ❖ Una vez obtenida las superficies de bosques y plantaciones, se tomó la información de evapotranspiración (Eto) en mm/mes.m² de la estación Barinas – Aeropuerto para el período 1970 - 1995, presente en el documento de CIDIAT (2012) y se multiplicó ése valor de evapotranspiración por un valor de Kc para bosques tomado de Allen (2006) y cuyo valor es 0,6, de manera que se aplicó la siguiente ecuación para determinar la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (Etc):

$$\text{Etc} = \text{Eto} * \text{Kc} ; \text{ donde:}$$

Eto= Evapotranspiración del cultivo; Kc= Coeficiente del cultivo de Referencia (bosques)

- ❖ Luego de obtener el valor de la evapotranspiración del cultivo de referencia (Etc) en mm/mes.m², se calculó el promedio mensual de la Etc del período (1970 – 1995) y ése valor mensual se multiplicó por el área de uso forestal y plantaciones sin riego según la unidad de análisis correspondiente. Los resultados se mostraron en una tabla la siguiente:

Cuadro 3.9. Modelo de tabla de resultados demanda por Etc (l/s)

Mes	Etc (l/mes.m2)	etc (l/s.ha)	sup. (ha)	Demanda Etc (l/s)
Ene				
feb				
mar				
Abr				
May				
Jun				
Jul				
Ago				
Sep				
Oct				
Nov				
Dic				

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Evaporación**, esta variable fue muy difícil de determinar, puesto que no existen mediciones de la evaporación real del agua ubicada en charcos, techos de casas, carreteras, entre otros, por lo que en vista de la falta de información, se estableció el supuesto de que la Evaporación era el 10% del Flujo Agotado Benéfico. Siendo entonces:

$$Ev = \text{Flujo Agotado Benéfico} * 0,10$$

El resultado de este tipo de flujo, se verá reflejado en la cuenta de agua bien sea de la Unidad A o B según sea el caso.

- ❖ **Caudal Ecológico**, según World Wide Found (2010), es un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, que establece la calidad, cantidad y régimen del flujo de agua requerido para mantener los componentes, funciones, procesos y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos que proporcionan bienes y servicios a la sociedad.

La metodología que se utilizó para el cálculo del caudal ecológico, corresponde a la *metodología hidrológica*, la cual se basa registros históricos de caudal (mensuales o diarios) a partir de los cuales se obtiene un caudal mínimo y en función a ellos se establece un porcentaje fijo del caudal medio interanual el cual es constante a lo largo del año y cuyo valor porcentual es del 10%.

Esta metodología se aplica cuando se carece de información específica de los requerimientos biológicos de agua, de las especies presentes en dichos cuerpos de agua y dentro de las principales características de este método, se encuentran: su fácil aplicación, requerimiento de pocos datos, es económico, rápido y poco dispendiosos de aplicar. Su desventaja, consiste, en que no toma en cuenta los aspectos biológicos y geomorfológicos del cauce.

Basado en las premisas anteriores y para efectos del presente trabajo, se aplicó el criterio del 10% del caudal mensual, obtenido mediante el uso del programa HidroEsta a un 80% de probabilidad y cuyos resultados se muestran directamente en la tabla de la cuenta de agua según cada unidad de análisis y período de estudio.

3.2.2 Planteamiento de Escenarios

En el presente trabajo se plantearon dos (02) escenarios:

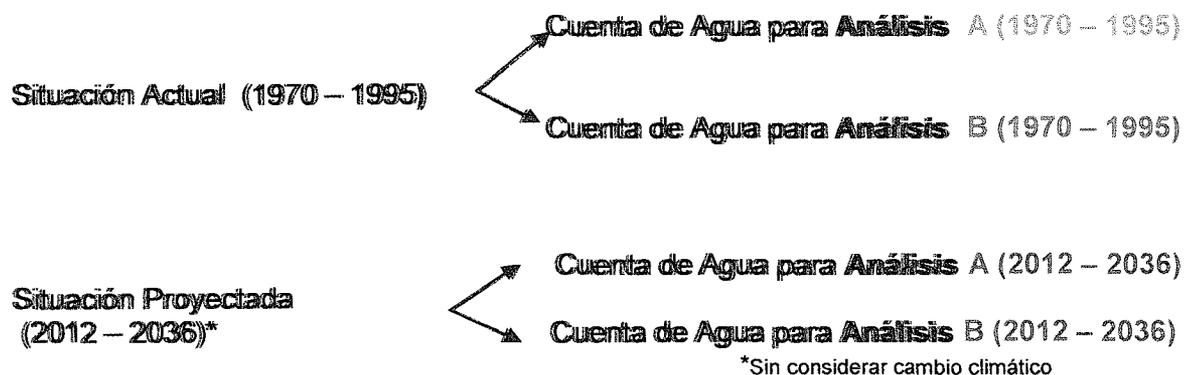
3.2.2.1 Situación Actual, que evalúa todos los flujos de la cuenta de agua para el período Histórico 1970 – 1995.

3.2.2.2 Situación Proyectada, para el período (2012 – 2036), donde se evalúan las condiciones de disponibilidad del recurso hídrico a futuro en un horizonte de tiempo de 26 años, en base a demandas proyectadas para tal período y con la oferta de agua actual (1970 – 1995), por lo que se asume *que no hay cambio climático*.

A su vez cada escenario, se subdividió en dos cuentas de agua compuestas en dos Análisis (Ver Figura 3.3):

- ❖ **Análisis A**, es la cuenta de agua donde se evalúan los flujos de agua en la Unidad de Análisis A, es decir, donde el Flujo Comprometido, sólo considera al Caudal Ecológico (Qeco) y las demandas de poblaciones presentes en la Unidad B. Evaluada en función del período histórico (1970 – 1995).
- ❖ **Análisis B**, es la cuenta de agua donde se evalúan los flujos en la Unidad de Análisis A, pero en el cual el Flujo Comprometido, considera no sólo las demandas poblacionales y Caudal Ecológico, sino además, las demandas de riego presentes en la Unidad B. Evaluada en función del período histórico (1970 – 1995).

En la Figura 3.3, se muestra el diagrama de flujo para el planteamiento de los escenarios actual y futuro para de desarrollo de esta investigación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3. Diagrama de flujo de planteamiento de escenarios para la cuenta de agua

3.2.3 Obtención de la Cuenta de Agua según Planteamientos.

Al final del procedimiento, se realiza una base de datos construida en una hoja de cálculo en el programa Excel 2010, en la cual se ingresaron los valores obtenidos en cada uno de los procedimientos anteriores, los cuales fueron clasificados según el flujo de agua al cual correspondían según el gráfico de la Figura 3.2 mostrada al inicio de la metodología.

Esta base de datos llamada "Cuenta de Agua", se realizó tanto para la "Situación Actual" como para la "Situación Proyectada", es decir, tanto para la "Situación Actual" (1970 - 1995) como la Situación Proyectada (2012- 2036), que a su vez se subdividen en Análisis A y análisis B . Y cuyo ejemplo se muestra en el siguiente Cuadro:

3.2.4 Selección y Análisis de Indicadores de la Cuenta de Agua.

Los indicadores seleccionados asociados a la cuenta de agua fueron:

3.2.4.1 Fracción de Agotamiento en Procesos, que da información sobre el porcentaje de agua agotada en procesos de determinados usos. Se expresó en función de flujo saliente no comprometido. Este indicador da idea del consumo de agua en determinados usos netamente antrópicos como agua potable, riego, entre otros., donde valores superiores al 100%, quieren decir que la demanda es superior a la oferta de agua y por lo tanto, se requiere realizar la búsqueda de nuevas fuentes de extracción bien sea dentro de la misma cuenca o de cuencas vecinas, si por el contrario el valor es negativo, significa que no hay disponibilidad de agua en el área de estudio. Su fórmula es la siguiente:

$$\text{Fracción de Agotamiento en Procesos} = \frac{\text{Flujo Agotado en Procesos}}{\text{Flujo Saliente No Comprometido}}$$

3.2.4.2 Fracción de Utilización Benéfica, relaciona el agua benéficamente usada con respecto al agua realmente disponible (flujo saliente no comprometido), su fórmula es la siguiente:

$$\text{Fracción de Utilización Benéfica} = \frac{\text{Flujo Agotado Benéfico}}{\text{Flujo Saliente No Comprometido}}$$

Este indicador, da información sobre el consumo de agua tanto en usos antrópicos como en usos ambientales de la Unidad A, por ejemplo: evapotranspiración de bosques (que cumplen una función ambiental), se evalúa en la Unidad A, porque ésa es el área de estudio netamente y cualquier cambio que se dé en esta zona puede llegar a perjudicar a los usuarios (antrópicos y ambiente) que se encuentran aguas debajo de ella (Unidad B), valores por encima del 100%, se relacionan con problemas derivados del exceso del consumo de agua y valores negativos, se relacionan con problemas derivados de la oferta de agua, que al ser insuficiente, hacen que los usuarios no tengan oportunidad de desarrollar ningún tipo de actividad tanto en la Unidad A como en la Unidad B, lo cual hace necesario, no sólo que se establezcan medidas relacionadas al manejo de la demanda, sino también al manejo de la oferta.

3.2.5. Determinación de Posibles Estrategias de Manejo de Recursos Hídricos

La Figura 3.4, resume las actividades llevadas a cabo para obtener el producto asociado al cuarto y último objetivo específico de la presente investigación:

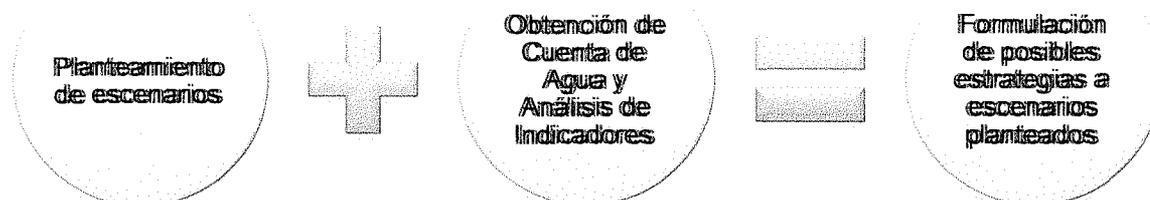


Figura 3.4. Esquema para la generación de estrategias de manejo de recursos hídricos en el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidas la oferta y la demanda del recurso hídrico y calculada la cuenta física del agua a nivel mensual, se procedió a realizar el planteamiento de diferentes estrategias de gestión en función de los resultados obtenidos para cada escenario planteado relacionados principalmente con los indicadores de la cuenta de agua (Fracción de Agotamiento Benéfico y Fracción de Agotamiento en Procesos).

Como premisa se estableció, que todas las estrategias persigan un mismo fin, que es el mejoramiento de la gestión de los recursos hídricos en la zona, para ello se hizo una comparación entre los indicadores de la cuenta de agua para cada escenario. Dependiendo del porcentaje de estos indicadores se establecerá una estrategia relacionada al Manejo de la Oferta o Manejo de la Demanda según sea el caso.

3.2.5.1. Manejo de la Demanda de Agua(Corto Plazo), tiene que ver con todas esas estrategias que permiten controlar el consumo de agua por parte de los usuarios, bien sea haciendo un cambio en los usos (riego), elaboración de campañas de consumo adecuado del agua, optimización de sistemas de riego privados, cambios del tipo de sistema de riego usado, entre otros., relacionados directamente con el control del uso del agua realizada por los usuarios, con el fin de garantizar el recurso hídrico en el tiempo para los mismos.

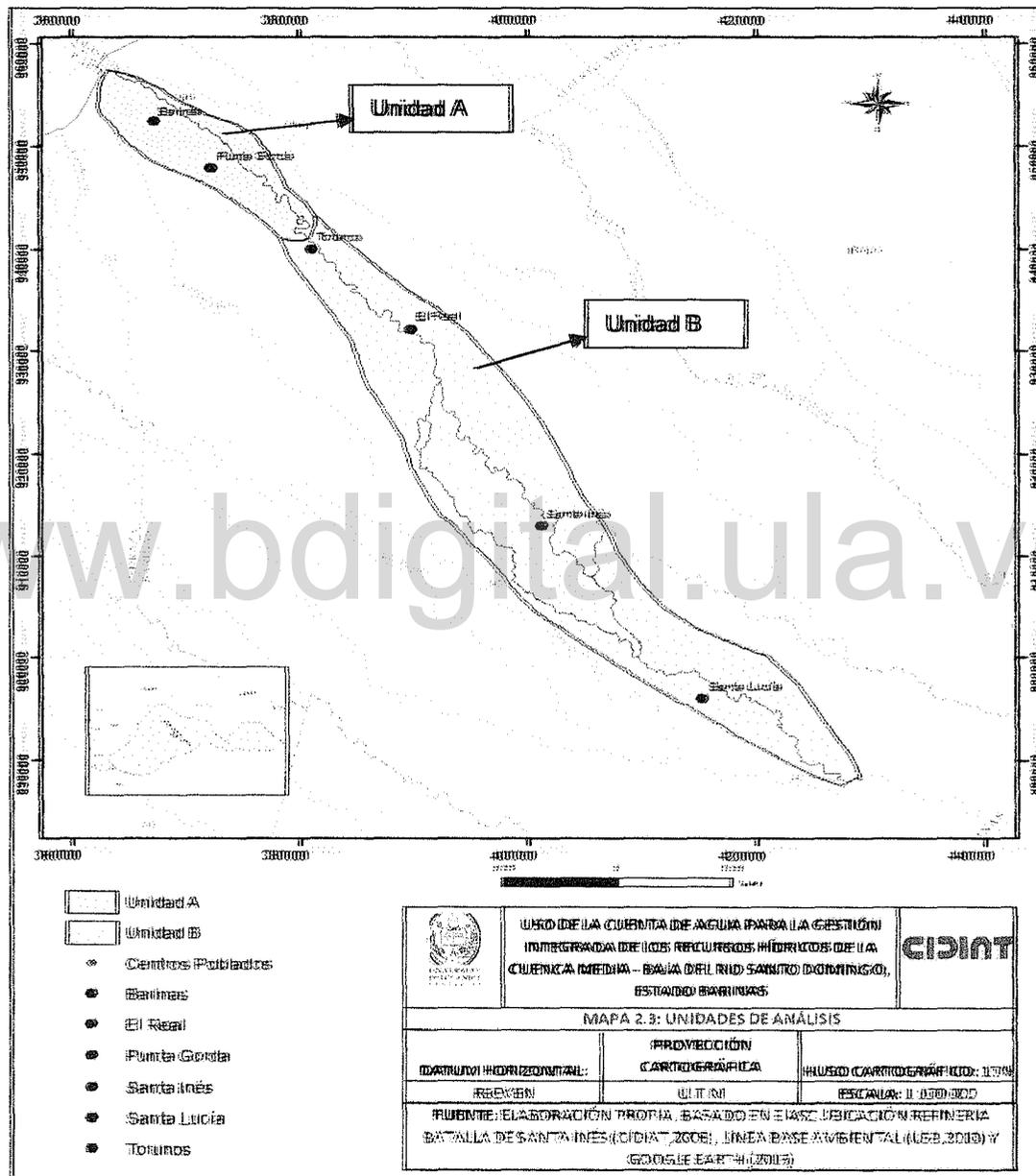
3.2.5.2 Manejo de la Oferta de Agua (Largo Plazo), tiene que ver con todas esas estrategias que se aplican para garantizar el recurso hídrico a los usuarios dentro del área de estudio; generalmente se relacionan con aplicación de medidas estructurales y de control de las dotaciones de agua dentro de un sistema de distribución de agua con fines de consumo humano, comercial, agrícola e industrial.

Dichas estrategias de manejo, permitirán establecer el potencial de la cuenta de agua no sólo en la evaluación del balance oferta – demanda del recurso hídrico, sino también en la toma de decisiones que permitan solucionar un problema determinado y a su vez guiar la toma de decisiones en cuanto al otorgamiento de concesiones de aprovechamiento del agua.

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1. Definición de Unidades de Análisis

Como se mencionó en el capítulo anterior, se dividió el área de estudio dos Unidades de Análisis, las cuales partieron de la delimitación de la cuenca media – baja del río Santo Domingo, tal como se muestra en la Figura 4.1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.1. Unidades de Análisis definidas en la cuenca media – baja del río Santo Domingo, estado Barinas.

4.2 Confección de Balances Hídricos.

4.2.1 Curva de Duración de Caudales de Fuente de Agua Superficial.

Se calcularon las curvas de duración de caudales de la Oferta de Agua Superficial mediante el uso del programa de cálculos hidrológicos llamado HidroEsta, tanto para el período 1970 – 1995, para el 80% de probabilidad.

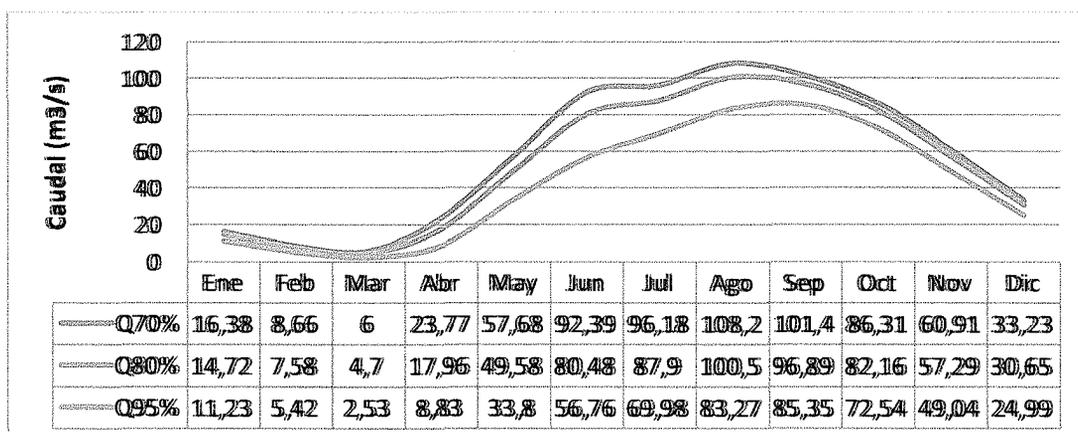
En el Cuadro 4.1, se puede observar los valores del caudal mensual en m^3/s al 70%, 80% y 95% de probabilidad, obtenidos en HidroEsta, para el período 1970 – 1995 de la fuente superficial (Ver Anexo III) y en la Figura 4.2 se puede ver la curva de duración de caudales para este mismo período, en donde se puede notar que en el 80% del tiempo el caudal mínimo es de $4,7m^3/s$ en el mes de marzo el cual corresponde a la época de sequía, mientras que el máximo caudal se presenta en el mes de agosto con $100,5m^3/s$.

