

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
1. MARCO REFERENCIAL .....	13
1.1 ESTADO DEL ARTE.....	13
1.2 MARCO TEORICO.....	16
1.2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA .....	16
1.2.2 TIPOS DE DRENAJES .....	18
1.2.3 SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	20
1.2.4 ÍNDICE DE ESCASEZ (RELACIÓN DEMANDA OFERTA HÍDRICA). 21	
1.2.5 BALANCE HÍDRICO .....	23
1.2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	25
1.3 ANTECEDENTES .....	26
2. OBJETIVOS .....	29
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	29
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	29
3. ALCANCES .....	30
3.1 DELIMITACION ESPACIAL .....	30
3.2 DELIMITACION TEMPORAL.....	31
4. METODOLOGÍA .....	32
4.1 FASES DE LA INVESTIGACIÓN .....	33
4.1.1 FASE DE DIAGNOSTICO.....	34
4.1.2 FASE DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.....	36
4.1.3 FASE DE SÍNTESIS .....	39
4.2 IMPLEMENTACION DE SIG.....	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
5.1 FASE DE DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA.....	41

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

5.1.1	MORFOLOGÍA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUACHACA.....	41
5.1.2	CLIMA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUACHACA	47
5.1.3	DESCRIPCIÓN DE LA RED HÍDRICA .....	54
5.1.4	ESCORRENTÍA SUPERFICIAL .....	57
5.1.5	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	59
5.1.6	COBERTURA VEGETAL .....	64
5.1.7	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS.....	67
5.1.8	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS.....	70
5.1.9	USO DEL SUELO Y CONFLICTOS DE USO.....	70
5.2	FASE DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.....	73
5.2.1	OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL NETA .....	73
5.2.2	DEMANDA DE AGUA TOTAL.....	74
5.3	FASE DE SÍNTESIS .....	74
5.4	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS INVESTIGACIONES 79	
6.	CONCLUSIONES .....	81
7.	RECOMENDACIONES .....	84
8.	BIBLIOGRAFIA .....	85

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## INDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Estructura jerárquica de la cuenca hidrográfica (Maas, 2005) .....	17
Figura 2. Esquema del Sistema Natural de la Cuenca Hidrográfica (Corporación autónoma del Valle, 1995) .....	18
Figura 3. Ubicación Río Guachaca .....	31
Figura 4. Esquema de Fases de la Investigación. ....	33
Figura 5. Esquema de Índice de Escasez.....	37
Figura 6. Tipos de Usos del suelo de la cuenca del Río Guachaca.....	73

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Drenajes .....	19
Tabla 2. Información suministrada para el desarrollo del trabajo de grado .....	35
Tabla 3. Categorías del índice de escasez .....	36
Tabla 4. Parámetros Morfométricos de la Cuenca del Río Guachaca. ....	41
Tabla 5. Parámetros Morfométricos de las subcuencas del Río Guachaca .....	41
Tabla 6. Clases de Tamaños de las Subcuencas Km <sup>2</sup> .....	45
Tabla 7. Clases de elevaciones de las Subcuencas .....	45
Tabla 8. Clases de longitudes de cauces por Subcuencas .....	46
Tabla 9. Clases de factor de forma por Subcuencas .....	46
Tabla 10. Clases de coeficiente de compacidad por subcuencas.....	47
Tabla 11. Clases de coeficiente de alargamiento por subcuencas .....	47
Tabla 12. Unidades geológicas de la cuenca del Río Guachaca.....	59
Tabla 13. Unidades Geomorfológicas de la cuenca del Río Guachaca.....	62
Tabla 14. Cobertura Vegetal de la cuenca del Río Guachaca .....	66
Tabla 15. Estimaciones y proyecciones con base en los censos DANE 1985, 1993 y 2005.....	68
Tabla 16. Demanda de agua total de la cuenca del Río Guachaca .....	74
Tabla 17. Resultados obtenidos en la cuenca del río Neusa y en la cuenca del río Guachaca .....	79

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1. División por Subcuencas de la cuenca del Río Guachaca .....	44
Mapa 2. Temperatura media anual de la cuenca del Río Guachaca .....	49
Mapa 3. Evaporación media anual de la cuenca del Río Guachaca .....	50
Mapa 4. Precipitación media anual de la cuenca del Río Guachaca .....	52
Mapa 5. Evapotranspiración media anual de la cuenca del Río Guachaca .....	53
Mapa 6. Curvas de nivel de la cuenca del Río Guachaca .....	55
Mapa 7. Red Hídrica de la cuenca del Río Guachaca.....	56
Mapa 8. Escorrentía media anual de la cuenca del Río Guachaca .....	58
Mapa 9. Geología de la cuenca del Río Guachaca .....	61
Mapa 10. Geomorfología de la cuenca del Río Guachaca .....	63
Mapa 11. Cobertura Vegetal de la cuenca del Río Guachaca .....	65
Mapa 12. Número de habitantes de la cuenca del Río Guachaca .....	69
Mapa 13. Usos de Suelo de la cuenca del Río Guachaca.....	71
Mapa 14. Oferta hídrica de la cuenca del Río Guachaca .....	76
Mapa 15. Demanda Hídrica de la cuenca del Río Guachaca .....	77
Mapa 16. Índice de escasez de la Cuenca del Río Guachaca .....	78

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo principal determinar el índice de escasez de la cuenca del río Guachaca en el Departamento del Magdalena, mediante el análisis de la escorrentía superficial y la demanda de agua generada por los usos del suelo, de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, con el fin de establecer su disponibilidad y plantear recomendaciones para su conservación y uso sostenible.

En el presente estudio, se utilizó información secundaria generada por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (I.H.S.A) de la Universidad de Cartagena, a partir de registros de estaciones meteorológicas del IDEAM, curvas isoyetas del departamento del Magdalena y planos IGAC de usos del suelo. Del desarrollo de la metodología se obtuvieron las características morfométricas de la cuenca relacionadas con la forma, el relieve y la Hidrografía de la 57 subcuencas en que se dividió la zona. Se determinó la demanda de agua basándose en la población actual y futura en las Subcuencas, y los diferentes usos del suelo y cultivos presentes en la misma; También se calculó la oferta hídrica dentro de la cuenca, y finalmente se determinó el índice de escasez para las subcuencas. Los resultados indican que la mayor parte de las subcuencas de la parte alta de la cuenca presentaron un índice no significativo, lo que se traduce en que la demanda de agua en estas zonas de la cuenca no es significativa, esto se debe principalmente a la presencia de grandes extensiones de bosque, aproximadamente el 91% del área total de la cuenca, mientras que en las subcuencas N° 54 y 55, las que se ubican en la parte baja de la cuenca presentaron índice alto y en la N° 56 ubicada también la parte baja, presentó índice medio, esto se debe a que estas tierras están destinadas a cultivos de plátano y banano los que demandan grandes cantidades de agua. Finalmente, se recomienda un mayor control sobre los cultivos permanentes estableciendo algunas zonas de protección en la parte baja de la cuenca.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the index of scarcity of Guachaca river basin in the Department of Magdalena, by analyzing surface runoff and water demand generated by land use, according to the methodology proposed by the IDEAM, in order to establish their availability and make recommendations for their conservation and sustainable use.

In the present study, we used secondary information generated by the Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (I.H.S.A) de la Universidad de Cartagena, records from weather stations IDEAM, isohyets curves of the Department of Magdalena and IGAC Planning land use. The development of the methodology was obtained the morphometric basin characteristics related to the shape, topography and hydrography of the 61 sub-basins in which the area was divided. Water demand based on the current and future population in the sub-basins , and the different land uses and crops present therein was determined ; The water supply within the basin was also calculated , and finally the scarcity index for sub-basins was determined. The results indicate that most of the sub-basins of the upper part of the basin showed a non-significant rate , which means that water demand in these areas of the basin is not significant, this is mainly due to the presence large tracts of forest, about 91% of the total area of the basin, while in sub-basins N ° 54 and 55, which are located in the lower part of the basin had high rate and the No. 56 are located also lower part , presented average rate , this is because these lands are intended for plantain and banana which require large amounts of water. Finally, more control over establishing permanent crops some protection zones in the lower part of the basin is recommended.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## INTRODUCCIÓN

La escasez de los recursos hídricos de calidad surge como un problema ambiental importante a nivel mundial. En Colombia, uno de los requerimientos para la gestión del recurso hídrico es el parámetro índice de escasez, denominado también Índice de aridez, cuya metodología de cálculo fue propuesta por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), definiéndose este como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas que se realizan en una zona y la oferta hídrica disponible. El índice de escasez puede ser evaluado haciendo referencia a dinámicas de forma multianual, anuales, estacionales, semestrales e incluso mensuales. El análisis multianual se recomienda para horizontes de planificación de largo plazo y evaluaciones sobre efectos de cambio climático. (Gonzalo Rivera, Domínguez Calle, Marín Ramírez, & Venegas, 2004).

A nivel internacional se ha evaluado el índice de escasez debido a que se ha identificado este parámetro como una muestra clara de la relación que existe entre la demanda potencial de agua y la oferta hídrica disponible en las fuentes de abastecimiento (Rentería Flores & Pérez Arredondo, 2010; Astorga Yamileth, Rivas Casas, 2008).

A nivel nacional, universidades y Corporaciones Autónomas Regionales vienen realizando estudios en los cuales se evalúa el índice de escasez en las cuencas de diferentes ríos del territorio nacional (Durán Santos & Suárez, 2011,) implementando la metodología propuesta por el IDEAM<sup>1</sup> para determinar el índice de escasez, el que se considera como una relación porcentual entre la oferta y demanda hídrica (Durán y Suárez, 2011; Infante Romero & Ortiz, 2008).

A través del Grupo de Investigación de Hidráulica y Manejo Costero GIHMAC, dentro de la línea de investigación de Manejo de cuencas hidrográficas y drenaje urbano en zonas costeras, y con información secundaria que posee el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (I.H.S.A) de la Universidad de Cartagena, se buscó determinar

---

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

el índice de escasez de la cuenca hidrográfica del Río Guachaca localizado en el departamento del Magdalena en la zona norte, entre las coordenadas 11° 2'37.21"N y 73°58'39.49"O (lugar de nacimiento del río) y 11°15'51.80"N y 73°49'13.53"O (lugar de desembocadura del río en el mar Caribe), mediante la metodología del análisis de la escorrentía superficial y la demanda de agua propuesta por el IDEAM (año), con apoyo de un sistema de Información geográfico, con el fin de establecer su disponibilidad y plantear recomendaciones para su conservación y uso sostenible.

Este estudio es importante debido a que el potencial hídrico de la cuenca ha garantizado durante muchos años el abastecimiento de agua para consumo humano y actividades agrícolas del corregimiento de su mismo nombre y de las comunidades indígenas Arhuaca, Kogui, Chimila y Arzaria, asentadas en la cuenca en su parte alta hacia el sureste, además hace parte del Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta y de la ecorregión Sierra Nevada de Santa Marta, una de las cinco ecorregiones definidas por la Corporación Regional, CORPAMAG, para el manejo del territorio del Departamento del Magdalena.

Para CORPAMAG es importante conocer el estado actual de las cuencas de su jurisdicción para de esta manera planificar y tomar decisiones sobre las acciones a ejecutar para garantizar el mantenimiento del recurso hídrico en el departamento del Magdalena.

La presente investigación da a conocer el estado actual del recurso hídrico en la cuenca del Río Guachaca. En la versión del año 2008 del Estudio Nacional del Agua se muestra el estado del índice de escasez para el departamento del Magdalena pero no especifica el estado de este índice para la cuenca en estudio en este trabajo de investigación.

Para el departamento del Magdalena, el Estudio Nacional del Agua presenta que este departamento tiene índice de escasez de agua bajo. En este trabajo de investigación se evidencia que el índice de escasez para río Guachaca presenta categoría no significativo para el 95% del área total de la cuenca, el otro 5% de área restante presenta índice alto y medio, ubicando estos en la parte baja de la cuenca. Esta zona de la cuenca que presenta

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

índice alto y medio, las actividades económicas que predominan son cultivos permanentes de banano y plátano; y zonas de recreación turísticas, siendo estas actividades las que mayor recurso hídrico demandan.

La intervención humana en la cuenca del río ha tenido un impacto negativo sobre el mantenimiento del recurso hídrico; los cultivos permanentes y las zonas de recreación turísticas son las actividades económicas que mayor impacto causan a la cuenca.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 ESTADO DEL ARTE

En la búsqueda en conservar la salud, en la cosecha de alimentos y en el crecimiento económico del ser humano, el agua juega el papel más importante. La corteza terrestre está cubierta en un 71% de agua, no obstante, el agua dulce solo representa el 3% de los recursos hídricos del planeta, de los cuales el 70 % de esa proporción no está disponible para el consumo humano debido a que se encuentra congelado en glaciares e icebergs. El agua que se dispone para el consumo proviene de ríos, manantiales, lluvias, lagos y acuíferos. (Roudi-Fahimi, Creel, & De Souza, 2002)

En el artículo “*River basin management, development planning, and opportunities for debate around limits to growth*”, sus autores exponen que algunos de los últimos paradigmas mundiales en la gestión del agua sostenible giran en torno a las ideas de promoción de una mayor integración en los procesos de implementación de políticas que incidan en la tierra y el agua, es decir se hace necesaria la creación de vínculos entre la gestión del agua y la planificación del uso del suelo. (Smith, 2014)

Es por eso que a nivel nacional e internacional se han realizado diversos estudios, que desde sus diferentes enfoques, han brindado herramientas o experiencias que tratan de identificar la escasez de agua y los usos que se le está dando a este preciado líquido.

En el año 2010, Rentería Flores & Pérez Arredondo, de la Universidad de Guanajuato en México, se plantearon el objetivo de calcular el índice de pobreza de agua en los treinta y dos (32) estados de la república Mexicana y con estos resultados comparar los diferentes niveles de pobreza hídrica que se presentan en este país. Utilizando variables tales como recursos, capacidad, acceso uso y medio ambiente; trataron de construir un índice valiéndose de diversos métodos de análisis multivariado de datos, pero los resultados obtenidos no fueron los esperados. Cada variable se optimizó utilizando una escala de 0 a 100 en función de los valores de cada una de estas, donde 0 era el peor índice posible y 100 el mejor. Luego promediaron los componentes de cada una de las

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

variables y se obtuvo un promedio de cada uno de estos, arrojando como resultado el valor del índice de pobreza de agua para cada estado.

Como este índice es de carácter numérico, se realizó una estratificación de acuerdo a la técnica de Dalenius–Hodge. Luego de aplicar esta técnica se establecieron 5 diferentes niveles de pobreza hídrica, muy baja, baja, media, alta y muy alta, y se clasificaron definiendo rangos de valores obtenidos en el índice.

De todo este proceso se obtuvo como resultado que los estados con índice de pobreza de agua muy baja presentan mejores indicadores en aspectos de desarrollo humano, la pobreza hídrica no solo significa escasez de agua sino que relaciona esta con la variable del acontecer humano y mayores niveles de infraestructura menores índices de pobreza hídrica. (Rentería Flores & Pérez Arredondo, 2010)

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) fue una de las primeras entidades en liderar a nivel internacional la producción de datos sobre el agua en el mundo, alrededor de la década de los años 60 en más de 182 países se inició la difusión de procedimientos estandarizados para obtener datos sobre el agua en el mundo. A partir de esta iniciativa se creó la Guía de Práctica Hidrológica, hoy aplicada en muchos países entre ellos Colombia. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM., 2010)

El índice de escasez es un indicador que ha tomado gran renombre a nivel internacional, debido a que este muestra claramente la relación que existe entre la demanda potencial de agua y la oferta hídrica disponible en las fuentes de abastecimiento. Se presenta escasez de agua cuando la cantidad de agua captada de los ríos, acuíferos o lagos es mayor a la capacidad de dichas fuentes. (UN, y otros, 1997)

En el estudio denominado “*Planificación con base en el balance hídrico (oferta – demanda disponibilidad frente a escenarios de cambio climático)*” realizado por Astorga Yamileth de la Universidad de Costa Rica, refleja que el balance hidrológico en una cuenca es de suma importancia para una buena planificación de la misma, pudiendo

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

determinarse si es posible utilizarla como fuente abastecedora de agua o si está siendo sobre explotada y en riesgo de agotamiento del recurso.

De igual manera Rivas Casas en el año 2008, analizó la influencia del uso del suelo y la vegetación en el balance hídrico de tres microcuencas de Tarimoro, Guanajuato de los años 1979, 2004 y se realizó una proyección para el 2020. Utilizando la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather. De 1979 a 2004 se apreció que la agricultura de temporada cambio a agricultura de riego en un 50% y en un 19% de matorral xerófilo a pastizal. Del análisis de los cambios presentados en el uso del suelo entre los años 1979 y 2004 se puede apreciar un cambio significativo en la evapotranspiración y una reducción en la humedad del suelo. A partir de estos se pronosticó la misma tendencia hacia el 2020, lo que se traduce en un incremento en el déficit hídrico. Al final de todas las observaciones se llegó a la conclusión que el uso del suelo y la cobertura vegetal presentes en la zona influyen directamente en el balance hídrico de la cuenca.