En el 95% de probabilidad, el caudal mínimo se mantiene en $2,53m^3/s$ en el mes de marzo, y el máximo valor de caudal es de $85,35m^3/s$ en el final del período lluvioso (septiembre). En el 70% los valores de caudal son los más altos del período, con valores de caudal en estiaje de $6m^3/s$ y en lluvias de $108,24m^3/s$.

Cuadro 4.1. Caudales de fuente superficial a diferentes probabilidades. (1970 – 1995)

Mes	Caudal (m^3/s)		
	70%	80%	95%
Ene	16,38	14,72	11,23
Feb	8,66	7,58	5,42
Mar	6,00	4,7	2,53
Abr	23,77	17,96	8,83
May	57,68	49,58	33,8
Jun	92,39	80,48	56,76
Jul	96,18	87,9	69,98
Ago	108,24	100,5	83,27
Sep	101,37	96,89	85,35
Oct	86,31	82,16	72,54
Nov	60,91	57,29	49,04
Dic	33,23	30,65	24,99

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2. Curva de duración de caudales de fuente superficial a 70%, 80% y 95% de probabilidad para el período 1970 – 1995 en la cuenca media – baja del río Santo Domingo

4.2.2 Curva de Duración de Caudales de Fuente de Agua Subterránea

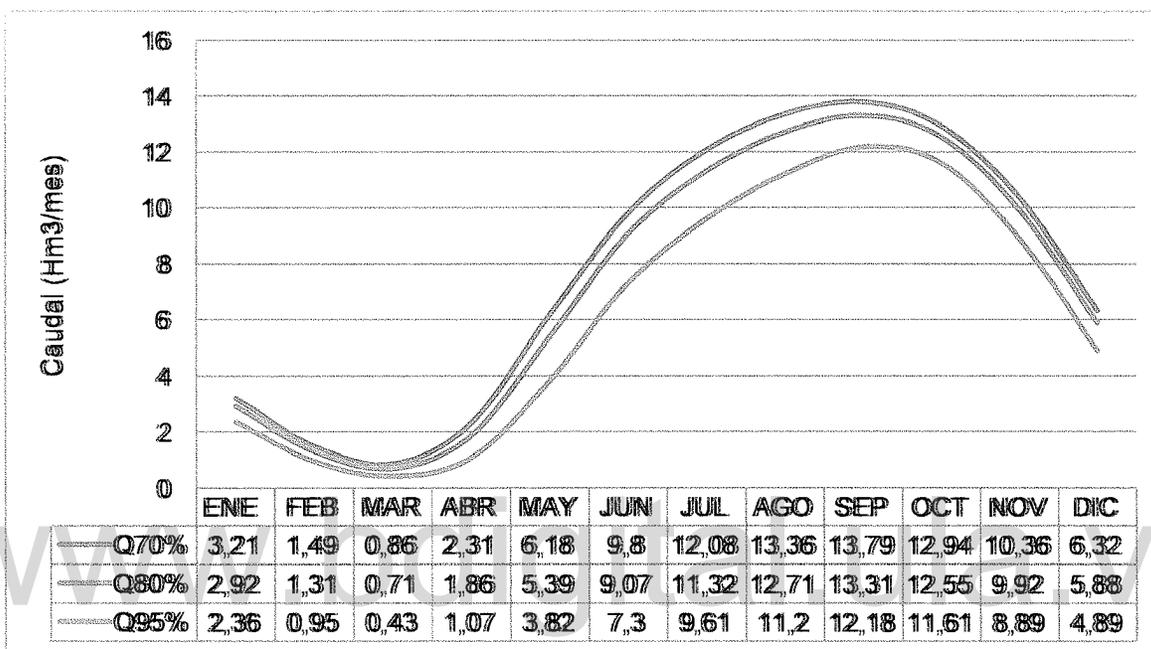
Al igual que se hizo para la oferta de agua superficial, para la oferta de agua subterránea también se hizo el cálculo de las curvas de duración de caudales al 70%, 80% y 95% para el período histórico (1970 – 1995) (Ver Anexo III). En el Cuadro 4.2, se muestran los valores de caudal en Hm^3/mes para el período 1970 – 1995 obtenidos en HidroEsta, se puede observar en caudal del 80% de probabilidad, un caudal mínimo muy bajo de $0,71\text{Hm}^3/\text{mes}$ en marzo y un caudal máximo de $13,31\text{Hm}^3/\text{mes}$ en septiembre.

Cuadro 4.2. Caudales de fuente subterránea a diferentes probabilidades. (1970 – 1995)

Mes	Caudal (m^3/s)		
	Q70%	Q80%	Q95%
Ene	3,21	2,92	2,36
Feb	1,49	1,31	0,95
Mar	0,86	0,71	0,43
Abr	2,31	1,86	1,07
May	6,18	5,39	3,82
Jun	9,8	9,07	7,3
Jul	12,08	11,32	9,61
Ago	13,36	12,71	11,2
Sep	13,79	13,31	12,18
Oct	12,94	12,55	11,61
Nov	10,36	9,92	8,89
Dic	6,32	5,88	4,89

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.3, se muestran más detallados estos valores, donde se puede apreciar, que en la curva del 95%, el caudal mínimo es de 0,43Hm³/mes en el mes de marzo, en el caudal del 80% es de 0,71 Hm³ y en el del 70% de probabilidad es de 0,86Hm³/mes, mientras que el máximo caudal se presenta para las tres probabilidades en el mes de septiembre con 12,2Hm³/mes para el 95%, 13,3 Hm³/mes para el 80% y 13,8Hm³/mes para el 80% de probabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3. Curva de duración de caudales de Aguas Subterráneas a 70%, 80% y 95% de probabilidad para el período 1970 – 1995 en la cuenca media – baja del río Santo Domingo

4.2.3 Demandas de Agua

4.2.3.1 Demanda de Centros Poblados

En el Cuadro 4.3, se muestran los resultados obtenidos de las proyecciones de demanda poblacional, donde se puede observar que las mayores demandas se ubican en la Ciudad de Barinas con 1.450,40 l/s a nivel anual para el año 2012 (que se considera como el actual) y cuyo valor mensual es de 120,87l/s, aumentando paulatinamente hasta el año 2036 con 2.227,50 l/s con un valor mensual promedio de 185,63l/s para ese mismo año, y para el periodo es de 160,80l/s.

Seguidamente se encuentra la población de Guasimitos con una demanda anual de 36,20l/s (año 2012) y mensual para ese año de 3,02l/s, para el período es de 4,43l/s, luego está Torunos con una demanda para el año 2012 de 24,80l/s y con un valor mensual para ese mismo año de 2,07l/s el promedio mensual del período es de 3,90l/s, Santa Inés con una demanda de 7,10l/s (año 2012) y promedio mensual de 0,59l/s y promedio período de 2,02l/s, y finalmente Santa Lucía con 12,20l/s (año 2012), promedio mensual (año 2012) de 1,02l/s y promedio del período de 1,47l/s.

Cuadro 4.3. Demanda en l/s de centros poblados ubicados en el área de estudio

Año	CENTRO POBLADO									
	Poblaciones antes del Punto de Cierre				Poblaciones aguas abajo del punto de cierre					
	Barinas		Guasimitos		Torunos		Santa Inés		Santa Lucía	
	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL	ANUAL	MENSUAL
Actual (2012)*	1450,4	120,87	36,20	3,02	24,80	2,07	7,10	0,59	12,20	1,02
2017	1.612,30	134,36	41,90	3,49	31,20	2,60	11,30	0,94	14,00	1,17
2022	1.774,20	147,85	47,60	3,97	39,10	3,26	17,80	1,48	15,90	1,33
2027	1.936,10	161,34	53,40	4,45	47,10	3,93	24,50	2,04	17,70	1,48
2032	2.098,00	174,83	59,10	4,93	55,20	4,60	31,20	2,60	19,50	1,63
2036	2.227,50	185,63	63,70	5,31	61,60	5,13	36,60	3,05	21,00	1,75
Prom. Mensual proy. (**)		160,80		4,43		3,90		2,02		1,47

* Se consideró como demanda poblacional actual la del año 2012, ya que contiene demandas cuyos orígenes son de censos anteriores (1990 - 2000)

** Todas estas demandas ya comprenden las pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable..

Fuente: Elaboración propia, basada en CIDIAT (2012)

4.2.3.2 Demanda del Sistema de Riego Santo Domingo

En el Cuadro 4.4, se muestran las demandas mensuales para el sistema de riego Santo Domingo, donde se puede observar que las mayores demandas se presentan durante los meses de sequía (enero a marzo), con una demanda máxima de 1.934,43 l/s en el mes de marzo y una demanda mínima en el mes de julio con 12,35 l/s.

Cuadro 4.4. Demanda de riego mensual (l/s) (1970 – 1995), del sist. riego Santo Domingo, estado Barinas.

Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	274,43	274,43	1,05875772	1.749,00	1.851,77
feb	284,78	284,78	1,09868827	1.749,00	1.921,61
mar	286,68	286,68	1,10601852	1.749,00	1.934,43
abr	109,37	109,37	0,42195216	1.749,00	737,99
may	16,88	16,88	0,06512346	1.749,00	113,90
jun	3,65	3,65	0,01408179	1.749,00	24,63
jul	1,83	1,83	0,00706019	1.749,00	12,35
ago	9,13	9,13	0,03522377	1.749,00	61,61
sep	43,26	43,26	0,16689815	1.749,00	291,90
oct	18,39	18,39	0,07094907	1.749,00	124,09
nov	77,65	77,65	0,29957562	1.749,00	523,96
dic	189,83	189,83	0,73236883	1.749,00	1.280,91

Fuente: Elaboración propia.

Luego en el Cuadro 4.5, se muestra la proyección de incrementos de superficies del sistema de riego según lo establecido en los planes a futuro de los entes gubernamentales con competencia sobre el Sistema de Riego Santo Domingo, a dichas superficies se le sumaron la superficie actual de riego obteniéndose un Área Total de Riego.

Cuadro 4.5. Proyección de superficies de riego para el Sistema de Riego Santo Domingo período 2012 - 2036

AÑO	AREA (Ha)	Área total proyectada (área actual= 1749+area proyectada)
2012	415,00	2.164,40
2013	874,00	2.623,40
2014	1.333,00	3.082,40
2015	1.792,00	3.541,40
2016	1.792,00	3.541,40
2017	1.792,00	3.541,40
2018	1.792,00	3.541,40
2019	1.792,00	3.541,40
2020	1.792,00	3.541,40
2021	1.792,00	3.541,40
2022	1.792,00	3.541,40
2023	1.792,00	3.541,40
2024	1.792,00	3.541,40
2025	1.792,00	3.541,40
2026	1.792,00	3.541,40
2027	1.792,00	3.541,40
2028	1.792,00	3.541,40
2029	1.792,00	3.541,40
2030	1.792,00	3.541,40
2031	1.792,00	3.541,40
2032	1.792,00	3.541,40
2033	1.792,00	3.541,40
2034	1.792,00	3.541,40
2035	1.792,00	3.541,40
2036	1.792,00	3.541,40

Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012).

Finalmente, en el Cuadro 4.6, se muestran la demanda de riego futura (período 2012 – 2036) del Sistema de Riego Santo Domingo, donde se puede observar que las mayores demandas se encuentran en los meses correspondientes a la época de sequía (enero – marzo), con el máximo valor de demanda en el mes de marzo de 3.617,37 l/s y la menor demanda en el mes de julio con 0,00 l/s, ya que corresponde a la época de lluvias.

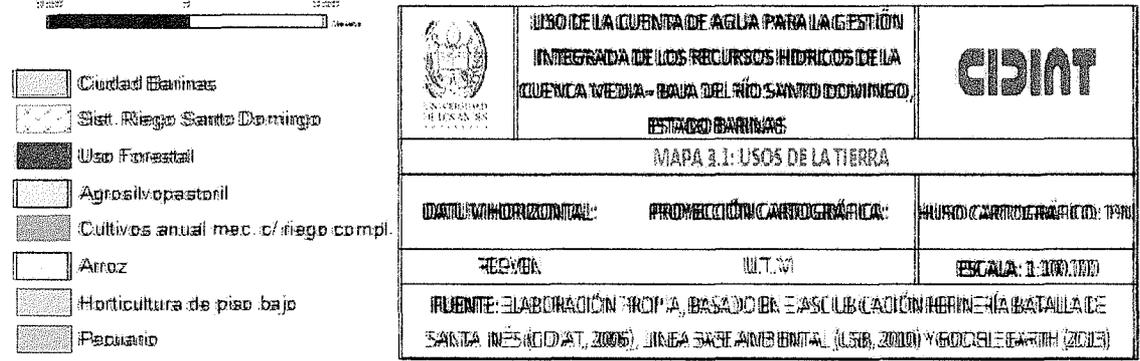
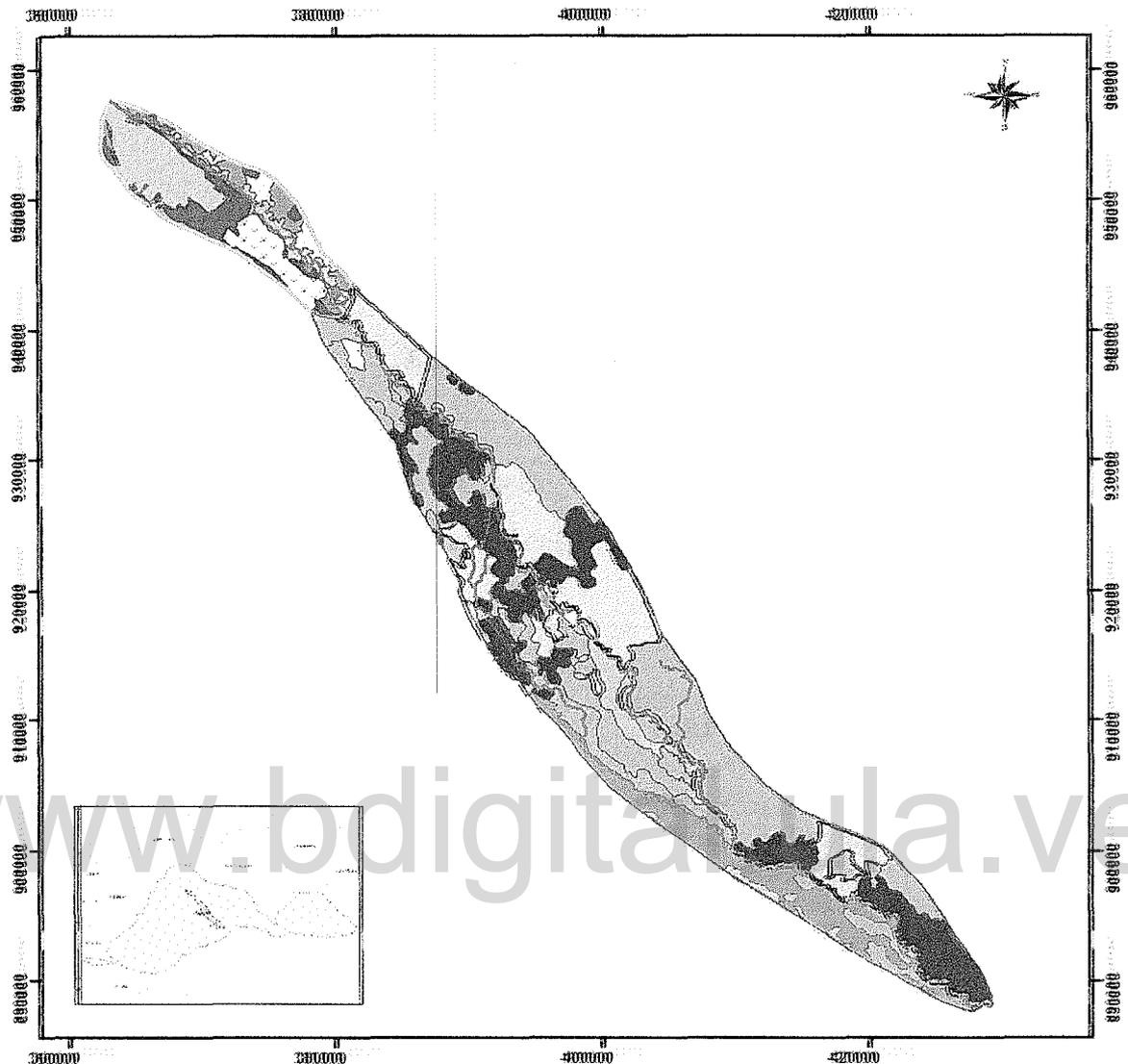
Cuadro 4.6. Demanda futura de riego período (2012 – 2036) del Sistema de Riego Santo Domingo.

Cálculo de la Demanda Mensual de Agua para Sistema de Riego Sto. Domingo (2012-2036)					
Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m2)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m2)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Proy. Superficie (2012-2036) (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	250,86	250,86	0,96782407	3.541,00	3.427,07
feb	245,91	245,91	0,94872685	3.541,00	3.359,44
mar	264,79	264,79	1,02156636	3.541,00	3.617,37
abr	133,78	133,78	0,51612654	3.541,00	1.827,60
may	42,09	42,09	0,16238426	3.541,00	575,00
jun	24,38	24,38	0,09405864	3.541,00	333,06
jul	0,00	0,00	0,00000000	3.541,00	0,00
ago	29,69	29,69	0,11454475	3.541,00	405,60
sep	48,49	48,49	0,18707562	3.541,00	662,43
oct	65,15	65,15	0,25135031	3.541,00	890,03
nov	58,99	58,99	0,22758488	3.541,00	805,88
dic	174,85	174,85	0,67457562	3.541,00	2.388,67

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.3. Demanda Sistemas Riego Privado.