Estos estudios realizados en estos países no se llevaron a cabo con la misma metodología propuesta en nuestro país para la determinación del índice de escasez, pero puede ser tenido en cuenta para ver la relación que existe entre la metodología utilizada por ellos y la utilizada en nuestro país.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1.2 MARCO TEORICO

Para una mejor comprensión de lo que se pretende con este estudio, se hace referencia a los principales conceptos y teorías relacionadas con el tema de estudio, haciendo referencia a las distintas definiciones relacionadas con la cuenca hidrográfica, sostenibilidad y recurso hídrico, el cálculo del Índice de escasez y finalmente sobre los sistemas de información geográfica, SIG.

### 1.2.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

Revisada la bibliografía, se encontraron diferentes definiciones para la cuenca hidrográfica:

a. En el artículo 3 del Decreto 1640 de 2012, encontramos la siguiente definición: *“Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar”*. (Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.)

Una característica fundamental de las cuencas, es que en sus territorios se produce la interrelación e interdependencia entre los sistemas físicos y bióticos, y el sistema socio económico, formado por los usuarios de las cuencas, sean habitantes o interventores de la misma. La dependencia de un sistema hídrico compartido y de los caminos y vías de acceso, y el hecho de que deban enfrentar riesgos similares, confieren a los habitantes de una cuenca características socioeconómicas y culturales comunes. (Dourojeanni, 2002).

b. De una forma dinámica, se describe una cuenca como una especie de embudo natural, cuyos bordes son los vértices de las montañas y la boca es la salida del río o arroyo. Puede ser tan pequeña como la palma de la mano, o tan grande como un continente completo como se observa en la Figura 1. (Maas, 2005).

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---



Figura 1. Estructura jerárquica de la cuenca hidrográfica (Maas, 2005)

c. Un área que es fuente de recursos hidráulicos, en la cual debe haber un manejo planificado de los recursos naturales y de la preservación del ecosistema. El manejo de los recursos naturales de la cuenca es un complemento de la acción de administración del agua (Nadal, 1993).

d. Un espacio ocupado por un grupo humano, que genera una demanda sobre la oferta de los recursos naturales renovables y realiza transformaciones del medio. Bajo esta perspectiva, las acciones que se ejecutan para la gestión y manejo de recursos naturales son las mismas acciones que se ejecutan en un programa de desarrollo regional aplicado al espacio de la cuenca hidrográfica. (Varela, 1992)

e. Un sistema organizado de relaciones complejas tanto internas como externas. Es un sistema contenido dentro de otro sistema (ambiente) constituido por las interacciones de otros subsistemas (biofísico, social, económico, etc.), cuyo fin principal es producir bienestar a la sociedad que la gobierna (cantidad y calidad de agua, energía, insumos, alimentos, recreación, etc.). (Corporación Autónoma del Valle, 1995)

En la Figura 2 se esquematiza el sistema de la cuenca hidrográfica como habitualmente se suele representar.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

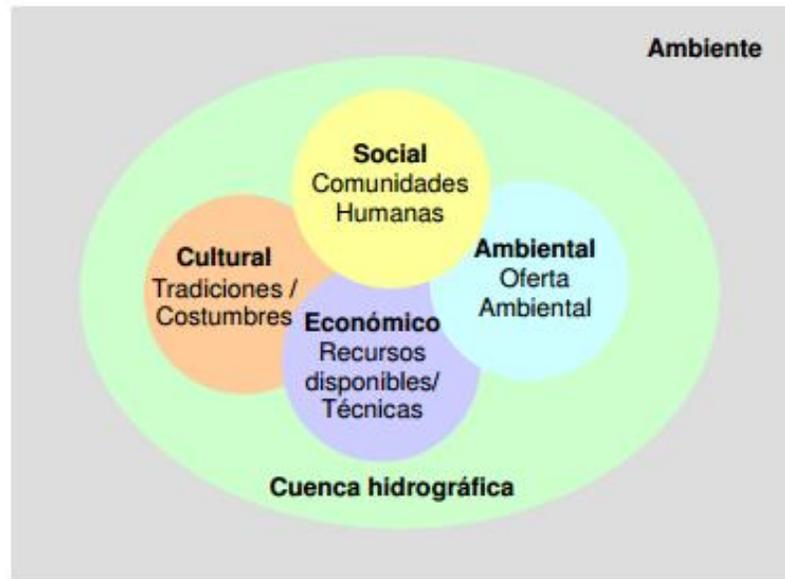


Figura 2. Esquema del Sistema Natural de la Cuenca Hidrográfica (Corporación autónoma del Valle, 1995)

Entonces vemos que para estos autores y en términos generales, las cuencas son espacios naturales ideales para llevar a cabo la planeación de los recursos naturales.

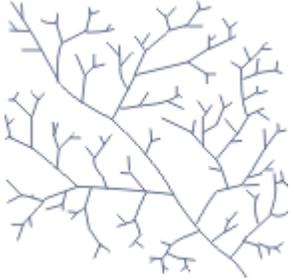
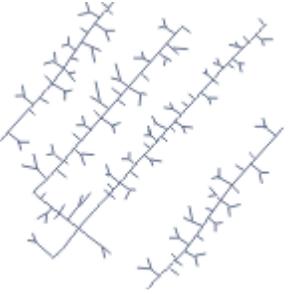
En este estudio se consideran las cuencas como unidades territoriales adecuadas para la ordenación debido a que son las formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que captan y concentran la oferta del agua que viene de las precipitaciones.

## 1.2.2 TIPOS DE DRENAJES

La superficie terrestre se va erosionando a medida que la escorrentía se va concentrando formando canales de drenaje, los cuales forman redes que recogen las aguas de toda la cuenca y las vierte en un único río que se halla en la desembocadura de la cuenca. Los patrones hidrográficos están tan íntimamente relacionados con la geología que son muy utilizados en geofísica para identificar fallas e interpretar estructuras. La clasificación de los principales patrones se describe en la Tabla 1.

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO  
GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

**Tabla 1. Tipos de Drenajes**

<b>Tipo de Drenaje</b>	<b>Esquema</b>	<b>Descripción</b>
Dendrítico		Se compara con pequeñas hebras o hilos. Son cursos pequeños, cortos e irregulares, que andan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo.
Rectangular		Es cuando entre los tributarios y el cauce principal se generan ángulos rectos. En éste hay un esquema más regular.
Enrejado		En este tipo los tributarios de primer orden son largos y de trazado recto, siendo a menudo paralelos a un curso principal. Los tributarios cortos confluyen con los canales mayores formando ángulos aproximadamente rectos.
Paralelo		Son canales paralelos que tienen una dirección definida por la pendiente regional del terreno. Cuando mayor sea la pendiente en una dirección, mayor y más paralelos serán los canales.
Radiales		En éste se aprecia que las pequeñas fuentes de agua salen de un punto central, indicando un punto elevado dentro del paisaje. Es típico de las montañas que terminan en forma de pico definido.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1.2.3 SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

La escasez de los recursos hídricos de calidad surge como un problema ambiental importante a nivel mundial (Callopin & Rijsberman, Three global water scenarios, 2000). Los recursos hídricos, indispensables para la vida humana y los procesos socioeconómicos, están siendo explotados por una población cada vez mayor y una producción económica creciente (World Resource Institute, 1997) y (World Water Council, 2003).

El término sostenibilidad, el cual aparece en los años 80, es la característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

Los recursos naturales se consideran finitos, por estar ligados a la capacidad social, tecnológica y económica del ser humano para hacer uso de ellos y para garantizar su recirculación y presencia en la naturaleza, en términos de calidad y de cantidad; Es decir que cuando el ser humano decide hacer uso del agua en su estado natural, para satisfacer sus necesidades, ésta pasa de ser un elemento natural para convertirse en recurso natural, este último relacionado directamente con el uso y a su vez con una afectación al medio ambiente.

Relacionando estos dos términos tendríamos que “sostenibilidad del recurso hídrico” se refiere a las características o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de recurso hídrico de la población actual y local sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer dicha necesidad.

Finalmente, para evaluar si las necesidades de agua de toda la población y el medio ambiente son seguros o si se puede asegurar que el agua es escasa o no, si se requiere un análisis de la cantidad de agua de una calidad determinada se originan ciertos indicadores entre ellos el Índice de Escasez.

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

### 1.2.4 ÍNDICE DE ESCASEZ (RELACIÓN DEMANDA OFERTA HÍDRICA).

Partiendo del importante papel que juega como elemento de consumo y de bienestar de los seres vivos, el agua adicionalmente actúa como materia prima de los diferentes sectores económicos. Colombia gracias a su localización geográfica, a su orografía y la diversidad de climas que presenta, es uno de los países con mayor riqueza hídrica en el mundo. Por este motivo es de suma importancia contar con indicadores que reflejen el estado del agua, no solo de la disponible de esta, sino de una relación que muestre la oferta disponible frente a la demanda que se presentan en las diferentes fuentes.

El IDEAM postuló un indicador llamado índice de escasez para reflejar esa relación y lo definió como la relación porcentual entre la demanda potencial de agua y la oferta disponible en las fuentes abastecedoras. El índice de escasez puede ser implementado a cualquier escala, desde un municipio, país, a un tramo de un río hasta una cuenca hidrológica. Los niveles de precisión y el alcance dependerán de la calidad de las mediciones efectuadas.

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico en el módulo N°4 del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico menciona el siguiente análisis para definir el índice de escasez, el cual incluye la definición de demanda y oferta hídrica.

*El agua constituye un elemento vital para la existencia de los seres humanos y para el bienestar del entorno ambiental en el que estos desarrollan sus actividades sociales y productivas. El desarrollo de estas actividades influencia, directa o indirectamente, a las fuentes proveedoras de agua. La explotación exagerada de una fuente de agua puede tener efectos sobre las características de la calidad del agua ofrecida y alterar la dinámica de flujo del agua transportándola desde la fuente abastecedora hasta la fuente receptora de efluentes, finalmente la excesiva presión sobre una fuente de agua puede conducir a su desaparición. En este sentido es importante para las labores de planificación sostenible del recurso conocer la cantidad de agua disponible, ofrecida por la fuente de agua, los niveles de demanda y las condiciones de interacción hidráulica necesarias para mantener la salud de la fuente abastecedora de agua. Esto significa que además de interpretar a una corriente*

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

*como fuente de agua para el consumo humano y abastecimiento de las actividades productivas, es necesario tener presente que como mínimo en la fuente debe quedar un remanente de agua capaz de garantizar las características de los caudales mínimos históricos y de abastecer la protección de las fuentes frágiles o vulnerables. Por lo anterior se distinguen dos conceptos de oferta: a) oferta total que refleja toda el agua que circula por la fuente abastecedora y b) oferta neta que define la cantidad de agua que ofrece la fuente luego de haber tomado en cuenta la cantidad de agua que debe quedar en ella para efectos de mantener la dinámica de aguas bajas (de estiaje o caudales mínimos) y para proteger las fuentes frágiles. Tomando en cuenta estas definiciones el índice de escasez se establece como la siguiente relación:*

$$I_e = \frac{D_t}{O_n} \times 100 \quad (2)$$

De donde,

$I_e$ : Índice de Escasez (%)

$D_t$ : Demanda de agua total (m<sup>3</sup>)

$O_n$ : Oferta hídrica superficial neta (m<sup>3</sup>)

En Colombia, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la Resolución 865 de 2004 adaptó la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales.

El cálculo del índice de escasez es el eje central del presente trabajo debido a que a partir del resultado obtenido y el análisis del mismo se pretenden identificar características que impacten positiva o negativamente a la cuenca hidrográfica y que son el punto de partida para que se propongan posibles acciones que ayuden a definir la conservación del recurso hídrico de la cuenca. Con esto se apunta a contribuir con la sostenibilidad del recurso hídrico para las poblaciones que habitan en la cuenca del río Guachaca.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1.2.5 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se refiere a la cuantificación de los recursos hídricos que ingresan a un sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado y es calculado a partir de la ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, que es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de mediciones directas en campo y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca (García Coll, Martínez Otero, & Vidriales Chan, 2008).

Para facilitar estos cálculos se considera que la cuenca es impermeable, es decir que las pérdidas profundas y que las variaciones de agua almacenadas son despreciables para un periodo generalmente de un año.

El estudio del balance hídrico es fundamental en el estudio de cuencas hidrográficas ya que permite hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre; es fundamental para conseguir un uso más racional de los recursos de agua en el espacio y en el tiempo, así como para mejorar el control y redistribución de los mismos; por ejemplo: trasvases de cuencas, control de máximas crecidas, etc. ; ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos, etc (Instituto de Hidrología de España & Unesco, 1982).

### 1.2.5.1 Cálculo del Balance hídrico

La ecuación del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca natural, no es más que la aplicación del principio de conservación de masa en el sistema e indica los valores relativos de entrada y salida de flujo y la variación del volumen de agua almacenada en la zona o masa de agua de la siguiente manera:

$$BH = Entradas + Almacenamiento + Salidas$$

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

### 1.2.5.1.1 Entradas

La entrada principal de agua en la cuenca, la constituye la precipitación, que aporta agua en forma de lluvia o granizo; La precipitación se distribuye a lo largo de la cuenca como escorrentía superficial, evaporación, infiltración a las zonas saturadas del suelo, se almacena en los lagos o embalses y percola a las zonas no saturadas aportando finalmente al caudal del río.

La medida de la precipitación se realiza a través de pluviómetros en las diferentes estaciones meteorológicas con las que cuenta el país, en donde se analiza la cantidad, intensidad y duración de la precipitación sobre una base espacial y temporal.

### 1.2.5.1.2 Salidas

Las salidas están representadas por la evaporación, siendo esta es el proceso por el cual el agua vuelve a la atmósfera, desde el estado líquido o sólido hasta el estado de vapor. También se produce transpiración hacia la atmósfera a través de las partes de las hojas en las plantas y árboles; Como estos procesos se encuentran interrelacionados, el término que se utiliza para definirlo es Evapotranspiración y es considerada como una de las salidas del sistema para el cálculo del balance. Existen tres tipos de evaporación-Evapotranspiración:

- Evaporación desde la superficie de un lago ( $E_o$ ), el cual es un parámetro dinámico, ya que varía para cada tipo de superficie, dependiendo del estado actual de humedad del suelo.
- Evapotranspiración real (ETR) que incluye la evaporación y transpiración desde la superficie terrestre, ya sea vegetal o de otro tipo, por lo que depende también de la saturación y tipo de suelo y se convierte en un parámetro muy difícil de calcular, en un esfuerzo por simplificar este término se introdujo la evapotranspiración potencial.
- Evapotranspiración potencial (ETP) se refiere a la transpiración de una matriz de suelo cuando su humedad se mantiene constante a capacidad de campo.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1.2.6 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial define los sistemas de información geográfica (SIG) y hace una reflexión sobre la implementación de los mismos en los procesos de ordenamiento y manejo de cuencas. Así:

*En muchas ocasiones se visualiza equivocadamente a los sistemas de información geográfica como el fin y no como un medio, como el análisis geográfico y no como una herramienta o instrumento para realizar el análisis geográfico. Es importante tener muy clara esta diferencia, ya que en la generación de escenarios de ordenamiento territorial ambiental, la base fundamental es el desarrollo de procesos de análisis y síntesis de información con visión de futuro, como base para la conformación imágenes hipotéticas.*

*Los sistemas de información geográfica son instrumentos para desarrollar ese proceso de análisis y síntesis, pero no son el proceso en sí. Tampoco las computadoras y los programas para operarlas constituyen el Sistema de Información Geográfica; aunque muy importantes, son únicamente el componente operativo de dichos sistemas.*

Siendo así, se puede afirmar que los Sistemas de Información Geográficas (SIG) juegan un papel primordial en la consecución de los objetivos del presente estudio, debido a que facilitaran la determinación de todos los factores que intervienen en el cálculo del índice de escasez de la cuenca del río Guachaca.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 1.3 ANTECEDENTES

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha postulado una metodología para determinar el balance hídrico de una cuenca. Esta consiste en la determinación del índice de escasez tomando como referentes la oferta y demanda de agua. En el país, varias universidades han aplicado esta metodología en función de determinar la disponibilidad de recurso hídrico en cuencas hidrográficas.