Se elaboró un mapa de usos, en base a información cartográfica del mapa de usos de la tierra a escala 1:100.000 elaborado por CIDIAT (2006), información cartográfica a escala 1:150.000 de la Línea Base Ambiental de la FUNINDES - USB (2010) y con ayuda de imágenes de Google Earth, se elaboró el mapa de usos de la tierra para la cuenca media – baja del río Santo Domingo. En la Figura 4.4, se pueden observar los diferentes usos presentes en el área de estudio.



-  Ciudad Barinas
-  Sist. Riego Santo Domingo
-  Uso Forestal
-  Agrosilvopastoril
-  Cultivos anual mec. c/ riego compl.
-  Arroz
-  Horticultura de piso bajo
-  Pecuario

Fuente: Elaboración propia.
Figura. 4.4. Mapa de usos de la tierra en la cuenca media – baja del río Santo Domingo.

Del mapa realizado, se calcularon y extrajeron las áreas para los diferentes rubros desarrollados en el área y que además, fueron divididos según la Unidad de Análisis en la cual se encuentran ubicados, en los Cuadros 4.7 y 4.8, se puede observar a detalle las áreas calculadas:

Cuadro 4.7. Superficies de usos de la tierra de la UNIDAD A, del área de estudio

Superficie Unidad A		
Tipo de Uso	Sup. Actual (Km2)	Sup. (ha)
Agrosilvopastoril	13,08	1.308,00
Cultivos anuales mecanizados con riego complementario	27,13	2.713,00
Cultivos anuales mecanizados con riego (arroz)	11,6	1.160,00
Horticultura piso bajo	0,07	7,00
Pecuario	16,48	1.648,00
Plantaciones Tropicales con riego	1,04	104,00
Plantaciones Tropicales sin riego	0,19	19,00
Bosques	0,27	27,00
TOTAL USOS	69,86	6.986,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.8. Superficies de usos de la tierra de la UNIDAD B, del área de estudio

Superficie Unidad B		
Tipo de Uso	Sup.Actual (Km²)	Sup. (ha)
Agrosilvopastoril	120,5	12.050,00
Cultivos anuales mecanizados con riego complementario	59	5.900,00
Cultivos anuales mecanizados con riego (arroz)	21,05	2.105,00
Horticultura piso bajo	18,17	1.817,00
Pecuario	255,76	25.576,00
Bosques	121,79	12.179,00
TOTAL USOS	596,27	59.627,00

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Demanda de Riego de la Unidad A:** una vez calculadas las superficies por Unidades de Análisis, se seleccionó aquellas áreas que están siendo sometidas a riego y se calculó la demanda de riego en base a las superficies seleccionadas de la Unidad A, en el Cuadro 4.9, se pueden observar las superficies seleccionadas.

Cuadro 4.9. Superficies de riego seleccionadas de la Unidad A.

Año	Cultivos mecanizados c/riego complementario (ha)	Cultivos mecanizados c/riego (Arroz) (ha)	Plantaciones c/riego (ha)	Total Sist. Riego Privados (ha)
2012	2.713,00	1.160,00	104,00	3.977,00

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Demanda de Riego Histórica (1970 – 1995). Unidad A.** Con las superficies de riego y el promedio mensual de la demanda bruta de riego (mm/mes.m²) para el período 1970 - 1995 (Ver Apéndice D1), se calculó la demanda de riego de la Unidad A para el período 1970 – 1995 (Ver Cuadro 4.10). En el anexo IX, se presenta la base de datos con la cual se realizó este cálculo.

Cuadro 4.10. Demanda mensual (1970 – 1995), de sistemas de riego de iniciativa privada en el área de estudio.

Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie actual(ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	274,43	274,43	1,05877552	3.977,00	4.210,75
feb	284,78	284,78	1,09869124	3.977,00	4.369,50
mar	286,68	286,68	1,10603632	3.977,00	4.398,71
abr	109,37	109,37	0,42194919	3.977,00	1.678,09
may	16,88	16,88	0,06511159	3.977,00	258,95
jun	3,65	3,65	0,01408179	3.977,00	56,00
jul	1,83	1,83	0,00706315	3.977,00	28,09
ago	9,13	9,13	0,03524157	3.977,00	140,16
sep	43,26	43,26	0,16688925	3.977,00	663,72
oct	18,39	18,39	0,07095798	3.977,00	282,20
nov	77,65	77,65	0,29956078	3.977,00	1.191,35
dic	189,83	189,83	0,73238663	3.977,00	2.912,70

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, las mayores demandas se presentan durante la época de sequía con demandas que oscilan entre los 4.210,75 l/s en el mes de enero a 4.398,71 l/s en el mes de marzo y la menor demanda se presenta en el mes de julio con 28,09 l/s, correspondiente a la época de lluvias, por lo cual los requerimientos de riego son mínimos.

- ❖ **Demanda de Riego Proyectada (2012 – 2036). Unidad A,** para calcular la demanda futura se hizo una proyección, basado en el Plan de la Patria período (2013 – 2019), en el Cuadro 4.11, se pueden observar las superficies proyectadas en base a dicho criterio.

Cuadro 4.11. Proyección de Superficies de Riego de la Unidad A periodo (2012 – 2036)

AÑO	Cultivos mecanizados con riego complementario (ha)		Arroz (ha)		Plantaciones c/riego (ha)		TOTAL SIST. PRIVADO (ha)
2012	2.713,00	2.713,00	1.160,00	1.160,00	104,00	104,00	3.977,00
2013	194,41	2.907,41	83,13	1.243,13	7,45	111,45	4.261,99
2014	194,41	3.101,82	83,13	1.326,26	7,45	118,90	4.546,98
2015	194,41	3.296,23	83,13	1.409,39	7,45	126,35	4.831,97
2016	194,41	3.490,64	83,13	1.492,52	7,45	133,80	5.116,96
2017	194,41	3.685,05	83,13	1.575,65	7,45	141,25	5.401,95
2018	194,41	3.879,46	83,13	1.658,78	7,45	148,70	5.686,94
2019	194,41	4.073,87	83,13	1.741,91	7,45	156,15	5.971,93
2020	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2021	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2022	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2023	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2024	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2025	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2026	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2027	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2028	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2029	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2030	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2031	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2032	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2033	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2034	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2035	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93
2036	0,00	4.073,87	0,00	1.741,91	0,00	156,15	5.971,93

*Incremento anual: 7,166% desde 2013 hasta 2019

Fuente: Elaboración propia.

Con esta proyección y la demanda bruta de riego (mm/mes.m²) para el período 2012 – 2036 (Ver cálculos en Anexo V), se calculó la demanda de riego proyectada, en el Cuadro 4.12, se muestra dicha demanda.

Cuadro 4.12. Demanda de Riego (l/s) de la Unidad A período 2012 – 2036

Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	250,86	250,86	0,96782407	5.971,93	5.779,78
feb	245,91	245,91	0,94872685	5.971,93	5.665,73
mar	164,79	164,79	0,63576389	5.971,93	3.796,74
abr	133,78	133,78	0,51612654	5.971,93	3.082,27
may	42,09	42,09	0,16238426	5.971,93	969,75
jun	24,38	24,38	0,09405864	5.971,93	561,71
jul	0,00	0,00	0,00000000	5.971,93	0,00
ago	29,69	29,69	0,11454475	5.971,93	684,05
sep	48,49	48,49	0,18707562	5.971,93	1.117,20
oct	65,15	65,15	0,25135031	5.971,93	1.501,05
nov	58,99	58,99	0,22758488	5.971,93	1.359,12
dic	174,85	174,85	0,67457562	5.971,93	4.028,52

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Demanda de Riego de la Unidad B:** del total de superficies de la Unidad B, sólo dos (02) rubros son los que están sometidos a riego, en el Cuadro 4.13, se pueden ver estas superficies.

Cuadro 4.13. Superficies de Riego seleccionadas de la Unidad B

Superficie actual		
Cultivos mecanizados con riego complementario	Arroz	TOTAL SIST. PRIVADO (HA)
5.900,00	2.105,00	8.005,00

Fuente: Elaboración propia

- ❖ **Demanda de Riego período histórico (1970 – 1995) Unidad B,** con la demanda bruta de riego (mm/mes.m²) para el período 1970 – 1995, se calculó la demanda de riego de la Unidad B para el período 1970 – 1995 (Ver Anexo VI), en el Cuadro 4.14, se puede observar la demanda de riego calculada para dicho período.

Cuadro 4.14. Demanda de Riego (l/s) de la Unidad B, período 1970 - 1995

Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m²)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie actual(ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	274,43	274,43	1,05877552	8.005,00	8.475,50
feb	284,78	284,78	1,09869124	8.005,00	8.795,02
mar	286,68	286,68	1,10603632	8.005,00	8.853,82
abr	109,37	109,37	0,42194919	8.005,00	3.377,70
may	16,88	16,88	0,06511159	8.005,00	521,22
jun	3,65	3,65	0,01408179	8.005,00	112,72
jul	1,83	1,83	0,00706315	8.005,00	56,54
ago	9,13	9,13	0,03524157	8.005,00	282,11
sep	43,26	43,26	0,16688925	8.005,00	1.335,95
oct	18,39	18,39	0,07095798	8.005,00	568,02
nov	77,65	77,65	0,29956078	8.005,00	2.397,98
dic	189,83	189,83	0,73238663	8.005,00	5.862,76

Fuente: Elaboración propia.

- ❖ **Demanda de riego proyectada (2012 – 2036) Unidad B₁**, se hizo una proyección de las superficies basadas en el criterio del Plan de la Patria la cual se puede observar en el Cuadro 4.15, luego con la demanda bruta de riego (mm/mes.m²) para el período 2012 - 2036 (Ver Anexo VII), se calculó la demanda de riego proyectada para dicho período, la cual se puede observar en el Cuadro 4.16 a continuación:

Cuadro 4.15. Superficie de riego proyectada de la Unidad B para el período 2012 - 2036

AÑO	Cultivos mecanizados con riego complementario (ha)		Arroz (ha)		Total sist. Privado (ha)
2012	5.900,00	5.900,00	2.105,00	2.105,00	8.005,00
2013	422,79	6.322,79	150,84	2.255,84	8.578,64
2014	422,79	6.745,58	150,84	2.406,68	9.152,27
2015	422,79	7.168,37	150,84	2.557,52	9.725,90
2016	422,79	7.591,16	150,84	2.708,36	10.299,53
2019	422,79	8.013,95	150,84	2.859,20	10.873,16
2020	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2021	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2022	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2023	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2024	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2025	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2026	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2027	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2028	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2029	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2030	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2031	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2032	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2033	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2034	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2035	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
2036	0	8.013,95	0	2.859,20	10.873,16
Incremento:	7,166% anual desde 2013 hasta 2019				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.16. Demanda de riego proyectada de la Unidad B para el periodo 2012 – 2036.

Mes	Demanda Bruta de Riego (mm/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/mes.m ²)	Demanda Bruta de Riego (l/s.ha)	Superficie (ha)	Demanda de Riego (l/s)
ene	250,86	250,86	0,96782407	10.873,16	10.523,31
feb	245,91	245,91	0,94872685	10.873,16	10.315,66
mar	164,79	164,79	0,63576389	10.873,16	6.912,76
abr	133,78	133,78	0,51612654	10.873,16	5.611,93
may	42,09	42,09	0,16238426	10.873,16	1.765,63
jun	24,38	24,38	0,09405864	10.873,16	1.022,71
jul	0,00	0,00	0,00000000	10.873,16	0,00
ago	29,69	29,69	0,11454475	10.873,16	1.245,46
sep	48,49	48,49	0,18707562	10.873,16	2.034,10
oct	65,15	65,15	0,25135031	10.873,16	2.732,97
nov	58,99	58,99	0,22758488	10.873,16	2.474,57
dic	174,85	174,85	0,67457562	10.873,16	7.334,77

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.4 Demanda por Evapotranspiración de la Vegetación

Se tomaron las superficies de bosques, y plantaciones sin riego divididas en Unidad A y Unidad B (Ver Cuadro 4.17).

Cuadro 4.17. Superficies seleccionadas para análisis de evapotranspiración (l/s) Unidad A y Unidad B

Tipo de Vegetación	Unidad A		Unidad B	
	Km ²	Ha	Km ²	Ha
Bosques	0,27	27,00	121,79	12.179,00
Plantaciones sin Riego	0,19	19,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

Luego se tomó la Evapotranspiración (Eto) de la zona de planicie calculada por CIDIAT (2012) y se multiplico por un valor de Kc=0,6 para obtener la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (Etc), (Ver Anexo VIII).

❖ **Demanda por Evapotranspiración Unidad A período histórico (1970 – 1995).**

Con la superficie de la Unidad A y los valores de evapotranspiración (Etc) mensual para el período 1970 – 1995 calculada por CIDAT (2012) (Ver Anexo VIII), se procedió a calcular la demanda por evapotranspiración para dicho período.

En el Cuadro 4.18, se muestran los resultados obtenidos y en la cual se puede observar que la mayor evapotranspiración se presenta en el mes de marzo con 22,57 l/s el cual se corresponde a la época de mayor radiación solar (sequía) y la menor demanda por evapotranspiración se presenta en el mes de junio con 11,69 l/s, la cual se relaciona a la época de lluvias donde la radiación solar es menor y por lo tanto las plantas evapotranspiran menos.

Cuadro 4.18 Demanda por evapotranspiración (l/s) Unidad A.

Mes	Etc (mm/mes.m ²)	Etc (l/s.ha)	sup. (ha)	Demanda p/ Etc (l/s)
Ene	106,04	0,40910494	46,00	18,82
feb	111,58	0,43047840	46,00	19,80
mar	127,2	0,49074074	46,00	22,57
Abr	97,56	0,37638889	46,00	17,31
May	74,91	0,28900463	46,00	13,29
Jun	65,85	0,25405093	46,00	11,69
Jul	73,03	0,28175154	46,00	12,96
Ago	83,13	0,32071759	46,00	14,75
Sep	85,05	0,32812500	46,00	15,09
Oct	87,23	0,33653549	46,00	15,48
Nov	78,23	0,30181327	46,00	13,88
Dic	84,91	0,32758488	46,00	15,07

Fuente: elaboración propia, basado en CIDIAT (2012)

❖ **Demanda por Evapotranspiración Unidad B período período histórico (1970 – 1995).**

Con la superficie de la Unidad B y los valores de evapotranspiración (Etc) mensual para el período 1970 – 1995 calculada por CIDAT (2012) (Ver Anexo IX), se procedió a calcular la demanda por evapotranspiración para dicho período. En el Cuadro 4.19, se observan la demanda calculada para la Unidad B.

Cuadro 4.19. Demanda por Evapotranspiración de Bosques de la Unidad B, período 1970 - 1995

Mes	Etc (mm/mes.m2)	etc (l/s.ha)	sup. (ha)	Demanda p/ Etc (l/s)
Ene	106,04	0,40910494	12.179,00	4.982,49
feb	111,58	0,43047840	12.179,00	5.242,80
mar	127,2	0,49074074	12.179,00	5.976,73
Abr	97,56	0,37638889	12.179,00	4.584,04
May	74,91	0,28900463	12.179,00	3.519,79
Jun	65,85	0,25405093	12.179,00	3.094,09
Jul	73,03	0,28175154	12.179,00	3.431,45
Ago	83,13	0,32071759	12.179,00	3.906,02
Sep	85,05	0,32812500	12.179,00	3.996,23
Oct	87,23	0,33653549	12.179,00	4.098,67
Nov	78,23	0,30181327	12.179,00	3.675,78
Dic	84,91	0,32758488	12.179,00	3.989,66

Fuente: Elaboración propia

4.3 Escenarios Planteados.

4.3.1 Situación Actual (Período 1970 – 1995).

Para la situación actual se plantearon los siguientes supuestos:

- ❖ El Flujo Comprometido sólo abarca las demandas de centros poblados de la Unidad B y el Caudal Ecológico.
- ❖ Debido a las limitaciones de información el Caudal Ecológico equivale al 10% del Caudal de entrada superficial (Flujo Bruto Entrante).
- ❖ La Evaporación equivale al 10% del Flujo Agotado Benéfico

4.3.1.1 Cuenta de agua Análisis A (1970 – 1995)

En el Cuadro 4.20, se muestra la Cuenta de Agua para el Análisis A en el período 1970 – 1995, la cual incluye los indicadores de la cuenta de agua al final de la tabla.

Como se puede observar en la cuenta de agua del primer escenario (1970 – 1995) para el Análisis A, se presentan fuertes problemas de disponibilidad en el mes de marzo, en donde el valor de la oferta es negativa con $-2,63 \text{ m}^3/\text{s}$ y en febrero a pesar de que la oferta es positiva, es muy próxima a cero (0) con $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, por lo que prácticamente se puede considerar que no hay disponibilidad de agua en estos meses.

Cuando se analizan los indicadores de la cuenta de agua, se puede observar que en la fracción de agotamiento benéfico, llama la atención dos cosas la primera es que en el mes de febrero, hay un 2.621,64% de consumo respecto al caudal que queda realmente disponible (Flujo saliente No Comprometido), esto se debe a que en este mes, el agua que es demanda entre usos antrópicos y ambientales en la Unidad A, es muy elevado y es tan elevado que no sólo sobrepasa la oferta neta, sino que además de ello, la oferta de agua restante o flujo saliente no comprometido, no es suficiente para satisfacer dichas demandas, pero que pudiese solventarse dicho problema mediante prácticas del manejo de la demanda para este mes.

Lo otro que llama la atención, es que en el mes de marzo éste mismo indicador (fracción de agotamiento benéfico), es negativo (-246,62%), esto quiere decir que en este mes, no hay oportunidad de que los usuarios (incluyendo el ambiente) hagan ningún tipo de aprovechamiento del recurso hídrico, puesto que no hay disponibilidad del recurso en este mes. A diferencia del caso anterior, la solución para este problema en este mes, es que se hagan prácticas de manejo de la oferta de agua (obras) que permitan el almacenamiento del agua durante la época de lluvia y se pueda garantizar el agua para el mes más crítico, en este caso, el mes de marzo.