En el Río Pamplonita en el departamento de Norte de Santander, la corporación Autónoma regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR) y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas realizaron la evaluación hídrica de la cuenca de este Río, realizando un ajuste a la metodología de cálculo del índice de escasez propuesto por el IDEAM. El cambio más significativo realizado en la determinación de este índice fue en la definición del cálculo de la demanda por uso agrícola donde se reajustó de acuerdo a “los módulos de consumo de agua para los diferentes usos del recurso hídrico” propuestos por la Corporación autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) en el 2005. (Infante Romero & Ortiz, 2008)

De donde se planteó una nueva ecuación, de la cual se pueden estimar los litros de agua necesarios por segundo en una hectárea de determinado cultivo (l/s/ha). La nueva ecuación asumida para la demanda por uso agrícola es:

$$DUA = \frac{MR \times A \times Sm}{1000} \quad (1)$$

Dónde:

DUA: Demanda uso agrícola (m<sup>3</sup>/mes).

A: Área del cultivo.

Sm: Segundos del mes.

De los ajustes realizados a la metodología, se logró precisar el cálculo del índice de escasez. Llegando al resultado de que más del 80% se encuentra en un rango de escasez alto llevando eso a demostrar la necesidad de planificar el abastecimiento de las demandas en la cuenca. (Infante Romero & Ortiz, 2008)

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

En el año 2011, Durán y Suárez realizaron un proyecto de investigación titulado “Perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa”, en el cual calculaban el índice de escasez de dicho río utilizando la metodología del IDEAM. El cálculo de la oferta la cuantificaron por medio de las redes de seguimiento hidrológico existentes en la cuenca del río Bogotá. Mientras que el volumen de agua usada (demanda) para el desarrollo de actividades socioeconómicas, fue el resultado de las mediciones efectuadas en campo a través de entrevistas y aquellas reportadas por las instituciones relacionadas y autoridades ambientales regionales.

El cálculo del índice de escasez se calculó para tres escenarios climatológicos y su valoración se realizó según la escala propuesta por el IDEAM. En la condición climatológica de Tiempo Seco la categoría de Índice de Escasez fue medio, presentando un valor de 28.59 %. En Tiempo Medio la categoría de Índice de Escasez fue medio, con un valor de 20.15%. En Tiempo Húmedo la categoría de Índice de Escasez fue bajo, con un valor de 10,17%, valor que Indica que existe buena disponibilidad del recurso bajo esta condición climatológica, sin embargo se debe prever las necesidades hídricas de la cuenca cuando se presenta tiempo medio y seco formulando una estrategia de ordenamiento del recurso para tal fin. (Durán Santos & Suárez, 2011)

En el Estudio Nacional del Agua publicado en el año 2010 por el IDEAM, este da a conocer el estado del índice de escasez de agua en nuestro país donde se llega a conclusiones de que el conflicto entre el uso del territorio y la disponibilidad de agua se ve reflejada en la relación de demanda de agua y oferta hídrica. Este es evaluado para tres escenarios hidrológicos: para un año medio, un año modal y un año seco.

Para los tres escenarios evaluados se obtuvo, para el año seco el porcentaje de la población afectada por un índice de escasez alto alcanzó el 8% del total de la población del país mientras para un año medio y uno modal el 6% de la población es afectada por índices altos. Para el Departamento del Magdalena, en el cual se encuentra ubicada la cuenca de del río Guachaca, se obtuvo un índice de escasez bajo. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM., 2010)

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

En diferentes Corporaciones Autonomas Regionales a nivel nacional se vienen adelantando estudios de determinación de índice de escasez de agua en las cuencas de los ríos de sus jurisdicciones, con el fin de establecer el estado de la disponibilidad del recurso hídrico en sus respectivos departamentos. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM., 2010)

En los últimos años la Universidad de Cartagena ha venido brindando el apoyo técnico a la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG) en la formulación preliminar de los planes de ordenamiento y manejo de nueve de las cuencas hidrográficas de su jurisdicción. Para la conformación de estos y como fundamento para la zonificación se basaron en la determinación del índice de escasez, donde este fue analizado teniendo en cuenta parámetros tales como el nivel de cobertura vegetal, nivel de importancia cultural y susceptibilidad de amenazas. A partir del análisis de esta información se logró obtener una propuesta de zonificación que permitió fijar estrategias, programas y proyectos para un manejo integral de las cuencas.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el índice de escasez de la cuenca hidrográfica del Río Guachaca (Departamento de Magdalena), mediante la metodología del análisis de la escorrentía superficial y la demanda de agua propuesta por el IDEAM, con el fin de establecer su disponibilidad y plantear recomendaciones para su conservación y uso sostenible.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar mediante el sistema de información geográfica (SIG) las características del suelo, la morfología y los aportes de escorrentía de forma teórica de la cuenca hidrográfica del río de acuerdo con la información disponible.
- Calcular la oferta hídrica superficial de la cuenca del río Guachaca mediante la metodología del IDEAM.
- Determinar la demanda hídrica de la cuenca del río Guachaca a partir de los usos del suelo y la actividad económica de la cuenca.
- Calcular el índice de escasez para las subcuencas del Río de acuerdo con la metodología del IDEAM.
- Establecer de acuerdo con los valores del índice de escasez hallados, cuáles son los usos del suelo o, las actividades económicas que causan mayor impacto sobre el recurso y plantear posibles recomendaciones para implementar acciones de mitigación si fuera necesario.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 3. ALCANCES

Para el desarrollo del estudio se utilizó información secundaria suministrada por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (I.H.S.A) de la universidad de Cartagena, sobre registros del IDEAM, curvas isoyetas del Departamento del Magdalena y planos del IGAC de uso del suelo.

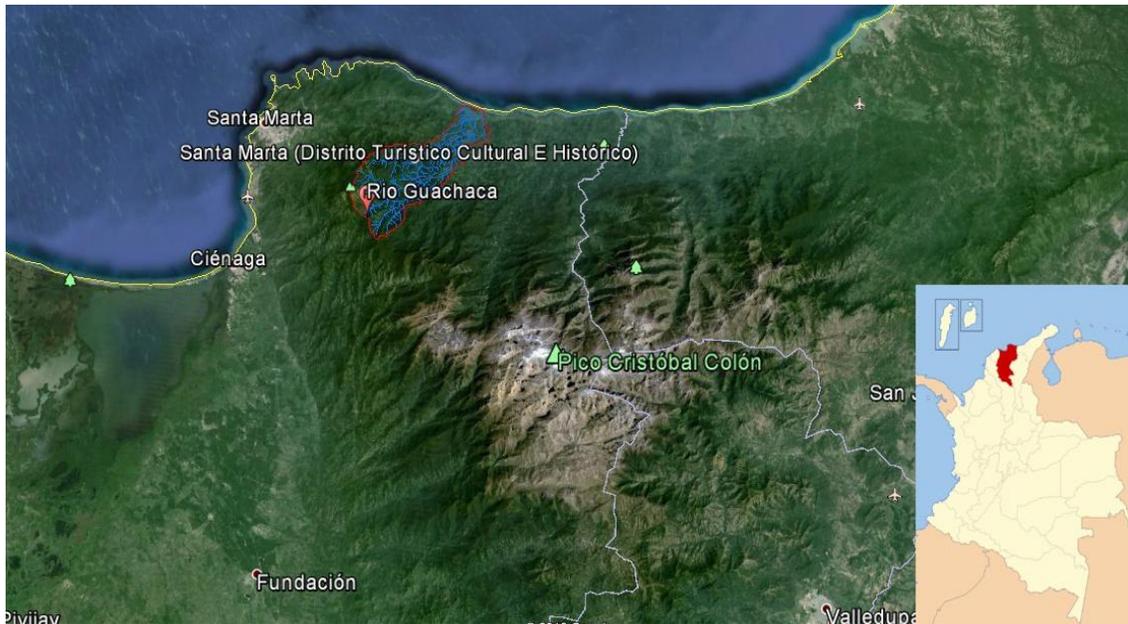
Se utilizó el Sistema de Información Geográfico, SIG, del IHSA para determinar las características y parámetros morfométricos de la cuenca y sus subcuencas. Los usos actuales del suelo de la cuenca se estimaron de imágenes satelitales de Google Earth. Se determinaron los mapas de oferta y demanda hídrica superficial para estimar el índice de escasez de la cuenca y sus subcuencas y se hizo con el SIG el respectivo mapa. Finalmente se dieron las recomendaciones a partir de los resultados obtenidos.

La investigación se encontró limitada por la información suministrada por el I.H.S.A y por el IGAC ya que no está actualizada al año 2013. Cabe destacar que este estudio se realizó para aguas superficiales ya que no se poseen datos para aguas subterráneas.

### 3.1 DELIMITACION ESPACIAL

El departamento de Magdalena limita al norte con el Mar Caribe, al sur con el departamento de Bolívar, al oriente con los departamentos de Cesar y La Guajira, y al occidente con los departamentos de Atlántico y Bolívar. Su territorio ocupa una superficie de 24.182 km<sup>2</sup>. La cuenca hidrográfica que es objeto de estudio de este trabajo de investigación se encuentra localizada en este departamento en la zona norte, entre las coordenadas 11° 2'37.21"N y 73°58'39.49"O (lugar de nacimiento del río) y 11°15'51.80"N y 73°49'13.53"O (lugar de desemboca de río en el Mar Caribe). La cuenca limita al norte con el Mar Caribe, por el este con la cuenca del río Buritaca y el Mar Caribe, por el sur con la cuenca del río Gaira y por el Oeste con las cuencas de los ríos Manzanares y Piedras. El cauce principal es el río Guachaca cuya longitud es de 43 km.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Figura 3. Ubicación Río Guachaca**  
Fuente: Modificado Google Earth 2013

## 3.2 DELIMITACION TEMPORAL

Este trabajo de grado se llevó a cabo a partir del segundo periodo del 2013 y parte del primer período del 2014, hasta que se cumplieron los objetivos ya planteados.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 4. METODOLOGÍA

En el desarrollo del presente trabajo de grado, desarrollado durante el primer semestre del año 2014, se buscó determinar el índice de escasez de la cuenca del río Guachaca en el departamento del Magdalena, esto con el fin de lograr identificar cuáles son las zonas que presentan mayor índice e identificar en estas zonas cuales con los usos que se le está dando al suelo y están causando degradación de la cuenca.

El tipo de investigación que se desarrollo es descriptiva puesto que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo o cosa se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. (Tamayo, 2004).

El esquema metodológico aplicado se inició con la revisión bibliográfica de las diferentes metodologías que a nivel internacional y nacional se han implementado para evaluar el estado de las cuencas de los ríos. Luego de realizar dicha revisión se encontró que a nivel internacional se ha evaluado el índice de escasez debido a que se ha identificado que este es una muestra clara de la relación que existe entre la demanda potencial de agua y la oferta hídrica disponible en las fuentes de abastecimiento.

A nivel nacional, universidades y Corporaciones Autónomas Regionales vienen realizando estudios en los cuales se evalúa el índice de escasez en las cuencas de diferentes ríos del territorio nacional. Esto lo logran implementando la metodología propuesta por el IDEAM<sup>2</sup> para determinar índice de escasez, la cual plantea que este es la relación porcentual entre la oferta y demanda hídrica.

---

<sup>2</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

## 4.1 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

En la determinación del índice de escasez en la cuenca del Río Guachaca se requirió en primera medida de una Fase de Diagnóstico o descripción de la cuenca en la cual se realizó un reconocimiento de la situación actual, esta fase aportó la información necesaria referente a las características biofísicas y socioeconómicas de la cuenca; la segunda Fase denominada Evaluación del índice de escasez, tuvo como fin determinar el estado en el que actualmente se encuentra el recurso hídrico de la cuenca desde el punto de vista de su relación oferta - demanda o en otras palabras desde el punto de vista del análisis del índice de escasez; y por último una tercera Fase de Síntesis cuya finalidad fue definir de acuerdo a los resultados obtenidos en la fase anterior, las posibles causas de dichos resultados y proponer recomendaciones para que la cuenca garantice la sostenibilidad del recurso hídrico para sus centros poblados.

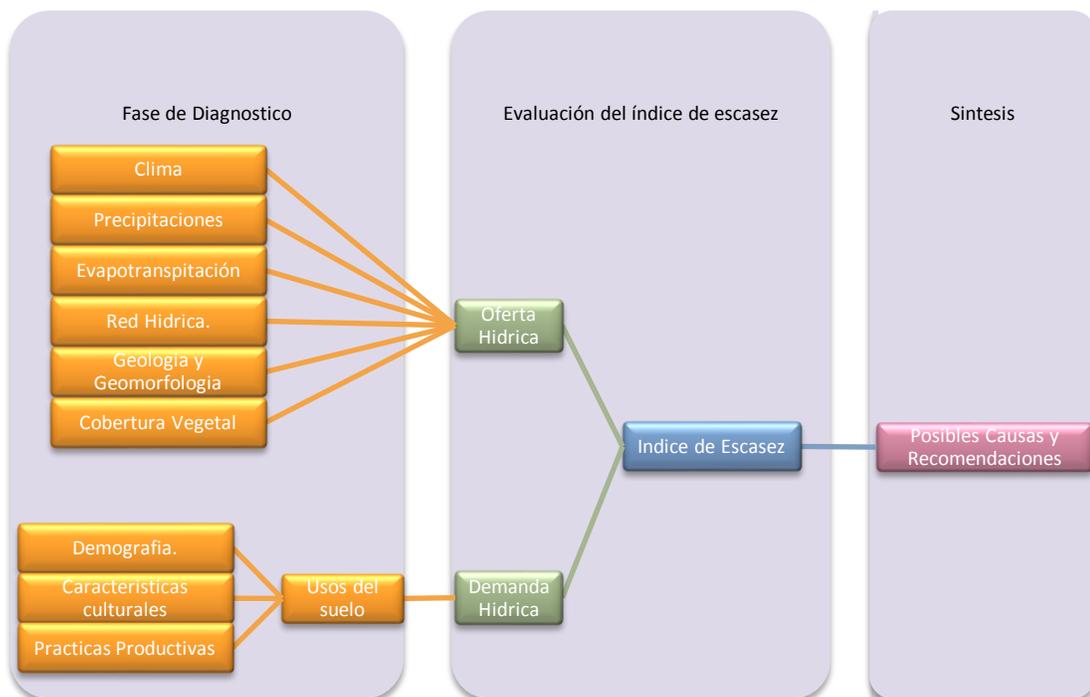


Figura 4. Esquema de Fases de la Investigación.  
Fuente. Autores.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 4.1.1 FASE DE DIAGNOSTICO

Para la descripción de los aspectos biofísicos y socioeconómicos de la cuenca se implementaron mecanismos de recolección de información que consistieron básicamente en revisiones bibliográficas sobre estudios en el área de la cuenca, en obtención y análisis de información cartográfica.

Como se describió en el marco teórico, el índice de escasez se determina a partir de la relación porcentual de demanda hídrica entre la oferta hídrica. La oferta hídrica se determina a partir de las características netamente biofísicas del territorio, contrario a la demanda hídrica que es determinada con base a características socioeconómicas y culturales.

Para el cálculo de la oferta hídrica se tuvieron en cuenta las siguientes características biofísicas: temperatura, precipitación, evaporación, evapotranspiración, red hídrica, escorrentía superficial, geología, geomorfología y cobertura vegetal. Y para el cálculo de la demanda hídrica las características socioeconómicas y culturales siguientes: demografía, infraestructura de servicios públicos, actividades productivas y sociales, todas estas características se resumen en el uso del suelo.

La revisión bibliográfica se realizó en base a documentación facilitada por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena (IHSA), quien realizó acompañamiento técnico a la CORPAMAG<sup>3</sup> en la formulación de Planes de Manejo para nueve cuencas hidrográficas del departamento del Magdalena. La documentación facilitada por el IHSA se relaciona en la Tabla 2, en la cual se resalta la necesidad de esta información para el desarrollo del estudio. Como resultados de estas consultas se obtuvo la lista de estudios que se relacionan en la tabla resaltando la importancia o relación que tienen para el presente trabajo.

---

<sup>3</sup> Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

**Tabla 2. Información suministrada para el desarrollo del trabajo de grado**

Tipo de Información		Contenido	Fuente y Fecha	Relación con el presente trabajo de tesis.
Estudio	Cartográfica			
	X	Distribución espacial de la temperatura, evaporación, precipitación y evapotranspiración media en la cuenca.	Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena, 2011	Esta información se necesita para determinar la oferta hídrica superficial de la cuenca.
	X	Configuración de la Red Hídrica de la .cuenca	Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena, CORPAMAG, 2011	Es una información necesaria para determinar la distribución espacial de la escorrentía en la cuenca. La red hídrica fue determinada a partir del plano de curvas de nivel de la cuenca a escala 1:25000, que a su vez fue definido con base en el modelo digital del terreno.
	X	Distribución espacial de la escorrentía de la cuenca.	Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena, 2011	Esta información se necesita para determinar la oferta hídrica superficial de la cuenca.
X		Demografía de la cuenca	Información oficial del Censo General del 2005 del Departamento Administrativo Nacional Estadística (DANE)	Es necesaria para calcular la cantidad de agua que demandan los centros poblados ubicados en la cuenca.