Respecto a la fracción de agotamiento en procesos, que evalúa netamente el agua consumida en actividades antrópicas respecto al flujo saliente No comprometido, se puede observar en el mes de febrero la misma tendencia que en el indicador de agotamiento benéfico con un valor porcentual de 2613, 57%, esto indica que las actividades productivas y el consumo de agua potable que se desarrollan en el unidad A, están siendo muy elevadas, sobrepasando el 100% de la oferta de agua real afectando la disponibilidad de agua en la unidad B, y en el mes de marzo el resultado negativo indica que no hay agua en la cuenca, esto quiere decir, que a pesar de que se tomen medidas relacionadas al manejo de la demanda, es necesario realizar también, medidas relacionadas al manejo de la oferta, ya que no será suficiente con que se regule el consumo de agua.

La oferta de agua durante los meses de lluvia, es medianamente alta, con un pico en el mes de agosto de $94,98 \text{ m}^3/\text{s}$ y un mínimo en el mes de junio de $75,69 \text{ m}^3/\text{s}$; en los meses de lluvia los indicadores de agotamiento benéfico y en procesos, presentan valores muy bajos, siendo el mínimo en el mes de julio con 0,21% para la fracción de agotamiento benéfico y 0,20% para la fracción de agotamiento en procesos (Ver Anexo X).

Es evidente que existen problemas disponibilidad de los recursos hídricos en la Unidad A y estos afectan todos los usos que se pudiesen dar en la Unidad B, por lo que es poco factible el otorgamiento de nuevas concesiones de aprovechamiento hidráulico en la Unidad A y así no afectar la oferta de agua en la unidad B.

www.bdigital.ula.ve

Cuadro 4.20. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis A. (1970 - 1995)

CUENTA DE AGUA PARA ANALISIS A. SITUACIÓN ACTUAL (PERÍODO 1970 - 1995)

MES	FLUJO ENTRANTE				FLUJO AGOTADO												Total Flujo Agotado Benéfico
	Flujo Bruto Entrante (Promedio Anual)	Oferta subterránea (Promedio Anual)		Flujo Neto Entrante (Promedio Anual)	Flujo Agotado Benéfico												
					En Procesos								En No Procesos				
					Demanda de las poblaciones de la cuenca				Sist. Riego Ste. Domingo		Sist. Riego Privados (aguas arriba)		Total Flujo Agotado En Procesos	Bosques y plant. s/riego			
m ³ /s	Hm ³ /mes	m ³ /s	m ³ /s	Barinas l/s	Barinas m ³ /s	Guasimitos l/s	Guasimitos m ³ /s	demanda l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s		
Ene	14,72	2,92	1,13	15,85	120,87	0,1209	3,02	0,0030	1.851,77	1,85	4.210,75	4,21	6,19	18,82	0,0188	6,2052	
Feb	7,58	1,31	0,51	8,09	120,87	0,1209	3,02	0,0030	1.921,61	1,92	4.369,50	4,37	6,41	19,80	0,0198	6,4348	
Mar	4,70	0,71	0,27	4,97	120,87	0,1209	3,02	0,0030	1.934,43	1,93	4.398,71	4,40	6,46	22,57	0,0226	6,4796	
Abr	17,96	1,86	0,72	18,68	120,87	0,1209	3,02	0,0030	737,99	0,74	1.678,09	1,68	2,54	17,31	0,0173	2,5573	
May	49,58	5,39	2,08	51,66	120,87	0,1209	3,02	0,0030	113,90	0,11	258,95	0,26	0,50	13,29	0,0133	0,5100	
Jun	80,48	9,07	3,50	83,98	120,87	0,1209	3,02	0,0030	24,63	0,02	56,00	0,06	0,20	11,69	0,0117	0,2162	
Jul	87,90	11,32	4,37	92,27	120,87	0,1209	3,02	0,0030	12,35	0,01	28,09	0,03	0,16	12,96	0,0130	0,1773	
Ago	100,50	12,71	4,90	105,40	120,87	0,1209	3,02	0,0030	61,61	0,06	140,16	0,14	0,33	14,75	0,0148	0,3404	
Sep	96,89	13,31	5,14	102,03	120,87	0,1209	3,02	0,0030	291,90	0,29	663,72	0,66	1,08	15,09	0,0151	1,0946	
Oct	82,16	12,55	4,84	87,00	120,87	0,1209	3,02	0,0030	124,09	0,12	282,20	0,28	0,53	15,48	0,0155	0,5457	
Nov	57,29	9,92	3,83	61,12	120,87	0,1209	3,02	0,0030	523,96	0,52	1.191,35	1,19	1,84	13,88	0,0139	1,8531	
Dic	30,65	5,88	2,27	32,92	120,87	0,1209	3,02	0,0030	1.280,91	1,28	2.912,70	2,91	4,32	15,07	0,0151	4,3326	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.21. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis A. (1970 – 1995). (Continuación)

Flujo Agotado No Benéfico	Total Flujo Agotado	FLUJO SALIENTE								Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
		Flujo Saliente Comprometido									Fracción de utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos
		Demandas aguas abajo del Punto de cierre de la cuenta										
Evaporación		Terunós		Santa Inés		Santa Lucía		Caudal Ecológico	Total Flujo Saliente Comprometido		Flujo Agotado Benéfico / Flujo Saliente No Comprometido	Flujo Agotado en Procesos / Flujo saliente No Comprometido
m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s		
0,62	6,83	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	1,4720	1,4757	7,55	82,24%	81,99%
0,64	7,08	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	0,7580	0,7617	0,25	2621,64%	2613,57%
0,65	7,13	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	0,4700	0,4737	-2,63	-246,62%	-245,76%
0,26	2,81	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	1,7960	1,7997	14,06	18,18%	18,06%
0,05	0,56	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	4,9580	4,9617	46,14	1,11%	1,08%
0,02	0,24	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,0480	8,0517	75,69	0,29%	0,27%
0,02	0,20	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,7900	8,7937	83,28	0,21%	0,20%
0,03	0,37	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	10,0560	10,0537	94,98	0,36%	0,34%
0,11	1,20	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	9,6890	9,6927	91,13	1,20%	1,18%
0,05	0,60	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,2160	8,2197	78,18	0,70%	0,68%
0,19	2,04	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	5,7290	5,7327	53,35	3,47%	3,45%
0,43	4,77	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	3,0650	3,0687	25,08	17,27%	17,21%

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Cuenta de agua análisis B (1970 – 1995)

En el Cuadro 4.22, se muestra la cuenta de agua del Análisis B. Situación Actual (1970 – 1995), donde se puede observar que durante los meses de estiaje (enero – marzo), la disponibilidad del agua es negativa, con un máximo en marzo con $-17,46 \text{ m}^3/\text{s}$ y el mínimo en enero con $5,91 \text{ m}^3/\text{s}$, esto quiere decir, que no hay agua durante los meses de sequía.

En la fracción de agotamiento benéfico, se puede notar que dichas proporciones también son negativas, donde el mayor valor se ubica en el mes de enero con $-104,94\%$, esto quiere decir, que no hay forma de que ninguno de los usuarios (Unidad A y Unidad B) pueden realizar aprovechamiento del recurso en estos meses, representando esto un problema muy grande, porque es durante estos meses, donde se presentan las temperaturas más altas en la zona y por lo tanto la demanda de agua es mayor que en el resto del año.

Respecto a la fracción de agotamiento en procesos, se puede notar la misma tendencia que en el indicador anterior, el máximo valor se ubica en el mes de enero con $104,63\%$ y el mínimo en marzo con $36,99\%$, esto quiere decir que durante la época de estiaje no hay disponibilidad de agua para el desarrollo de otras actividades en el área de estudio, por lo que es razonable pensar en que no se pueden dar concesiones de aprovechamiento de recursos hídricos bajo esta condición de déficit en la cuenca, por lo que es necesario la aplicación de medidas relacionadas al manejo de la demanda y de la oferta para contrarrestar dicha problemática.

Durante los meses de lluvia, la oferta se mantiene por encima de los $70 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo el valor más alto de $90,79 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de agosto; además de ello, se puede notar que los indicadores de la cuenta de agua disminuyen durante este período, siendo julio donde se presentan los valores mínimos de agotamiento, con $0,22\%$ para la fracción de agotamiento benéfico y $0,21\%$ para la fracción de agotamiento en procesos. (Ver Anexo XI).

Cuadro 4.22. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis B. (1970 - 1995)

CUENTA DE AGUA ANÁLISIS B. SITUACIÓN ACTUAL (1970 - 1995)																
FLUJO ENTRANTE				FLUJO AGOTADO												
MES	Flujo Bruto Entrante (Promedio Anual)	Oferta subterránea (Promedio Anual)	Flujo Neto Entrante (Promedio Anual)	Demanda de las poblaciones de la cuenca				En Procesos		Flujo Agotado Benéfico		Total Flujo Agotado Benéfico				
				Barinas l/s	Barinas m³/s	Guasimitos l/s	Guasimitos m³/s	Sist. Riego Sto. Domingo l/s	Sist. Riego Privados (aguas arriba) l/s	Total Flujo Agotado en Procesos m³/s	En No Procesos Bosques y plant. riego l/s		Total Flujo Agotado Benéfico m³/s			
Ene	14,72	2,92	1,13	15,86	120,87	0,1200	3,02	0,0030	1,851,77	1,86	4,210,76	4,21	0,10	18,82	0,0188	6,2052
Feb	7,66	1,31	0,51	8,00	120,87	0,1200	3,02	0,0030	1,921,61	1,92	4,369,60	4,37	0,41	19,80	0,0198	6,4348
Mar	4,70	0,71	0,27	4,97	120,87	0,1200	3,02	0,0030	1,934,43	1,93	4,398,71	4,40	0,46	22,67	0,0226	6,4766
Abr	17,96	1,86	0,72	18,68	120,87	0,1200	3,02	0,0030	737,99	0,74	1,878,09	1,88	2,54	17,31	0,0173	2,5573
May	49,68	5,39	2,08	51,68	120,87	0,1200	3,02	0,0030	113,80	0,11	2,66,85	0,28	0,50	13,29	0,0133	0,5100
Jun	80,48	9,07	3,50	83,98	120,87	0,1200	3,02	0,0030	24,63	0,22	56,00	0,06	0,20	11,89	0,0117	0,2162
Jul	87,90	11,92	4,97	92,27	120,87	0,1200	3,02	0,0030	12,95	0,01	28,09	0,03	0,16	12,96	0,0130	0,1773
Ago	100,50	12,71	4,90	105,40	120,87	0,1200	3,02	0,0030	81,61	0,08	140,16	0,14	0,33	14,75	0,0148	0,3404
Sep	98,89	13,31	5,14	102,03	120,87	0,1200	3,02	0,0030	291,90	0,29	963,72	0,98	1,08	15,09	0,0151	1,0946
Oct	82,16	12,56	4,84	87,00	120,87	0,1200	3,02	0,0030	124,08	0,12	282,20	0,28	0,53	15,48	0,0155	0,5457
Nov	57,29	9,02	3,83	61,12	120,87	0,1200	3,02	0,0030	523,66	0,52	1,191,35	1,19	1,84	13,88	0,0139	1,8531
Dic	30,65	5,68	2,27	32,92	120,87	0,1200	3,02	0,0030	1,280,91	1,28	2,812,70	2,81	4,32	15,07	0,0151	4,3328

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 4.23. Cuenta de Agua Situación Actual. Análisis B. (1970 – 1995). (Continuación).

Flujo Agotado No Benéfico	Total Flujo Agotado	FLUJO SALIENTE												Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
		Flujo Saliente Comprometido													Fracción de Utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos
		Demandas aguas abajo del Punto de cierre de la cuenta														
Evaporación		Torunos		Santa Inés		Santa Lucía		Caudal Ecológico	Bosques		Sist. Riego Privados		Total Flujo Saliente Comprometido		Flujo Agotado Benéfico/ Flujo Saliente No Comprometido (%)	Flujo Agotado En Procesos/ Flujo saliente No Comprometido (%)
m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s		
0,62	6,83	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	1,4720	4,982,49	4,98	8,475,50	8,48	14,93	-5,91	-104,94%	-104,63%
0,64	7,08	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	0,7560	5,242,80	5,24	8,795,02	8,80	14,80	-13,79	-46,65%	-46,51%
0,65	7,13	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	0,4700	5,976,73	5,98	8,853,82	8,85	15,30	-17,46	-37,12%	-36,99%
0,26	2,81	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	1,7960	4,584,04	4,58	3,377,70	3,38	9,76	6,10	41,90%	41,62%
0,05	0,56	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	4,9560	3,519,79	3,52	521,22	0,52	9,00	42,10	1,21%	1,18%
0,02	0,24	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,0480	3,064,09	3,06	112,72	0,11	11,26	72,48	0,30%	0,28%
0,02	0,20	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,7900	3,431,45	3,43	58,54	0,06	12,28	76,79	0,22%	0,21%
0,03	0,37	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	10,0500	3,906,02	3,91	282,11	0,28	14,24	90,79	0,37%	0,36%
0,11	1,20	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	9,8890	3,996,23	4,00	1,335,95	1,34	15,02	85,80	1,28%	1,26%
0,05	0,60	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	8,2160	4,068,67	4,10	568,02	0,57	12,89	73,52	0,74%	0,72%
0,19	2,04	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	5,7290	3,675,78	3,68	2,397,98	2,40	11,81	47,27	3,92%	3,89%
0,43	4,77	2,07	0,0021	0,59	0,0006	1,02	0,0010	3,0650	3,989,86	3,99	5,862,76	5,86	12,92	15,23	28,44%	28,35%

Fuente: elaboración propia

4.3.2 Situación Proyectada. Período 2012 – 2036

Para este escenario se construyó la Cuenta de Agua utilizando demandas proyectadas para un período desde 2012 – 2036, asumiéndose que No existe Cambio Climático, además de ello, debido a las limitaciones de información, se trabajó bajo el planteamiento de los siguientes supuestos:

- ❖ La demanda mensual es constante en cada año de estudio
- ❖ Los incrementos de superficie responden a proyecciones enmarcadas dentro del Objetivo 1.4.11 del Plan de la Patria
- ❖ Los incrementos de superficies del Sistema de Riego Santo Domingo está basado en planes a futuro contemplados por los entes con competencia sobre el mismo.
- ❖ El caudal ecológico equivales al 10% del Caudal de Entrada Superficial (Flujo Bruto Entrante)
- ❖ La Evapotranspiración es constante, es decir, se mantiene igual a la evapotranspiración histórica (1970 – 1995).
- ❖ La Evaporación equivale al 10% del Flujo Agotado Benéfico
- ❖ Para el Análisis A, el Flujo Comprometido es igual a la sumatoria de las demandas de poblaciones y el caudal ecológico.
- ❖ Para el Análisis B, el Flujo Comprometido es igual a la sumatoria de las demandas poblacionales, caudal ecológico y demandas de sistemas de riego privado de la Unidad B.

En este escenario, tanto en el análisis A como en el Análisis B (Ver Cuadro 4.24 y 4.26), se puede observar la tendencia a una disminución drástica en la disponibilidad del recurso hídrico.

4.3.2.1 Cuenta de agua análisis A (proyectada)

En el **análisis A**, se puede observar que se comienzan a presentar problemas desde el mes de febrero con un déficit de $-2,81 \text{ m}^3/\text{s}$ y en marzo con $-3,87 \text{ m}^3/\text{s}$, debido básicamente a que la demanda en estos meses supera la oferta de agua total. Esto se ve más claramente en la fracción de agotamiento benéfico, donde se puede observar que para el mes de enero el consumo es mayor a la oferta de agua, puesto que el indicador da un valor por encima del 100%, lo que hace evidente un problema de manejo de la demanda, mientras que para los meses de febrero y marzo los valores porcentuales son negativos, quedando en evidencia un problema desde el punto de vista de la demanda y de la oferta, puesto que el consumo de tanto para usos antrópicos como el agua agotada por evapotranspiración de las plantas en la Unidad A, son mayores a la oferta de agua realmente disponible, donde el máximo valor se ubica en el mes de febrero con $-327,62\%$ seguido de marzo con $-196,66\%$.

Esto indica que ya en estos meses no hay disponibilidad del agua para los usuarios de la Unidad A, al existir problemas en esta unidad de análisis, la Unidad B se ve afectada también.

En cuanto a la fracción de agotamiento en procesos, éste da idea de la porción de agua agotada en los usos antrópicos de la Unidad A respecto a la oferta de agua realmente disponible. Entonces bien, cuando se observa dicho indicador, se tiene que para el mes de enero, el valor es superior al 100% lo cual revela que en ese mes el consumo de agua en la cuenca de estudio es tan alta que supera al agua ofertada, para los meses de febrero y marzo el indicador es negativo, esto quiere decir que para ésta época no hay disponibilidad de agua en la cuenca, siendo el máximo valor de 327,62% en el mes de febrero, cuyo valor porcentual refleja no solo un problema en la oferta de agua, sino también de la demanda, puesto que la misma supera la cantidad de agua que produce la cuenca de estudio.

Tanto el índice de utilización benéfica como el índice de agotamiento en procesos, dan como resultado que no es factible el otorgamiento de nuevas concesiones de aprovechamiento en el área de estudio, ya que de seguir desarrollando actividades económicas, específicamente las relacionadas con el riego, se afecta el desarrollo de otras actividades aguas abajo, al punto de no haber disponibilidad del recurso para esas áreas.

La oferta de agua en los meses de lluvia presenta un máximo caudal de 93,95 m³/s en el mes de agosto y la fracción de agotamiento benéfica presenta su mínimo valor porcentual en julio con 0,21%, así mismo ocurre con la fracción de agotamiento en procesos cuyo mínimo se ubica en el mismo mes con 0,20%. En términos generales, la demanda de agua en estos meses es muy baja en relación a la oferta, especialmente en riego, donde los cultivos aprovechan el agua de lluvia para su riego y por lo tanto ese excedente en la oferta puede ser aprovechado mediante obras de captación y almacenamiento del agua ofertada durante estos meses.

4.3.2.2 Cuenta de agua análisis B (proyectada)

En el análisis B, estos valores se incrementan de forma muy dramática, pues se observa que en los meses de estiaje no hay disponibilidad del agua disminuye en valores de - 11,47m³/s en enero, -18,37m³/s en febrero y - 16,76m³/s en marzo, lo cual hace resaltar que la demanda es mucho mayor debido no sólo al incremento de las poblaciones en el área, sino también por un incremento excesivo de las superficies de riego, pudiéndose notar que durante los meses de enero a marzo, la fracción de agotamiento benéfica, también se encuentra negativa, esto quiere decir, que durante esos meses no hay posibilidad de aprovechamiento del agua para ningún tipo de usuario, puesto que como se puede ver, la disponibilidad es nula, que según dicho indicador, el mes más problemático es el mes de enero con - 81,88%, esto refleja un problema en el manejo de la oferta y de demanda de agua.