**Fuente. Autores**

El análisis de la información cartográfica se realizó con apoyo de sistema de información geográfica la plataforma ArcGis.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

## 4.1.2 FASE DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.

El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la resolución No. 865 de 2004 adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales desarrollada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Esta metodología se basa en la relación de demanda de agua y oferta hídrica superficial (ecuación 3).

$$I_e = \frac{D_t}{O_n} \times 100 \quad (3)$$

De donde,

$I_e$ : Índice de Escasez (%)

$D_t$ : Demanda de agua total (m<sup>3</sup>)

$O_n$ : Oferta hídrica superficial neta (m<sup>3</sup>)

De igual manera define rangos de valores y se les atribuye colores de acuerdo al valor calculado del índice de escasez.

Tabla 3. Categorías del índice de escasez

Categoría	Rango	Color	Explicación
Alto	> 50%	Rojo	Demanda alta
Medio alto	21-50%	Naranja	Demanda apreciable
Medio	11-20%	Amarillo	Demanda baja
Mínimo	1-10%	Verde	Demanda muy baja
No significativo	<1%	Azul	Demanda no significativa

Fuente. IDEAM.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

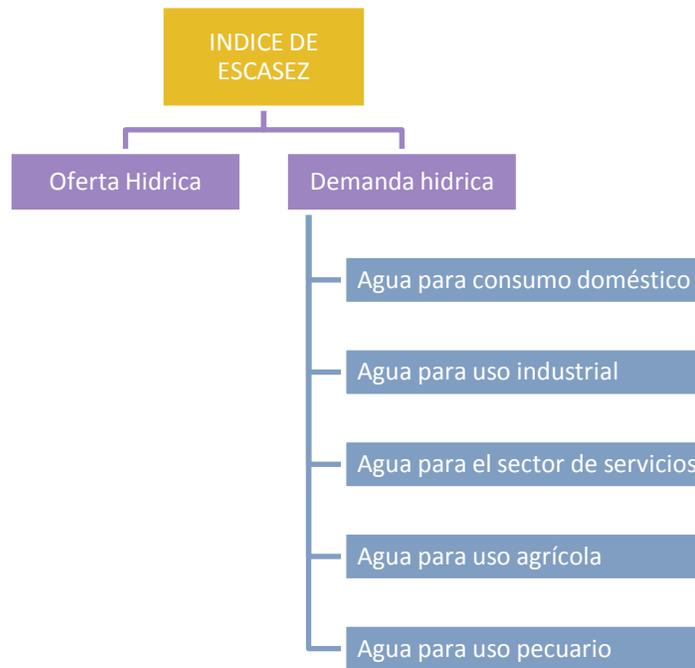


Figura 5. Esquema de Índice de Escasez.  
Fuente. Autores.

## 4.1.2.1 Demanda de agua total

El agua utilizada de fuentes superficiales y subterráneas en Colombia no ha sido contabilizada. Esto conlleva a que el sistema de información sobre uso del agua no sea continuo y homogéneo. Se puede hacer una aproximación de la demanda partiendo de los volúmenes de producción sectorial y de coeficientes de consumos de agua por tipo de producto o servicio. De esta manera la demanda total  $D_t$  de agua se expresa con la siguiente ecuación:

$$D_t = D_{ud} + D_{ui} + D_{us} + D_{ua} + D_{up} \quad (4)$$

De donde,

$D_{ud}$ : Demanda de agua para consumo doméstico;

$D_{ui}$  : Demanda de agua para uso industrial;

$D_{us}$  : Demanda de agua para el sector de servicios;

$D_{ua}$  : Demanda de agua para uso agrícola;

$D_{up}$  : Demanda para uso pecuario.

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

La demanda de agua para consumo doméstico  $D_{ud}$  expresada en  $m^3$  se determina a partir de la ecuación siguiente:

$$D_{ud} = D_{pcu} \times n_{hu} + D_{pcr} \times n_{hr} \quad (5)$$

Aquí,  $D_{pcu}$  – demanda per cápita urbana,  $n_{hu}$  – número de habitantes urbanos,  $D_{pcr}$  – demanda per cápita rural y  $n_{hr}$  – número de habitantes rurales.

La demanda de agua para uso industrial ( $m^3$ ) se obtiene como:

$$D_{ui} = \sum_{i=1}^n Vp_i \times Fc_{ji} \quad (6)$$

En este caso representan,  $Vp_i$  – volumen de producción y  $Fc_{ji}$  – factor de consumo de agua por tipo de producción.

La demanda de agua por sector de servicio se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$D_{us} = \sum_{i=1}^n N_i \times Fcs_i \quad (7)$$

En (6),  $N_i$  – número de establecimientos por tipo de servicio y  $Fcs_i$  – factor de consumo por tipo de servicio.

La demanda de agua para uso agrícola se determina así:

$$D_{ua} = [P(ETP \times kc)] \times ha \quad (8)$$

Donde,  $P$  – precipitación,  $ETP$  – evapotranspiración potencial,  $kc$  – coeficiente de uso de agua del cultivo y  $ha$  – número de hectáreas cultivadas.

La demanda para uso pecuario es:

$$D_{up} = \sum_{i=1}^n Vpa_i \times Fca_i \quad (9)$$

Aquí,  $Vpa_i$  representa el volumen de producción por tipo de animal y  $Fca_i$  el factor de consumo según tipo de animal.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 4.1.2.2 *Oferta hídrica superficial neta.*

La oferta hídrica se determina a partir de la oferta total utilizando la siguiente ecuación:

$$O_n = O_t \times (1 - R_e - R_{it}) \quad (10)$$

Donde;

$O_t$ : Oferta hídrica superficial total (m<sup>3</sup>).

$R_e$ : Factor de reducción para mantener el régimen de estiaje.

$R_{it}$ : Factor de reducción por irregularidad temporal de la oferta hídrica.

## 4.1.3 FASE DE SÍNTESIS

Esta última fase consistió en analizar los resultados obtenidos en la fase evaluación de índice de escasez; determinar las posibles causas que estén ocasionando presiones o impactos en la cuenca o por el contrario determina las potencialidades de la misma. Esto se logró a partir de comparar la categoría en la que la subcuenca se clasificó con los usos del suelo definidos en esta. Finalmente proponer someramente soluciones y/o recomendaciones al manejo del recurso hídrico de esta cuenca.

## 4.2 IMPLEMENTACION DE SIG

El procesamiento y análisis de los datos se realizaron bajo las plataformas de trabajo de GOOGLE EARTH y ArcGIS. Del primero se obtuvo las imágenes satelitales del área de la cuenca, luego se exportaron a ArcGIS utilizando georreferenciación para posteriormente realizar fotointerpretación sobre estas y definir polígonos de la cobertura vegetal de la cuenca.

ArcGIS cuenta con extensiones de herramientas que facilitan el análisis de la información cartográfica. Entre las extensiones que maneja esta plataforma se utilizaron las siguientes para el desarrollo del presente trabajo de grado:

- *Spatial Analyst Tools.*

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

- *Interpolation, IDW, Kriging y Spline* que sirven para generar mapas de isoyetas a través de métodos matemáticos y geoestadísticos.
- *3D Analyst Tools*, esta tiene opciones para el cálculo de las líneas de drenajes de la cuenca a partir de las curvas de nivel del terreno. También facilita la definición de características morfométricas de la cuenca.

Las operaciones matemáticas necesarias para la determinación del índice de escasez tales como la definida en la ecuación (3), se realizarán con la herramienta de *Raster Calculator* del mismo programa. Esta herramienta realiza operaciones matemáticas a partir de las imágenes generadas en el proceso llamadas *Raster*.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se ha descrito anteriormente, la investigación se compone de tres fases, a continuación se presentan los resultados y análisis de cada una de estas y adicionalmente un capítulo donde se compararon los resultados obtenidos con otras investigaciones.

### 5.1 FASE DE DIAGNÓSTICO DE LA CUENCA

#### 5.1.1 MORFOLOGÍA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUACHACA

La determinación de los parámetros morfométricos de la cuenca del río Guachaca se realizó con el fin de encontrar características importantes de forma y comportamientos en el entorno y en el flujo hídrico. Se determinaron los parámetros Morfométricos y los índices de forma, alargamiento y compacidad que se encuentran tabulados en la tabla 4. Y para un mejor estudio de la cuenca, se dividió en 57 subcuencas hidrológicas, mostradas en el Mapa 1 y se midieron los siguientes parámetros que se muestran resumidos en la tabla 5 el área, el perímetro, cota máxima, media y mínima, y las pendientes. Posteriormente se compararon entre sí cada una de las subcuencas obteniéndose clases de valores para homogeneizar los datos y así generar el análisis correspondiente.