Luego se observa que para el mes de abril, a pesar de que hay cierta cantidad de agua disponible ($1,08\text{m}^3/\text{s}$) el indicador es muy elevado pero positivo ($473,02\%$), esto quiere decir, que en este punto, el problema no se trata de la oferta de agua, sino de la demanda de recursos hídricos, pues, si se revisan los valores del numerador y del denominador, el valor del flujo de agotamiento benéfico es de $5,009\text{m}^3/\text{s}$ y el flujo saliente no comprometido es de $1,08\text{m}^3/\text{s}$, aquí se puede notar que la demanda es muy elevada respecto a la oferta, razón por la cual el indicador sobrepasa el 100% , esto indica que en ése mes a pesar de que hay una pequeña cantidad de agua disponible, ésta no es suficiente para el total del agua que está siendo utilizada por los usuarios en la Unidad A, por lo que la posibilidad de una concesión de aprovechamiento hidráulico aguas debajo de la misma (Unidad B) no es factible a menos que se tomen las medidas necesarias para garantizar el recurso a los usuarios de ambas unidades de análisis.

En cuanto a la fracción de agotamiento en procesos, se puede observar la misma tendencia que en el indicador anterior, donde los mayores problemas de disponibilidad se presentan en el mes de enero con $-81,72\%$ y en el mes de abril el indicador es positivo con $471,41\%$, estas variaciones relejan una problemática de baja oferta de agua con excesivo consumo de este recurso en la cuenca.

La oferta de agua en los meses de lluvia oscila entre los $70,63\text{ m}^3/\text{s}$ en junio a los $88,80\text{ m}^3/\text{s}$ en agosto, en general agotamiento benéfico y en procesos, es muy bajo durante los meses de lluvia, donde el valor mínimo de ambos indicadores, se presenta en el mes de julio con $0,22\%$ para la fracción de agotamiento benéfico y $0,21\%$ para la fracción de agotamiento en procesos, ambas fracciones indican que la demanda de agua en ése mes es menor a la oferta de agua y por lo tanto no hay necesidad de extracción del recurso, especialmente en los sistemas de riego, que toman el agua de la lluvia (Ver Anexos XII y XIII).

Cuadro 4.24. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis A. (2012 - 2036)

CUENTA DE AGUA PARA SITUACIÓN PROYECTADA (2012 - 2036) . ANÁLISIS A																
MES	FLUJO ENTRANTE				FLUJO AGOTADO											
	Flujo Bruto Entrante (Promedio Anual)	Oferta subterránea (Promedio Anual)		Flujo Neto Entrante (Promedio Anual)	Flujo Agotado Benéfico											
					En Procesos								En No Procesos		Total Flujo Agotado Benéfico	
					Demanda de las poblaciones de la cuenca				Sist. Riego Sto. Domingo		Sist. Riego Privados (aguas arriba)		Total Flujo Agotado en Procesos	Bosques y pant. s/riego		
m³/s	Hm³/mes	m³/s	m³/s	Barinas l/s	Barinas m³/s	Guasimitos l/s	Guasimitos m³/s	Demanda l/s	m³/s	l/s	m³/s	m³/s	l/s	m³/s	m³/s	
Ene	14,72	2,92	1,13	15,85	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.427,07	3,43	5.779,78	5,78	9,37	18,82	0,0188	9,3909
Feb	7,58	1,31	0,51	8,09	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.359,44	3,36	5.665,73	5,67	9,19	19,60	0,0198	9,2102
Mar	4,70	0,71	0,27	4,97	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.617,37	3,62	3.796,74	3,80	7,56	22,57	0,0226	7,6019
Abr	17,96	1,66	0,72	18,68	160,80	0,1608	4,43	0,0044	1.827,60	1,83	3.082,27	3,08	5,08	17,31	0,0173	5,0924
May	49,58	5,39	2,08	51,66	160,80	0,1608	4,43	0,0044	575,00	0,58	969,75	0,97	1,71	13,29	0,0133	1,7233
Jun	80,48	9,07	3,50	83,98	160,80	0,1608	4,43	0,0044	333,06	0,33	581,71	0,56	1,06	11,69	0,0117	1,0717
Jul	87,90	11,32	4,37	92,27	160,80	0,1608	4,43	0,0044	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	12,96	0,0130	0,1782
Ago	100,50	12,71	4,90	105,40	160,80	0,1608	4,43	0,0044	405,60	0,41	664,05	0,66	1,25	14,75	0,0148	1,2666
Sep	96,89	13,31	5,14	102,03	160,80	0,1608	4,43	0,0044	662,43	0,66	1.117,20	1,12	1,94	15,09	0,0151	1,9600
Oct	82,16	12,55	4,84	87,00	160,80	0,1608	4,43	0,0044	890,03	0,89	1.501,05	1,50	2,56	15,48	0,0155	2,5716
Nov	57,29	9,92	3,83	61,12	160,80	0,1608	4,43	0,0044	805,88	0,81	1.359,12	1,36	2,33	13,68	0,0139	2,3441
Dic	30,65	5,88	2,27	32,92	160,80	0,1608	4,43	0,0044	2.388,67	2,39	4.028,52	4,03	6,56	15,07	0,0151	6,5675

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.25. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis A. (2012 – 2036). Continuación)

Flujo Agotado No Benéfico		FLUJO SALIENTE									Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
		Flujo Saliente Comprometido										Fracción de Utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos
		Demandas aguas abajo del Punto de cierre de la cuenta											
Evaporación	Total Flujo Agotado	Torunoes		Santa Inés		Santa Lucía		Caudal Ecológico	Total Flujo Saliente Comprometido				
m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s		Flujo Agotado Benéfico / Flujo Saliente No Comprometido	Flujo Agotado en Procesos/Flujo saliente No comprometido
0,94	10,33	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	1,4720	1,4794	4,04	232,61%	232,14%	
0,92	10,13	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	0,7580	0,7654	-2,81	-327,62%	-326,92%	
0,76	8,36	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	0,4700	0,4774	-3,87	-196,66%	-196,07%	
0,51	5,60	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	1,7960	1,8034	11,27	45,18%	45,02%	
0,17	1,90	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	4,9580	4,9654	44,80	3,85%	3,82%	
0,11	1,18	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,0480	8,0554	74,74	1,43%	1,42%	
0,02	0,20	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,7900	8,7974	83,27	0,21%	0,20%	
0,13	1,40	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	10,0500	10,0574	93,95	1,35%	1,34%	
0,20	2,16	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	9,6890	9,6964	90,17	2,17%	2,16%	
0,26	2,83	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,2160	8,2234	75,95	3,39%	3,37%	
0,23	2,58	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	5,7290	5,7364	52,80	4,44%	4,41%	
0,66	7,26	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	3,0650	3,0724	22,59	29,21%	29,14%	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.26. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis B (2012 – 2036)

Cuenta de Agua, Situación Proyectada. Análisis B para período 2012 - 2036																					
MES	FLUJO ENTRANTE				FLUJO AGOTADO																
	Flujo Bruto Entrante (Promedio Anual)	Oferta subterránea (Promedio Anual)		Flujo Neto Entrante (Promedio Anual)	Flujo Agotado Benéfico																
					En Procesos								Sist. Riego Sto. Domingo		Sist. Riego Privados (aguas arriba)		Total Flujo Agotado en Procesos		En No Procesos		Total Flujo Agotado Benéfico
					Demanda de las poblaciones de la cuenca				Bosques y plant. s/riego												
m³/s	Hm³/mes	m³/s	m³/s	Barinas l/s	Barinas m³/s	Guasimitos l/s	Guasimitos m³/s	demanda l/s	m³/s	l/s	m³/s	m³/s	l/s	m³/s	m³/s						
Ene	14,72	2,92	1,13	15,85	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.427,07	3,43	5.779,78	5,78	9,37	18,82	0,0188	9,3909					
Feb	7,58	1,31	0,51	8,09	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.359,44	3,36	5.665,73	5,67	9,19	19,80	0,0198	9,2102					
Mar	4,70	0,71	0,27	4,97	160,80	0,1608	4,43	0,0044	3.617,37	3,62	3.796,74	3,80	7,58	22,57	0,0226	7,6019					
Abr	17,98	1,86	0,72	18,88	160,80	0,1608	4,43	0,0044	1.827,60	1,83	3.082,27	3,08	5,08	17,31	0,0173	5,0924					
May	49,58	5,39	2,08	51,66	160,80	0,1608	4,43	0,0044	575,00	0,58	989,75	0,97	1,71	13,29	0,0133	1,7233					
Jun	80,48	9,07	3,50	83,98	160,80	0,1608	4,43	0,0044	333,08	0,33	561,71	0,56	1,06	11,69	0,0117	1,0717					
Jul	87,90	11,32	4,37	92,27	160,80	0,1608	4,43	0,0044	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	12,96	0,0130	0,1782					
Ago	100,50	12,71	4,90	105,40	160,80	0,1608	4,43	0,0044	405,80	0,41	684,05	0,68	1,25	14,75	0,0148	1,2896					
Sep	96,89	13,31	5,14	102,03	160,80	0,1608	4,43	0,0044	662,43	0,66	1.117,20	1,12	1,94	15,09	0,0151	1,9600					
Oct	82,16	12,55	4,84	87,00	160,80	0,1608	4,43	0,0044	890,03	0,89	1.501,05	1,50	2,56	15,48	0,0155	2,5718					
Nov	57,29	9,92	3,83	61,12	160,80	0,1608	4,43	0,0044	805,88	0,81	1.359,12	1,36	2,33	13,88	0,0139	2,3441					
Dic	30,65	5,88	2,27	32,92	160,80	0,1608	4,43	0,0044	2.388,67	2,39	4.028,52	4,03	6,58	15,07	0,0151	6,5975					

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.27. Cuenta de Agua Situación Proyectada. Análisis B (2012 – 2036). (Continuación)

		FLUJO SALIENTE													INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
Flujo Agotado No Benéfico	Total Flujo Agotado	Flujo Saliente Comprometido												Flujo Saliente No Comprometido	Fracción de utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos
		Demandas aguas abajo del Punto de cierre de la cuenta														
Evaporación		Torunos		Santa Inés		Santa Lucía		Caudal Ecológico	Bosques		Sist. Riego Privados		Total Flujo Saliente Comprometido			
m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Flujo Agotado Benéfico / Flujo Saliente No Comprometido	Flujo Agotado en Procesos/Flujo Saliente No comprometido
0,94	10,33	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	1,4720	4,982,49	4,98	10,523,31	10,52	16,99	-11,47	-81,88%	-81,72%
0,92	10,13	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	0,7580	5,242,80	5,24	10,315,66	10,32	16,32	-18,37	-50,14%	-50,03%
0,76	8,36	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	0,4700	5,976,73	5,98	6,912,76	6,91	13,37	-16,76	-45,37%	-45,24%
0,51	5,60	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	1,7900	4,584,04	4,58	5,611,93	5,61	12,00	1,08	473,02%	471,41%
0,17	1,90	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	4,9580	3,519,79	3,52	1,765,63	1,77	10,25	39,51	4,36%	4,33%
0,11	1,18	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,0480	3,094,09	3,09	1,022,71	1,02	12,17	70,93	1,52%	1,50%
0,02	0,20	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,7900	3,431,45	3,43	0,00	0,00	12,23	79,84	0,22%	0,21%
0,13	1,40	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	10,0500	3,906,02	3,91	1,245,46	1,25	15,21	88,80	1,43%	1,41%
0,20	2,16	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	9,8690	3,996,23	4,00	2,034,10	2,03	15,73	84,14	2,33%	2,31%
0,26	2,83	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	8,2160	4,098,67	4,10	2,732,97	2,73	15,06	69,12	3,72%	3,70%
0,23	2,58	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	5,7290	3,675,78	3,68	2,474,57	2,47	11,89	46,66	5,02%	4,99%
0,66	7,26	3,90	0,0039	2,02	0,0020	1,47	0,0015	3,0650	3,989,66	3,99	7,334,77	7,33	14,40	11,26	58,57%	58,44%

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Análisis comparativo Situación Actual vs. Situación Proyectada.

4.3.3.1 Análisis A.

En el Cuadro 4.28, se muestra el resumen de los valores de Flujo Saliente No Comprometido, Fracción de Utilización Benéfica y la Fracción de Agotamiento en Procesos tanto del escenario llamado "Situación Actual" como del escenario llamado "Situación Proyectada" específicamente del **Análisis A**. Aquí se puede observar los cambios que se producen entre un escenario y otro, pues en el escenario de la situación actual, el déficit de agua se presenta en el mes de marzo con $-2,63\text{m}^3/\text{s}$ haciendo que durante este mes no haya disponibilidad de agua para ningún uso extra que se pudiera desarrollar en la cuenca, también se observa en este escenario que en el mes de febrero hay muy poca disponibilidad de agua, puesto que el caudal es muy cercano a cero (0), pudiendo esto representar un problema si la demanda supera los $0,25\text{m}^3/\text{s}$. Entre tanto en el escenario de la situación proyectada, el déficit de agua se presenta en los meses de febrero y marzo con $-2,81\text{m}^3/\text{s}$ y $-3,87\text{m}^3/\text{s}$, donde la disponibilidad de agua es nula y en el mes de enero el caudal disminuye a $4,04\text{m}^3/\text{s}$, valor de sumo cuidado si la demanda supera dicho valor puesto que es un caudal muy bajo aunque no es cercano a cero (0).

Así mismo, se observa para la fracción de agotamiento benéfico, en la situación actual, presenta un valor muy elevado en febrero de 2.621,64%, lo cual hace referencia a que las demandas están siendo tan altas que incluso el flujo de agua realmente disponible (flujo saliente no comprometido), es insuficiente para satisfacerlas, mas no llegan a ser negativas representando esto un problema en el manejo de la demanda, entre tanto, en la situación proyectada, el panorama cambia, pues la fracción de agotamiento benéfico se vuelve negativa a partir de febrero hasta marzo con $-327,62\%$ y $-196,66\%$, esto indica, que no hay disponibilidad del recurso hídrico y en vista de ello, no hay forma de que se satisfaga la demanda de agua si se quisiera desarrollar otras actividades, especialmente en la unidad B; y en el caso de los vegetales, estos simplemente morirán por déficit hídrico, también se observa que en el mes de enero este indicador resulta muy elevado (232,61%), esto quiere decir, que en este punto a pesar de que existe cierta oferta de agua ($4,04\text{m}^3/\text{s}$), ésta no es suficiente para satisfacer la demanda en este punto y eso se ve con mejor detalle, cuando se revisa el valor del flujo agotado benéfico total que tiene un valor para este caso de $9,39\text{m}^3/\text{s}$, que cuando se compara con el valor de la oferta, ésta última es muy baja respecto a la misma, lo cual evidencia una problemática desde el punto de vista del manejo de la demanda en el área de estudio.

En cuanto a la fracción de agotamiento en procesos, en la situación actual, se puede observar una tendencia similar al agotamiento benéfico, pues en el mes de febrero el indicador es muy elevado (2.613,57%), esto quiere decir, que en este punto la demanda es mayor que la oferta y por lo tanto supera el 100% de capacidad de la cuenca de satisfacer el consumo de agua, y esto se puede observar a detalle al comparar el valor del agotamiento en procesos para dicho mes que es de $6,41\text{m}^3/\text{s}$, mientras que el valor de la oferta real (flujo saliente no comprometido) es de $0,25\text{m}^3/\text{s}$, éste último es muy bajo como satisfacer una demanda tan elevada respecto al mismo, lo cual evidencia un problema de manejo de la demanda en la cuenca.

Luego se tiene que en el mes de marzo, el caudal es negativo (-2,63m³/s), lo cual evidencia no solo un problema de demanda sino también de la oferta, puesto que en este punto la disponibilidad de agua es nula. Respecto a la situación proyectada, los resultados son más dramáticos, pues el déficit se presenta a partir del mes de febrero con - 326,92% y marzo con - 196,07% y en el mes de enero, hay una excesiva demanda, puesto que el indicador tiene un valor de 232,14%, todos estos resultados reflejan la existencia de un problema de excesiva demanda y poca oferta en la cuenca de estudio (Unidad A), lo cual limita el desarrollo aguas debajo de la misma (unidad B).

Cuadro 4.28. Comparación Cuenta de Agua Análisis A. Situación Actual vs. Situación Proyectada

mes	Situación Actual (1970 - 1995): Análisis A			Situación Proyectada (2012 - 2036): Análisis A		
	Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA		Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
		Fracción de utilización Benéfica (%)	Fracción de Agotamiento en Procesos (%)		Fracción de Utilización Benéfica (%)	Fracción de Agotamiento en Procesos (%)
	m ³ /s	Flujo Agotado Benéfico // Flujo Saliente No Comprometid o	Flujo Agotado en Procesos //Flujo saliente No Comprometido	m ³ /s	Flujo Agotado Benéfico // Flujo Saliente No Comprometid o	Flujo Agotado en Procesos//Flujo saliente No comprometido
ene	7,55	82,24%	81,99%	4,04	232,61%	232,14%
feb	0,25	2621,64%	2613,57%	-2,81	-327,62%	-326,92%
mar	-2,63	-246,62%	-245,76%	-3,87	-196,66%	-196,07%
abr	14,06	18,18%	18,06%	11,27	45,18%	45,02%
may	46,14	1,11%	1,06%	44,80	3,85%	3,82%
jun	75,69	0,29%	0,27%	74,74	1,43%	1,42%
jul	83,28	0,21%	0,20%	83,27	0,21%	0,20%
ago	94,98	0,36%	0,34%	93,95	1,35%	1,34%
sep	91,13	1,20%	1,18%	90,17	2,17%	2,16%
oct	78,18	0,70%	0,68%	75,95	3,39%	3,37%
nov	53,35	3,47%	3,45%	52,80	4,44%	4,41%
dic	25,08	17,27%	17,21%	22,59	29,21%	29,14%

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.2 Análisis B.

Luego se tiene que en el Cuadro 4.29, se presentan los resultados de los flujos salientes no comprometidos e indicadores del **análisis B**, donde se comparan los escenarios de la situación actual y situación proyectada, en cuanto a la disponibilidad real del agua (flujo saliente no comprometido), se puede observar que a diferencia del análisis A, en el análisis B, en la situación actual, los problemas de déficit de agua se presentan durante todo el período de estiaje (enero – marzo), con el máximo valor en el mes de marzo (-17,46m³/s) y en la situación proyectada el máximo déficit en el mes de febrero (-18,37m³/s), esto representa no sólo un problema no sólo de oferta sino de demanda también, pues la disponibilidad de agua es nula lo cual limita el desarrollo en las zonas aguas debajo de la cuenca de estudio (unidad B).

Respecto a la fracción de agotamiento benéfico, en ambos escenarios (situación actual y situación proyectada), este indicador resultó negativo para todo el período de estiaje, con los máximos valores en el mes de enero con -104,94% para la situación actual y -81,88% para la situación proyectada, además se observa que en la situación proyectada, en el mes de abril este indicador es mayor al 100% (473,02%), esto quiere decir que en este punto la demanda es mayor que la oferta y esto se evidencia al revisar en la cuenta de agua el valor del agotamiento benéfico (5,09m³/s) que al compararlo con la oferta real en dicho mes (1,08m³/s), se puede notar que la oferta es muy baja respecto al consumo haciendo que el mismo supere el total de capacidad de la cuenca de satisfacer las necesidades de consumo de agua en la misma.

En cuanto la fracción de agotamiento en procesos, se presenta la misma tendencia que el indicador anterior, donde el déficit se presenta en todo el período de estiaje con el valor máximo en enero con -104,63% para la situación actual y -81,72% en la situación proyectada y en el mes de abril un valor positivo superior al 100% (471,41%) lo cual evidencia un problema de manejo de la demanda en la cuenca.

Cuadro 4.29. Comparación Cuenta de Agua Análisis B. Situación Actual (1970 – 1995) vs. Situación Proyectada (2012 – 2036)

mes	Situación Actual (1970 - 1995): Análisis B			Situación Proyectada (2012 - 2036): Análisis B		
	Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA		Flujo Saliente No Comprometido	INDICADORES DE LA CUENTA DE AGUA	
		Fracción de Utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos		Fracción de Utilización Benéfica	Fracción de Agotamiento en Procesos
	m3/s	Flujo Agotado Benéfico / Flujo Saliente No Comprometido (%)	Flujo Agotado en Procesos/Flujo saliente No comprometido (%)	m3/s	Flujo Agotado Benéfico / Flujo Saliente No Comprometido (%)	Flujo Agotado en Procesos/Flujo saliente No comprometido (%)
ene	-5,91	-104,94%	-104,63%	-11,47	-81,88%	-81,72%
feb	-13,79	-46,65%	-46,51%	-18,37	-50,14%	-50,03%
mar	-17,46	-37,12%	-36,99%	-16,76	-45,37%	-45,24%
abr	6,10	41,90%	41,62%	1,08	473,02%	471,41%
may	42,10	1,21%	1,18%	39,51	4,36%	4,33%
jun	72,48	0,30%	0,28%	70,63	1,52%	1,50%
jul	79,79	0,22%	0,21%	79,84	0,22%	0,21%
ago	90,79	0,37%	0,36%	88,80	1,43%	1,41%
sep	85,80	1,28%	1,26%	84,14	2,33%	2,31%
oct	73,52	0,74%	0,72%	69,12	3,72%	3,70%
nov	47,27	3,92%	3,89%	46,65	5,02%	4,99%
dic	15,23	28,44%	28,35%	11,26	58,57%	58,44%

Fuente: Elaboración propia

En términos generales, al evaluar ambos indicadores en función del flujo saliente No Comprometido, ya se evalúa intrínsecamente la fluctuación del agua en ambas unidades, además de ello, porque la cuenta de agua realmente se evalúa en la unidad A y no en la Unidad B, por lo que el flujo neto entrante tiene que ser el que "se supone" viene de la cuenca alta, y cuyos valores del caudal de agua se tomaron del estudio de disponibilidad de agua realizado por CIDIAT en el año 2012, y el flujo saliente No Comprometido ya viene siendo el remanente de lo que queda de agua para la zona baja de la cuenca (planicie).

Con la evaluación de los indicadores de la cuenta de agua, se pudo determinar que la cuenca de estudio, presenta problemas de déficit de agua, especialmente en la época de estiaje, pudiéndose además, detectar las posibles causas de dicha problemática, evidenciándose que existe un exceso de consumo de agua por parte de los usuarios de la Unidad A, que aunado a los usos ambientales, hacen que los valores de agotamiento benéfico y en procesos, sean negativos, haciendo que no haya agua para las zonas bajas de la cuenca afectando de esta manera el desarrollo de la Unidad B, esto quiere decir, que no hay forma de otorgar concesiones de aprovechamiento el recurso en ambas unidades.

Para finalizar, existe un problema evidente tanto de oferta como de excesivo consumo de agua en la unidad A, lo cual limita el desarrollo de la unidad B, por lo que para hacer posible el desarrollo de otras actividades en la unidad B, es necesario regular el consumo de agua por parte de los usuarios de la Unidad A, para de esta manera ofrecer mayor cantidad de agua en el flujo saliente no comprometido y poder dar la oportunidad de desarrollo a la unidad B.

4.4. Estrategias de gestión de recursos hídricos en el área de estudio

En este trabajo se plantearon dos escenarios específicos, uno de ellos tenía que ver con la construcción y análisis de la cuenta de agua para una Situación Actual (1970 – 1995) y otro escenario tenía que ver con una Situación Proyectada (2012 – 2036), en ambos escenarios se observó que la oferta de agua es prácticamente nula durante el período de estiaje, siendo más críticos los meses de febrero y marzo en ambos caso.

Sin embargo, la oferta de agua (flujo saliente no comprometido) en períodos de lluvia, a pesar de mantenerse por encima de los 70 m³/s para ambos escenarios, presentó un descenso, en el mes de agosto. Esto refleja la problemática en cuanto al consumo desmedido tanto para usos domésticos como agropecuarios actuales y los posibles problemas que se pudieran presentar si se continúa con la situación del otorgamiento de concesiones sin ninguna herramienta que permita regular esta situación.

En tal sentido, la cuenta de agua permitió esbozar primero las posibles causas del déficit de agua en la cuenca y segundo, permitió plantear algunas estrategias que pudiesen solucionar dicha problemática para cada escenario planteado.

Dicho esto, se plantearon estrategias relacionadas al Manejo de la Oferta y al Manejo de la Demanda, según sea el caso, y fueron planteadas para que sean desarrolladas en el corto a mediano plazo, además de ello, en su mayoría se sugirieron que los cambios sean dados por parte de los usuarios cuyos sistemas de riego provienen de iniciativa privada, ya que los usos realizados por iniciativa gubernamental no pueden ser cambiados en este trabajo de investigación y por lo tanto cualquier cambio debe ser realizado por parte del estado a través de sus organismos competentes. En función de estas premisas, se diferenciaron la estrategias de la siguiente manera:

4.4.1 Manejo de la Demanda (Corto Plazo): son aquellas estrategias que pudiesen ser ejecutadas en un lapso de tiempo de 1 a 3 años, se diferenció en dos (02) aspectos importantes:

4.4.1.1 Manejo de la Demanda de Riego:

- ❖ **Optimización de los sistemas de riego existentes:** con el fin de regular el consumo de agua en los mismos, bien sea, cambiando el tipo de riego pasando de aspersión a goteo o incorporando estructuras de captación y almacenamiento de agua de lluvias, para suplir las necesidades de riego durante la época de estiaje (enero – marzo) y así mantener el rendimiento productivo de los cultivos. Este tipo de manejo lo realizaría los sistemas de riego de tipo privado.

4.4.1.2 Manejo de la Demanda Poblacional:

- ❖ **Implementación de tarifas para pago por consumo de agua:** el objetivo con esta estrategia es incentivar a la población a la valoración de los recursos hídricos, puesto que los mismos, tienen un valor económico importante, además de regular a través de esta estrategia el excesivo consumo de agua por parte de la población existente en el área de estudio.
- ❖ **Campañas educativas para el consumo adecuado del agua:** el objetivo de estas campañas, sería el de sensibilizar a la población hacia una cultura respetuosa con el agua, posibilitando un ahorro efectivo de un recurso tan escaso a través de acciones de sensibilización para prevenir el derroche del agua y mostrando medidas que optimicen su aprovechamiento, mediante el uso de los medios de comunicación impresos como revistas, distribución de folletos, información publicada en periódicos regionales, así como la elaboración de talleres en escuelas, liceos y universidades, e igualmente el uso de las nuevas tendencias tecnológicas como la creación de páginas webs, perfiles en Facebook y Twitter, en la cual se subiría información en las distintas redes sociales en búsqueda de la sensibilización de la población en cuanto a esta problemática existente en la zona.

4.4.2 Manejo de la Oferta (Largo plazo): son aquellas estrategias que pudiesen ser ejecutadas en un mediano a largo plazo (mayor a 3 años) y tienen que ver con cuatro (04) aspectos importantes:

- ❖ **Reforestación con fines protectores:** la reforestación es una estrategia importante para la generación de caudales, recuperación de áreas degradadas y mejoramiento de la calidad del agua en un río, en el caso particular del área de estudio, se ejecutaría esta medida en las vertientes que forman parte de la cuenca alta del río Santo Domingo y a nivel de planicie se haría reforestación en márgenes de río, ambas con especies autóctonas según el piso climático sobre el cual se estaría reforestando.
- ❖ **Reúso de la aguas servidas:** tiene que ver con el aprovechamiento de las aguas servidas provenientes de plantas de tratamiento o de recolectores de las mismas, para ser utilizadas posteriormente en el riego de cultivos agrícolas, mediante el uso de técnicas adecuadas para tal fin.

Esta sería una nueva fuente importante de agua en el área de estudio, ya que debido al incremento de la demanda de agua urbana y la problemática actual, se reduciría el suministro de agua al sector agrícola, pero con la utilización de aguas servidas tratadas serían una fuente de agua confiable para los agricultores, ya que su caudal no depende de las precipitaciones y el balance de agua regionales. Sin embargo, es de recalcar la implementación de las técnicas adecuadas para así reducir los riesgos de propagación de enfermedades en la población que consuma dichos productos.

- ❖ **Construcción de Obras de Captación de Lluvias:** este tipo de infraestructura se propone para ser ejecutada en el mediano – largo plazo, la construcción de las mismas se haría mediante algún tipo de financiamiento mixto (privado – público) de manera que beneficie tanto a los sistemas de riego de iniciativa privada, como al sistema de riego Santo Domingo, el objetivo fundamental de este tipo de obras, es el aprovechamiento del agua de lluvias durante los meses de junio – septiembre, a través de la captación y posterior almacenamiento para posteriormente ser utilizado durante el período de mayor déficit (estiaje), especialmente en los meses de febrero y marzo.
- ❖ **Construcción de embalses:** para la construcción de este tipo de infraestructura hidráulica, se requeriría el financiamiento directo del estado y es necesario primero la elaboración de un estudio de factibilidad técnica y financiera, además de los diferentes estudios hidrológicos de la cuenca o de cuencas vecinas, estudios geotécnicos y de impacto ambiental que se generan con este tipo de obras. El objetivo fundamental sería el de abastecimiento de agua para riego para garantizar el recurso a los diferentes sistemas de riego existentes y futuros, especialmente durante la época de estiaje que es el lapso de tiempo donde se presentan los mayores déficits de agua en el área de estudio. A largo plazo, este tipo de obra representaría una de las soluciones más efectivas para garantizar la producción de alimentos a las poblaciones futuras. Sin embargo, para su construcción y puesta en marcha de este proyecto, es necesario que el estado inicie los respectivos estudios en la actualidad debido a la magnitud de este tipo de obras.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- 5.1.1** La cuenta de agua permitió determinar los meses más críticos para los escenarios establecidos a través del resultado obtenido en el flujo de agua no comprometido (agua realmente disponible), en el caso de la situación actual (1970 – 1995), en el análisis A, mes de mayor déficit de agua fue marzo, mientras que en el análisis B, el déficit se presenta en todo el período de estiaje (enero – marzo). Y en el caso de la situación proyectada (2012 – 2036), en el análisis A, el déficit se presenta en los meses de febrero y marzo; y en el análisis B, se presenta en todo el período de estiaje (enero – marzo). Lo cual evidencia la existencia de un problema en cuanto a la oferta de agua que existe en la cuenca.
- 5.1.2** La cuenta de agua permitió establecer los indicadores asociados a la misma, y mediante ellos determinar la problemática, no sólo en cuanto a la disponibilidad del agua, sino también los problemas que pudiesen estar asociados al consumo de agua en la cuenca. En este sentido, en el escenario de la situación actual (1970 – 1995), el indicador de agotamiento benéfico para el análisis A, muestra que en el mes de febrero a pesar de que hay cierta disponibilidad de agua en la cuenca, el consumo está siendo muy elevado, sobrepasando el 100% de la oferta real del agua y esto se demostró al comparar el valor del flujo de agua benéfico (numerador) que fue de $6,43\text{m}^3/\text{s}$ y el flujo de agua no comprometido (denominador) que fue de $0,25\text{m}^3/\text{s}$, mientras que para el mes de marzo el indicador da un valor negativo. Entre tanto, para el análisis B, el indicador resulta negativo en todo el período de estiaje. Esta situación, es muy similar en el indicador de agotamiento en procesos tanto para el análisis A y B del mismo período en cuestión. En cuanto al escenario de la situación proyectada (2012 – 2036), los valores de ambos indicadores, en el análisis A, presentaron valores muy elevados (superior al 100%) para el mes de febrero y valores negativos en el mes de marzo, y en el análisis B, resultaron valores negativos en todo el período de estiaje, lo cual evidencia no solo un problema de oferta en la cuenca, sino también un problema de demanda, debido al excesivo consumo de agua que se está realizando.
- 5.1.3** Se comprobó mediante los resultados obtenidos, que los usos desarrollados en la cuenca ejercen un impacto sobre la cuenta de agua, puesto que a medida que se desarrolla más la unidad A, se limita el desarrollo de la unidad B, debido a que esto aumenta el déficit de agua, especialmente en la época de sequía. Por lo que para poder desarrollar la unidad B, bien sea en la actualidad o a futuro, se debe regular los usos en la unidad A, de manera que haya agua disponible para los usos que se quieran desarrollar en la unidad B.
- 5.1.4** Se evidenció, la existencia de una problemática tanto en la oferta como en la demanda de recursos hídricos, sin considerar el cambio climático, por lo que se intuye que, al tomar en cuenta el cambio climático en la cuenta de agua, los resultados pudiesen ser más dramáticos, para lo cual es necesario el cálculo de la cuenta de agua tomando en cuenta dicha variable.

- 5.1.5 Con la metodología aplicada y el uso de hojas de cálculo del programa Excel, se pudo automatizar la cuenta de agua, de forma que cualquier cambio en los valores de un determinado ítem, arrojaba cambios automáticos, lo cual permite observar los resultados de la disponibilidad real del agua (flujo saliente no comprometido) y de los indicadores de forma inmediata y de esta manera determinar rápidamente el tipo de problema que se pudiese estar presentando en la cuenca.
- 5.1.6 Permitió además, esbozar cuáles podrían ser los impactos ambientales que pudiesen estarse realizando sobre el recurso hídrico en el área de estudio y sus posibles soluciones.
- 5.1.7 La cuenta de agua a diferencia de los balances hídricos comunes, permitió discriminar hacia dónde va el agua y dónde está la problemática, para así tomar decisiones más acertadas.
- 5.1.8 En términos de planificación del recurso hídrico, se pudieron proponer estrategias de gestión del agua mediante el uso de los resultados obtenidos en los indicadores de la cuenta de agua, donde se determinaron estrategias relacionadas a manejo de la oferta y al manejo de la demanda en un corto, mediano y largo plazo.
- 5.1.9 Los resultados de la cuenta de agua pueden llegar a traducirse en cambios y políticas que conlleven al buen manejo de los recursos hídricos.
- 5.1.10 Fue imposible evaluar la cuenta de agua incluyendo la calidad, debido a la falta de datos.
- 5.1.11 La calidad de la información es una limitante.

5.2. RECOMENDACIONES

- 5.2.1 Se recomienda analizar a futuro la posibilidad de considerar el cambio climático para la cuenta de agua.
- 5.2.2 **Al ente gubernamental con competencia en el tema ambiental**, se recomienda utilizar la cuenta de agua como herramienta para la toma de decisiones en cuanto al otorgamiento de concesiones de aprovechamiento hídrico. Sin embargo, para darle mayor valor agregado a la cuenta de agua, se exhorta a lo siguiente:
- 5.2.2.1 Levantamiento de información hidrológica de forma constante en el área de estudio.
- 5.2.2.2 Elaboración de campañas de muestreos de agua para generar información sobre calidad del agua, así dar mayor valor agregado a la cuenta de agua.
- 5.2.2.3 Se recomienda cuantificar la demanda de agua mensual real de las poblaciones así como los retornos de agua desde los usuarios al río.
- 5.2.2.4 Realizar estudios detallados sobre evaporación y evapotranspiración real en el área.

5.2.2.5 Realizar estudios sobre eficiencia de riego actual para así obtener valores más precisos sobre demanda bruta de riego.

5.2.2.6 Se recomienda levantar información más precisa sobre el Caudal Ecológico requerido en el río Santo Domingo, ya que es una pieza de información importante, puesto que de él depende el sostenimiento de la vida de especies animales y vegetales en los cursos de agua.

5.2.3 A los entes productivos privados, se recomienda lo siguiente:

5.2.3.1 Realizar un cambio en el tipo de riego utilizado en los sistemas de producción agrícola, cambiando de riego por aspersión a riego por goteo, según sea el caso.

5.2.3.2 Optimizar los sistemas de riego de manera de minimizar el consumo de agua de los cultivos sin afectar sus rendimientos productivos.

5.2.3.3 Construir obras de captación de agua de lluvia para garantizar el recurso durante la época de estiaje.

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Allen R.; Pereira L.; Raes D.; Smith M. (2006). Evapotranspiración del Cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Documento 56). Roma, FAO
- Casanova, E. (2005). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas
- CEPAL – REDESA, Comisión Económica para América Latina. Red de Instituciones y Expertos en Estadísticas Sociales.(2003).Cuentas Ambientales en los países de América Latina y el Caribe: Estado de Situación.[Documento en línea].Disponible en: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/3/13643/doc_ISA.pdf. [Consulta: 15/03/2013]
- CIDIAT (2012). Estudio de disponibilidad y demanda de recursos hídricos en el COMINSI. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida: Autor
- CIDIAT-UAPIT (2010). Estudio de Impacto Ambiental y Sociocultural del Proyecto “Refinería Batalla de Santa Inés”, Estado Barinas. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Unidad de Asesoría de Proyectos e Innovación Tecnológica. Universidad de los Andes. Mérida: Autor
- CIDIAT (2006). Estudio Socio ambiental específico para la ubicación de la refinería “Batalla de Santa Inés” y generación de un polo de desarrollo sustentable. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida: Autor
- CONAMA (1999). Cuentas Ambientales del Recurso Agua en Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Documento de trabajo N° 11. Serie Economía Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile: Autor.
- FEDUPEL (2006). Manual de trabajos de grado de especialización y maestrías y tesis doctorales. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas.
- FUNINDES-USB. (2010a). Línea Base en el Bloque Barinas. Componente Físico Natural. Fundación de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar. Caracas: Autor
- HIDROANDES (2005). Diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua, Sistema Ciudad de Barinas, Municipio Barinas. Coordinación de Ingeniería de Operaciones. Hidrológica de la Cordillera Andina C.A. Barinas: Autor
- HIDROANDES (1999). Sistemas de abastecimiento de agua potable y aguas servidas manejados por HIDROANDES en el estado Barinas. Fichaje para: Inventario nacional de aguas aprovechadas con fines de abastecimiento urbano y sus aguas servidas por parte del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Renovables. Hidrológica de los Andes. Barinas: Autor

IDEAM (2010). Estudio Nacional del Agua. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.[Documento en línea]. Disponible: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/021888>. [Consulta: 15/03/2013]

INE (2011). Censo de población y vivienda del estado Barinas. Instituto Nacional de Estadísticas. División Político Territorial. Caracas: Autor

INE (2003). XIII Censo general de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas. Caracas: Autor

INE (2001). Censo de población y vivienda del estado Barinas. División Político Territorial. Instituto Nacional de Estadísticas. Caracas: Autor

INPROCONSULT y HIDROVEN, 1999c. Diagnóstico, evaluación y prospección de los acueductos rurales del Estado Barinas: Torunos. Barinas: Autor

INPROCONSULT y HIDROVEN, 1999d. Diagnóstico, evaluación y prospección de los acueductos rurales del Estado Barinas: San Silvestre. Barinas: Autor

INPROCONSULT y HIDROVEN, 1999e. Diagnóstico, evaluación y prospección de los acueductos rurales del Estado Barinas: Santa Inés. Barinas: Autor

INPROCONSULT y HIDROVEN, 1999f. Diagnóstico, evaluación y prospección de los acueductos rurales del Estado Barinas: El Real. Barinas: Autor

INPROCONSULT y HIDROVEN, 1999g. Diagnóstico, evaluación y prospección de los acueductos rurales del Estado Barinas: La Luz. Barinas: Autor

IARNA (2009) Cuenta Integrada de Recursos Hídricos: Bases Teóricas, Conceptuales y Metodológicas. Instituto de Agricultura, Recurso Naturales y Ambiente Universidad de Landívar. Guatemala. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.url.edu.gt/iarna>. [Consulta: 22/02/2014]

MARN. (1983). Región Natural 8. Llanos Altos Occidentales Húmedos. Sistemas Ambientales de Venezuela. Ministerio del Ambiente y los Recursos Renovables. [Documento en línea]. Disponible: http://sigot.geoportalsb.gob.ve/centro_documentacion/#. [Consulta: 11/03/2013].

MPPAT – INDER, (2011). Proyecto de Desarrollo Agrario Socialista eje Río Santo Domingo Río Pagüey, Estado Barinas. Fichas descriptivas y de avance 2010. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras e Instituto Nacional de Desarrollo Rural. Barinas: Autor.

MINAMB (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente). (2006). Propuesta de un plan de conservación y protección de la planicie inundable margen derecha del río Santo Domingo. Barinas: Autor.

Molden David (1997). Accounting for Water Use and Productivity. System – Wide Initiative for Water Management (SWIM). Sri Lanka

Ley de Aguas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 38.595, Enero 02, 2007.

Ley del Plan de la Patria: Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación Período 2013 – 2019. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela 6.118, Diciembre 04, 2013

Paris, M. et.al. (2013). Manual “Las Miradas del Agua”. Red latinoamericana de desarrollo de capacidades para la gestión integrada del agua. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.la-wetnet.org/lasmiradasdelagua/>. [Consulta: 22/02/2014]

Pérez R. José A. (2003). Valoración Económica del Agua: Aspectos teóricos y prácticos. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Universidad de los Andes. Mérida

Pochat Victor. (2008). Principios de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Bases para el Desarrollo de Planes Nacionales. Global Water Partnership. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Bases%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Planes%20Nacionales.pdf. [Consulta: 23/03/2013]

Ruíz E., Ceballos D. (2005). Cuenta Física del Agua para la Ordenación de una Cuenca en un Bosque Seco Tropical (San Juan de Urabá). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Colombia. Medellín: San Juan de Urabá.

Taylor P., et al. (2008) Gestión Integrada de los Recursos Hídricos para Organizaciones de Cuencas Fluviales: Manual de Capacitación. [Documento en línea]. Disponible: [http://unesco-ihe.org/Nile/IWRM-Net, LA-WETnet, Lanka CapNet, AguaJaring, SWECO e IWMI](http://unesco-ihe.org/Nile/IWRM-Net,LA-WETnet,LankaCapNet,AguaJaring,SWECOeIWMI). [Consulta: 22/01/2014]

United Nations Organization (2009). Environment Statistics. United Nations Statistical Commission. New York: UN.

UNESCO, WWAP y UNSD (2012). Marco para el Monitoreo de las Políticas Hídricas Sistema de cuentas ambientales y económicas del agua (SCAE-Agua) y Recomendaciones internacionales para las estadísticas del agua (RIEA). [Documento en línea]. Disponible: www.unesco.org/water/wwap [Consulta: 10/03/2013]

WORLD WIDE FOUNDATION. (2010). Caudal Ecológico: Salud al Ambiente, agua para la gente. [Documento en línea]. Disponible en: http://awsassets.panda.org/downloads/fs_caudal_ecologico.pdf [Consulta: 29/05/2014]

Lista de Apéndices

A.1. Proyección de Evaporación 1970 – 1995. Estación Barinas - Aeropuerto	147
A.2. Proyección de Evapotranspiración (Eto) 1970 – 1995. Estación Barinas – Aeropuerto.....	148
B. 1. Sistema de abastecimiento de agua Torunos	149
B.2. Sistema de abastecimiento de agua potable San Silvestre	150
B.3. Sistema de abastecimiento de agua potable Santa Inés	151
B.4. Sistema de abastecimiento de agua potable El Real.....	152
B.5. Sistema de abastecimiento de agua potable La Luz	153
C. 1. Oferta de agua superficial (m ³ /s). Período 1970 – 1995.....	154
C.2. Oferta de agua subterránea (Hm ³ /mes) Período 1970 – 1995.....	155

www.bdigital.ula.ve

APENDICES

Cuadro A.1. Proyección de Evaporación Período 1970 - 1995. Estación Barinas - Aeropuerto

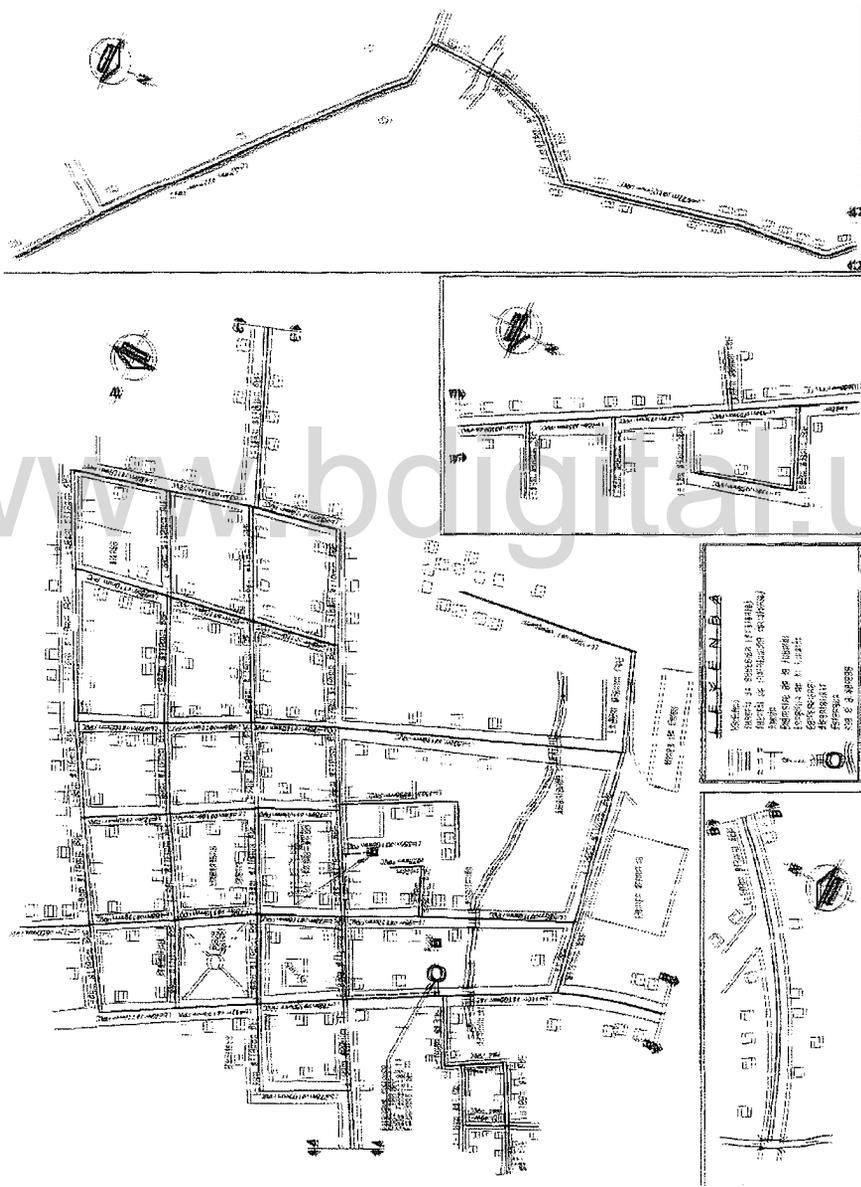
EVAPORACIÓN BARINAS-AEROPUERTO												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1970	154,8	180,6	200,7	166,3	145,6	111	111,8	114	111,3	128,1	137,3	104,9
1971	156,5	158,2	211,4	197,2	130,8	132,2	126,1	133	124	122,1	124,1	143
1972	144,5	194,3	173,2	122,6	111,6	114,9	122,8	142,3	139,9	145,5	142,7	143
1973	181,4	221,8	237,4	216,7	186,4	137,1	143,5	135	129	155,6	130	165,3
1974	196,5	198,7	226,8	181,6	147	152	128,4	160	135,1	139,5	127,9	167,9
1975	264,4	270,6	290,4	265,8	165,3	169,6	145,4	179,3	172,8	183,1	163,7	180,4
1976	228,9	181,1	184,1	142,1	109,8	90,8	100,2	119,9	123	138,2	140	153,6
1977	256,1	269,2	266,9	217,1	157,5	151	153,7	159,4	164,3	176,1	166,8	210,1
1978	253,8	259,5	252,7	164	157,4	130,9	154,4	131,4	157,9	167,4	134,2	175,2
1979	248,3	278	213,2	163	154,7	115,8	134	174,5	165,2	152,9	156,1	148,7
1980	216	246,5	296,8	227,8	152,9	135,7	117,7	154,8	164,5	175,2	178,4	186,7
1981	236,9	198,8	237,5	94,9	115,8	126,4	136,2	150,9	149,9	168,7	174,6	174,9
1982	221,6	194,8	243,7	153,1	142,6	124,4	137	150	147,4	152	142,9	136,5
1983	209,9	253,5	265,1	144	104,8	124,8	142	151,9	154,9	156,3	158,4	157
1984	200,6	214,5	291,6	286,4	234,7	128,7	131,3	152,6	144,7	151,3	141,1	174,8
1985	229,4	279,6	266,6	250,2	180,9	132,7	149,6	149,9	163	166,6	149,8	192,5
1986	231,8	221,9	284	181,8	134,2	130,1	164,6	137,5	130,8	125,9	162,3	182,1
1987	214,9	243,1	251,5	203,6	154,1	154	124,9	129,8	184	174,4	171,5	189
1988	239,8	218	308,2	249,9	195,8	150,5	144,5	167,8	164,7	163,7	148,8	173,7
1989	188,6	172,6	234	259,2	166,2	165,8	143	175,5	159,4	158,1	159	163,7
1990	196,3	214,1	196	183,6	145	123,8	147,6	166,8	170,6	163,2	151,6	173,8
1991	230	245,3	229,4	190,4	175,8	151,9	129,4	157,2	143,3	138,5	141,7	180,8
1992	158,4	168,3	204	151,9	103,3	104,2	93,3	112,3	140,4	187,3	171,7	239,9
1993	196,9	222,5	215,5	167,8	144,5	120,8	143,1	155,6	166	151,4	143,8	193,1
1994	235,5	229,1	243,6	173,7	143,6	142,1	135,7	155,5	139,7	150,7	163,3	168,8
1995	277,8	326,1	311,4	232,9	174,2	137,8	127,1	125,6	203,5	165,7	183,2	180,3
	214,22	225,41	243,68	191,85	151,33	133,03	134,13	147,79	151,20	157,60	152,49	171,53
COEFICIENTE DE TINA =									0,75			

Fuente: CIDIAT (2012).

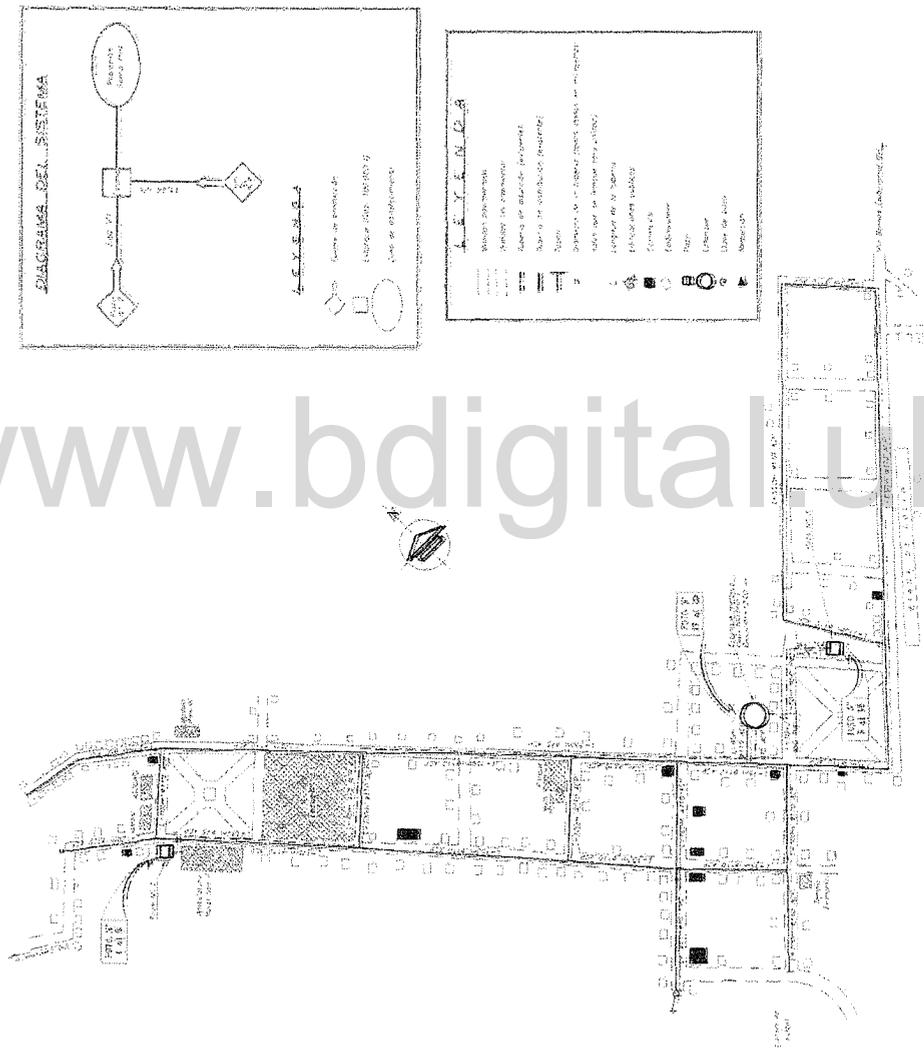
Cuadro A.2. Proyección de Evapotranspiración (Eto) Período 1970 – 1995. Estación Barinas – Aeropuerto.

AÑO	ETO REFERENCIAL											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1970	127,7	149,0	174,6	140,9	120,1	91,6	101,5	106,9	104,3	118,2	117,4	86,5
1971	129,1	130,5	183,9	167,1	107,9	109,1	114,4	124,7	116,3	112,6	106,1	118,0
1972	119,2	160,3	150,7	103,9	92,1	94,8	111,4	133,4	131,2	134,2	122,0	118,0
1973	149,7	183,0	206,5	183,7	153,8	113,1	130,2	126,6	120,9	143,5	111,2	136,4
1974	162,1	163,9	197,3	153,9	121,3	125,4	116,5	150,0	126,7	128,7	109,4	136,5
1975	218,1	223,2	252,6	225,3	136,4	139,9	132,0	168,1	162,0	168,9	140,0	148,8
1976	188,8	149,4	160,2	120,9	90,6	74,7	90,9	112,4	115,3	127,5	119,7	126,7
1977	211,3	222,1	232,2	184,0	129,9	124,6	139,5	149,4	154,0	162,5	142,4	173,3
1978	209,4	214,1	219,8	139,0	129,9	108,0	140,1	123,2	148,0	154,4	114,7	144,5
1979	204,8	229,4	185,5	138,1	127,6	95,5	121,6	163,6	154,9	141,1	133,5	122,7
1980	178,2	203,4	258,2	193,1	126,1	112,0	106,8	145,1	154,2	161,6	152,5	154,0
1981	195,4	164,0	206,6	80,4	95,5	104,3	123,6	141,5	140,5	155,6	149,3	144,3
1982	182,8	160,7	212,0	129,8	117,6	102,6	124,3	140,6	138,2	140,2	122,2	112,6
1983	173,2	209,1	230,6	122,0	86,5	103,0	128,9	142,4	145,2	144,2	135,4	129,5
1984	165,5	177,0	253,7	242,7	193,6	106,2	119,2	143,1	135,7	148,8	129,6	144,2
1985	189,3	230,7	231,9	212,0	149,2	109,5	135,8	140,5	152,8	153,7	128,1	158,8
1986	191,2	183,1	247,1	154,1	110,7	107,3	149,4	128,9	122,6	116,1	138,8	150,2
1987	177,3	200,6	218,8	172,6	127,1	127,1	113,3	121,7	153,8	160,9	146,6	155,9
1988	197,8	179,9	266,1	211,8	161,5	124,2	131,1	157,3	154,4	151,0	127,2	143,3
1989	195,6	142,4	203,6	219,7	137,1	136,8	129,8	164,5	149,4	145,8	135,9	135,1
1990	161,9	176,6	170,5	155,6	119,6	102,1	133,9	156,4	159,9	150,6	129,6	143,4
1991	189,8	202,4	199,6	161,4	145,0	125,3	117,4	147,4	134,3	127,8	121,2	149,2
1992	130,7	138,8	177,5	128,7	85,2	86,0	84,7	105,3	131,6	122,8	146,8	197,9
1993	162,4	183,6	187,5	142,2	119,2	99,7	129,9	145,9	157,5	167,3	122,9	159,3
1994	194,3	189,0	211,9	147,2	118,5	117,2	123,1	145,8	131,0	139,0	139,6	139,3
1995	229,2	269,0	270,9	197,4	143,7	113,7	115,3	117,8	190,8	132,9	156,6	148,7

Fuente: CIDIAT (2012)

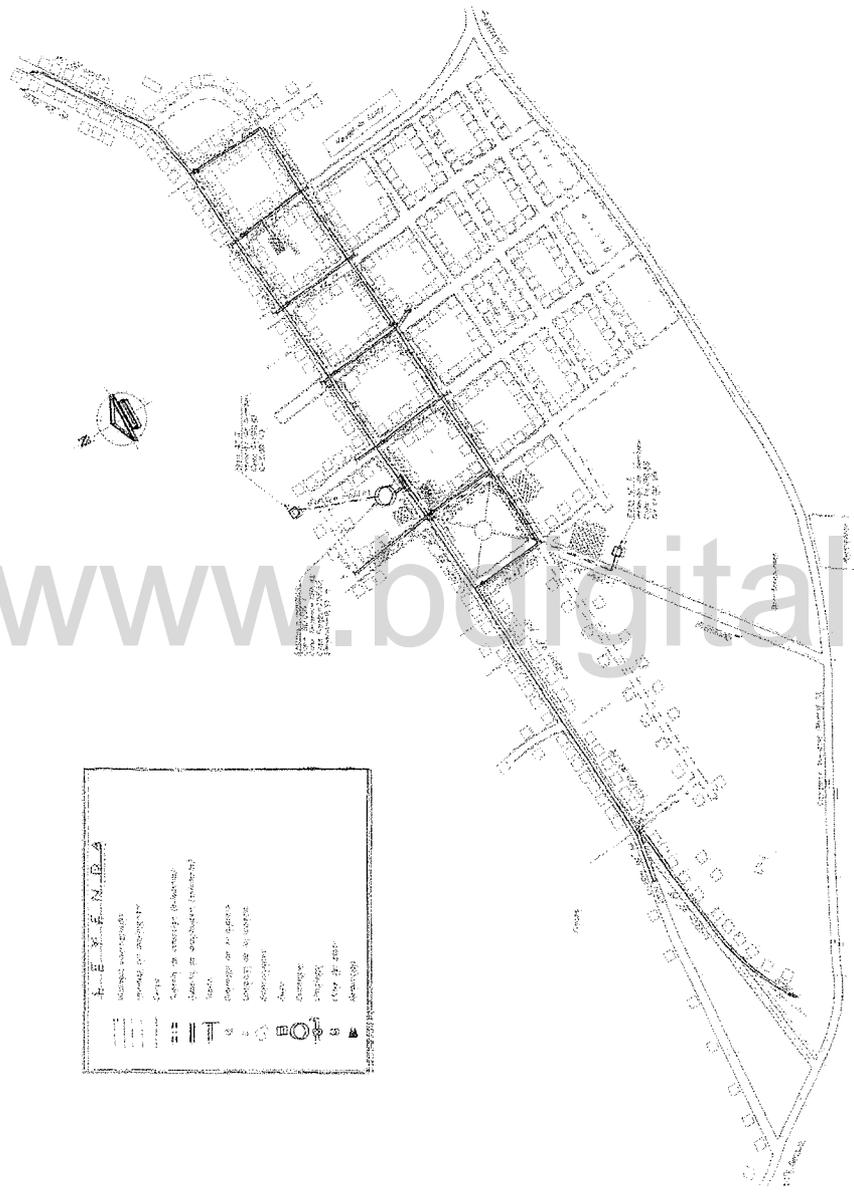


Fuente: INPROCONSULT e HIDROVEN, (1999c).
Figura B. 1. Sistema de abastecimiento de agua Torunós



Fuente: INPROCONSULT e HIDROVEN, (1999e).

Figura B.3. Sistema de abastecimiento de agua potable Santa Inés



Fuente: INPROCONSULT e HIDROVEN, (1999).
Figura B.5. Sistema de abastecimiento de agua La Luz

Cuadro C1. Oferta de agua superficial (m³/s). Período 1970 – 1995.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	22,74	12,81	5,83	25,31	45,60	102,17	106,11	161,04	108,08	102,61	65,97	43,66
1971	28,04	22,37	14,40	18,26	55,72	67,72	64,17	103,53	96,88	76,55	60,25	36,13
1972	48,74	39,20	57,30	155,34	127,60	131,24	126,84	125,48	107,22	89,47	61,40	37,54
1973	19,58	9,98	4,92	25,28	42,27	58,26	80,17	86,08	104,52	95,25	68,58	37,11
1974	17,37	8,92	4,08	38,91	51,91	62,29	60,24	73,91	112,30	96,04	74,57	39,94
1975	18,42	9,40	17,38	23,93	55,19	70,43	62,22	70,53	77,53	101,10	62,63	34,83
1976	16,97	8,43	11,93	67,32	69,59	215,86	103,37	132,68	89,81	84,46	61,58	33,84
1977	15,83	8,06	5,14	17,76	105,88	131,46	167,79	112,48	94,88	71,06	50,89	26,15
1978	12,07	6,14	8,02	78,34	100,78	202,83	118,56	158,19	138,05	95,04	66,07	40,74
1979	21,15	10,78	18,95	64,08	96,82	170,94	154,84	125,47	102,94	101,75	105,47	75,77
1980	41,58	20,48	8,89	51,25	92,64	130,62	154,47	151,66	127,01	116,40	78,31	41,97
1981	19,44	14,45	17,89	103,13	152,57	211,24	112,85	123,79	119,45	93,32	77,16	45,64
1982	22,84	12,94	10,11	72,73	160,56	136,09	132,69	91,86	86,62	68,91	50,45	27,55
1983	13,09	6,89	3,06	91,16	138,10	187,63	144,61	135,58	103,34	86,22	54,25	31,30
1984	15,64	8,36	3,75	8,02	31,70	89,97	102,71	107,32	100,22	80,65	68,00	37,17
1985	17,24	8,78	7,68	19,92	61,30	76,88	91,95	153,04	114,83	108,18	85,25	56,33
1986	31,14	16,23	8,04	81,95	99,38	145,89	129,46	120,48	134,51	118,56	75,10	39,33
1987	18,37	9,75	7,35	14,28	42,93	76,92	118,48	170,47	111,47	107,92	71,81	37,46
1988	17,24	8,49	3,68	18,43	40,47	80,78	101,67	140,54	136,13	120,36	91,89	49,48
1989	23,21	14,13	6,74	4,13	42,00	66,05	131,20	119,93	124,94	110,63	63,99	31,15
1990	15,15	10,60	44,68	110,71	134,90	178,93	143,33	164,16	121,81	103,38	89,25	54,47
1991	28,25	14,58	10,46	47,54	43,66	61,05	83,37	123,06	118,67	99,80	69,68	37,17
1992	17,25	9,09	5,12	39,55	78,73	136,26	131,08	131,51	116,01	77,57	65,61	36,53
1993	17,50	8,88	6,74	55,70	86,68	214,87	124,82	139,64	140,48	83,30	51,87	26,49
1994	12,46	6,74	28,19	76,05	96,94	135,56	126,12	118,20	134,80	92,70	65,31	34,71
1995	16,53	8,37	4,94	28,53	49,18	86,61	91,43	117,82	95,09	85,63	50,74	25,36

Fuente: CIDIAT (2012)

Cuadro C2. Oferta de agua subterránea (Hm³/mes) Período 1970 - 1995.

Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1970	4,37	2,08	1,03	2,24	5,80	9,90	13,12	15,32	15,60	14,36	11,50	7,68
1971	5,10	3,39	2,48	2,46	5,59	9,10	9,75	11,31	13,07	12,18	9,92	6,72
1972	6,01	6,43	6,85	11,09	14,77	15,76	16,01	15,92	15,05	13,45	10,56	6,80
1973	3,77	1,74	0,81	2,30	5,58	7,74	9,86	11,67	12,77	13,33	11,40	7,13
1974	3,36	1,54	0,71	2,80	6,94	8,87	9,04	9,94	12,01	13,42	11,93	7,75
1975	3,56	1,64	1,48	3,42	6,15	8,98	9,69	9,66	10,54	11,83	10,80	6,50
1976	3,28	1,51	1,18	5,38	9,71	12,62	16,26	17,08	14,62	12,20	10,35	6,47
1977	3,07	1,41	0,65	2,02	7,15	12,64	15,50	15,81	13,98	11,57	8,67	5,07
1978	2,34	1,07	0,64	5,19	11,00	15,15	15,82	16,04	16,64	14,88	11,24	7,36
1979	4,11	1,89	1,52	5,73	10,59	15,75	16,27	16,40	14,88	13,69	13,72	12,36
1980	6,07	3,72	1,71	3,29	8,83	13,05	15,35	16,77	16,40	15,49	12,94	9,06
1981	3,77	1,82	2,55	7,23	13,03	16,19	16,24	15,41	15,25	14,09	11,91	8,46
1982	4,43	2,05	1,47	5,19	11,51	14,96	15,92	14,60	12,45	11,04	8,58	5,25
1983	2,53	1,16	0,53	4,20	11,16	15,26	16,71	16,74	15,22	13,09	9,67	5,89
1984	3,01	1,40	0,66	0,74	3,39	8,29	12,19	13,75	13,71	12,51	10,62	7,17
1985	3,35	1,54	0,75	2,46	6,21	9,63	11,67	13,89	15,13	14,51	13,10	9,91
1986	5,94	2,83	1,33	4,84	10,86	14,13	15,66	15,69	15,72	15,75	12,89	7,56
1987	3,53	1,63	0,97	1,79	4,69	8,63	12,23	15,24	15,61	14,43	12,08	7,25
1988	3,35	1,54	0,71	1,21	4,76	8,72	11,70	14,33	15,64	15,68	14,02	9,48
1989	4,49	2,12	1,19	0,71	2,94	7,75	11,78	14,39	15,09	14,88	11,51	5,99
1990	2,81	1,52	3,95	9,50	14,65	16,04	17,01	17,21	16,53	14,83	13,19	9,91
1991	5,48	2,52	1,39	4,29	6,97	7,73	10,22	12,97	14,60	14,30	11,74	7,15
1992	3,35	1,54	0,81	3,19	8,48	12,95	15,49	16,33	15,74	13,07	10,14	6,96
1993	3,36	1,55	0,75	4,36	9,72	13,40	15,57	15,98	16,34	14,09	9,28	5,01
1994	2,41	1,12	2,39	7,23	11,34	13,78	15,38	15,43	15,57	14,51	11,06	6,82
1995	3,18	1,47	0,68	2,68	6,29	9,47	11,98	13,63	13,75	12,44	9,23	4,80

Fuente: CIDIAT (2012)

Cuadro D1. Demanda bruta de riego para planicie del río Santo Domingo en mm/mes.m² (período 1970 – 1995)

Demanda Bruta de Riego 1970 - 1995 mm/mes.m²											
ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
183,00	193,20	270,90	115,40	6,80	0,00	0,00	0,00	4,60	0,00	108,90	33,40
167,70	180,70	268,20	99,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,20	138,60
89,00	219,20	27,90	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	0,00	107,10	103,40
237,30	303,70	302,30	161,40	98,50	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	36,10	193,70
257,60	225,20	305,20	175,00	11,60	30,20	0,00	0,00	0,00	8,70	29,10	226,50
358,20	358,20	322,30	237,30	0,00	27,70	0,00	63,80	82,70	0,00	134,70	216,40
196,50	236,10	198,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	0,00	118,50	156,20
349,90	367,90	291,10	259,20	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00	70,70	117,40	284,80
337,60	354,90	307,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,80	32,70	192,50
341,40	373,40	158,40	26,10	0,00	0,00	0,00	44,50	6,00	0,00	0,00	48,20
294,80	332,90	421,60	63,50	0,00	0,00	0,00	56,60	0,00	0,00	167,20	236,70
325,00	177,10	232,40	0,00	0,00	0,00	47,60	0,00	0,00	16,50	35,30	184,90
293,00	228,70	321,80	0,00	0,00	0,00	0,00	21,10	0,00	42,00	61,30	116,90
275,70	339,80	357,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,80	0,00	157,20	153,20
238,90	270,10	416,80	307,70	133,10	0,00	0,00	0,00	0,00	87,80	14,00	226,40
314,60	380,70	347,30	193,70	0,00	0,00	0,00	0,00	78,60	0,20	83,50	219,10
303,70	295,30	383,30	67,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	99,60	225,60
283,60	307,80	242,60	154,70	0,00	37,00	0,00	0,00	48,50	0,00	68,10	238,80
327,60	279,30	429,60	256,20	89,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,90	209,30
244,10	156,40	327,00	306,60	0,00	0,00	0,00	37,70	0,00	0,00	131,10	157,90
249,70	263,50	156,40	93,30	0,00	0,00	0,00	0,00	28,90	0,00	0,00	197,30
315,20	322,00	199,20	63,00	78,10	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	69,40	236,40
215,70	202,40	257,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,90	84,10	299,20
258,40	298,90	220,60	28,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	53,90	15,20	238,30
316,20	293,70	274,10	75,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,40	183,60
360,90	443,20	414,30	159,10	21,20	0,00	0,00	0,00	742,60	69,90	189,80	218,40
274,43	284,78	286,68	109,37	16,88	3,65	1,83	9,13	43,26	18,39	77,65	189,83

Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012).

Cuadro D2. Demanda bruta de riego para planicie del río Santo Domingo en mm/mes.m² (periodo 2012- 2036)

Año/Mes	Demanda Bruta de Riego proyectado (mm/mes). Periodo 2012 - 2036											
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
2012	270,3	156,4	200,9	0	0	0	0	0	31,2	0	118,4	115,7
2013	170	278,5	282,7	0	174,2	0	0	0	0	0	0	149
2014	260,2	310,6	386,2	258,1	151,3	74,5	0	0	28,8	156,6	22,4	163,4
2015	220,8	212,6	209,1	0	0	0	0	0	98,2	81,9	50,5	172,7
2016	284	288,5	291,6	222,7	0	0	0	0	164	0	20,4	176,9
2017	272,6	300,3	269,9	76,9	0	0	0	62,4	0	0	0	139,9
2018	248,5	188,2	299	0	0	0	0	0	0	0	0	183,1
2019	171,9	268,6	342,9	0	0	0	0	0	0	0	0	119,5
2020	176,9	275,2	300,7	0	0	0	0	0	20,5	46,1	18,6	63,9
2021	50	138	33,3	0	0	0	0	175,1	75,7	0	0	166,4
2022	249,4	296,3	353	6,8	0	0	0	58,2	201,2	126,2	91,7	232
2023	303,5	294,5	112,6	0	0	0	0	0	0	0	194,5	219,9
2024	295,5	306	327,5	338,9	0	0	0	0	224,8	0	131	201
2025	288,7	222,9	247,5	146,1	0	0	0	0	0	0	0	184
2026	270,4	294,9	385,4	352,9	0	0	0	0	0	198	0	195,7
2027	289,4	299,5	343,8	317,3	267,4	186,1	0	0	0	135,9	192,2	163,1
2028	277,4	92,6	31,6	7,2	0	150,1	0	126,5	0	9,2	0	199,3
2029	276,5	293	322,4	229,9	0	0	0	96,7	0	0	0	95,5
2030	157,3	99,2	127	274,9	0	0	0	0	76,5	130,3	0	155
2031	268,8	216,2	193,7	203,3	0	0	0	0	132,7	237,1	88,2	263,9
2032	290,8	169,3	257,5	0	0	0	0	54,7	0	0	0	61,1
2033	250,6	254,2	250,2	0	0	0	0	0	113,8	0	103,5	207,9
2034	301,2	315,5	373,7	215,5	0	0	0	73,4	0	228,5	8	243,5
2035	297,4	308,2	359,6	335,4	409,3	198,7	0	26,5	44,8	279	315,1	286,9
2036	329,4	266,6	317,9	358,5	50	0	0	68,7	0	0	120,2	211,9
PROM. MENS	250,86	245,91	264,79	133,78	42,09	24,38	0,00	29,69	48,49	65,15	58,99	174,85

Fuente: Elaboración propia, basado en CIDIAT (2012).