Tabla 4. Parámetros Morfométricos de la Cuenca del Río Guachaca.

Parámetro	Magnitud
Área de la Cuenca	268.14 Km <sup>2</sup>
Perímetro	89.65 Km
Longitud	43.05 Km
Ancho máx. De la cuenca	10.2 Km
Cota de Nacimiento	2825
Cota de llegada	0
Diferencia de nivel	2825
Factor de Forma	0,14
Coefficiente de compacidad	1,54
Índice de alargamiento	3,09

FUENTE: Autores

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

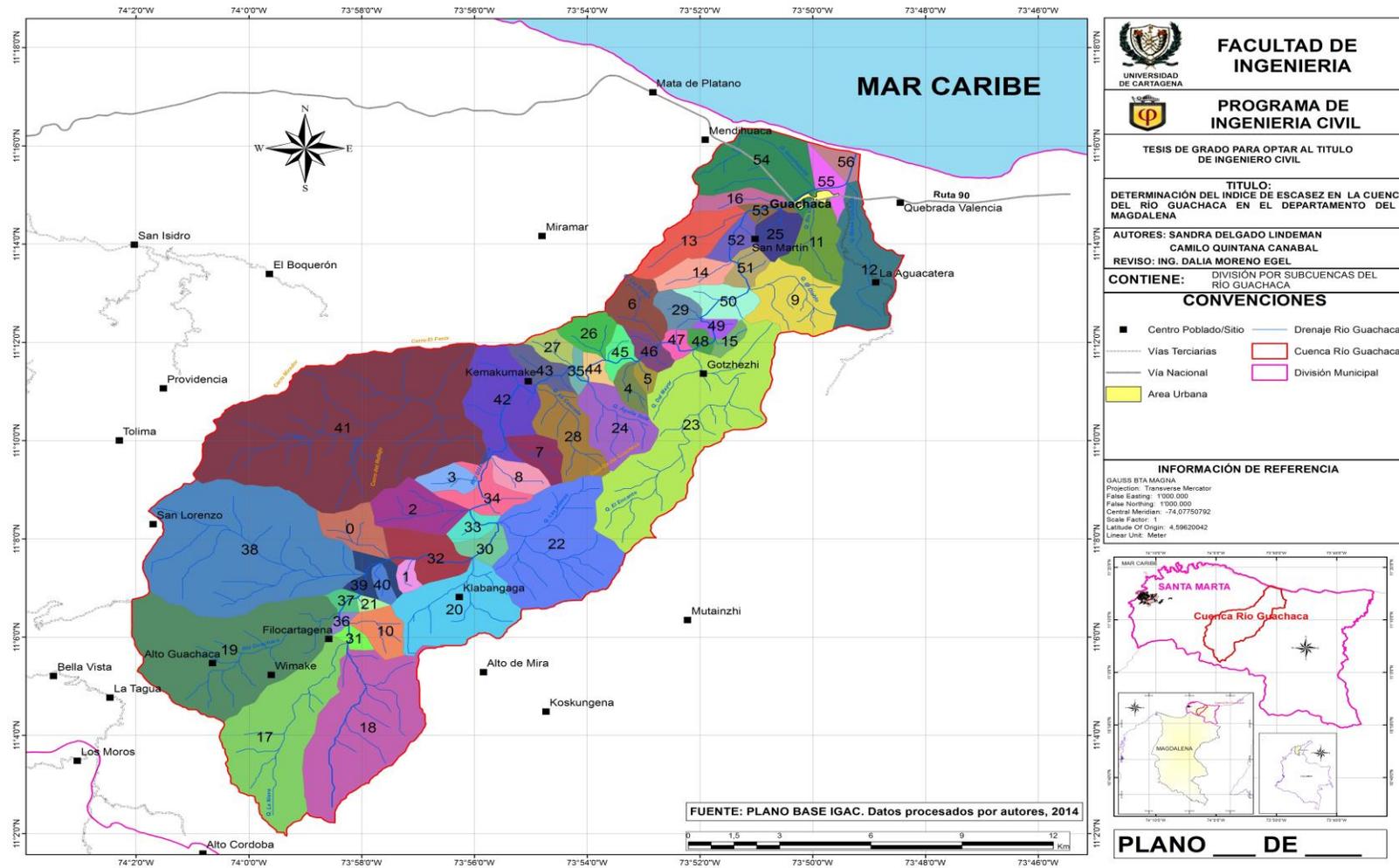
**Tabla 5. Parámetros Morfométricos de las subcuencas del Río Guachaca**

Nº S	Long. Cauce (km)	Long. Axial (km)	Área. (km <sup>2</sup> )	Perim. (km)	Ancho Max. (km)	Kf	Kc	Ia	Cota Min	Cota Max	Pend. Max	Pend. Media
0	2,7	2,3	2,83	7,64	1,23	0,39	1,28	1,87	425	1433	119,4	49,3
1	1,3	1,01	0,72	3,56	0,71	0,43	1,18	1,42	400	1000	94,4	49,2
2	3,1	3	4,22	8,45	1,41	0,44	1,16	2,13	300	1300	141,5	51,1
3	1,9	1,5	1,50	5,10	1,00	0,42	1,18	1,50	250	1050	122,3	48,0
4	2,48	1,7	1,28	5,34	0,75	0,21	1,33	2,26	125	525	67,6	25,7
5	1,44	1,1	0,59	3,17	0,54	0,28	1,16	2,05	125	400	78,3	24,5
6	2,94	2,47	3,08	7,44	1,25	0,36	1,20	1,98	125	950	138,1	46,6
7	2,1	2	2,06	6,28	1,03	0,47	1,23	1,94	225	1024	125,4	45,2
8	2,22	1,9	1,78	5,46	0,94	0,36	1,15	2,03	250	1025	85,6	43,3
9	3,82	2,5	5,76	10,73	2,30	0,39	1,26	1,09	50	500	71,4	25,8
10	2,2	1,6	2,24	6,24	1,40	0,46	1,18	1,14	525	1279	94,5	50,1
11	3,9	3,48	4,01	9,40	1,15	0,26	1,32	3,02	21	350	89,8	20,5
12	6,1	5,1	7,47	14,75	1,46	0,20	1,52	3,48	12	500	10000,0	25,4
13	4,1	3,8	4,20	9,99	1,10	0,25	1,37	3,44	25	950	143,7	43,4
14	2,4	2,1	2,10	6,53	1,00	0,36	1,27	2,10	50	900	144,5	48,6
15	1,38	1,07	0,73	4,10	0,68	0,38	1,35	1,57	100	400	72,8	28,4
16	2,5	2,3	1,61	7,24	0,70	0,26	1,61	3,28	25	425	76,7	20,9
17	7,88	6,89	14,32	19,15	2,08	0,23	1,43	3,31	575	2400	10000,0	57,8
18	6,92	6,1	15,87	21,14	2,60	0,33	1,50	2,35	575	2375	3032,0	64,5
19	6,74	5,88	20,45	19,99	3,48	0,45	1,25	1,69	500	2825	10000,0	60,1
20	5,3	3,4	8,98	13,11	2,64	0,32	1,23	1,29	350	1450	10000,0	51,1
21	0,64	0,59	0,40	2,82	0,67	0,97	1,26	0,87	500	1055	98,7	54,6
22	4,4	3,58	14,28	16,00	3,99	0,74	1,19	0,90	325	1500	154,9	51,0
23	10,6	7,5	21,12	26,05	2,82	0,19	1,60	2,66	107	1475	10000,0	33,4
24	3,1	2,8	4,94	9,48	1,77	0,51	1,20	1,59	150	1175	160,0	44,7
25	1,5	1,35	2,09	5,54	1,55	0,93	1,08	0,87	25	375	93,0	22,5
26	1,42	1,3	2,08	6,05	1,60	1,03	1,18	0,81	150	800	561,1	42,2
27	1,6	1,65	1,29	4,86	0,78	0,50	1,21	2,11	155	827	156,1	49,3
28	4,32	3,54	4,74	10,85	1,34	0,25	1,41	2,65	186	1200	177,4	38,1
29	1,4	1,1	1,64	5,02	1,49	0,84	1,11	0,74	75	850	195,7	58,6
30	1,66	1,44	1,47	5,28	1,02	0,53	1,23	1,41	325	700	92,3	45,4
31	0,83	0,71	0,69	3,73	0,97	1,00	1,27	0,73	525	1025	87,4	51,5
32	2,86	2,69	3,70	8,82	1,38	0,45	1,29	1,95	350	975	91,5	44,2
33	1,23	0,9	1,24	4,67	1,38	0,82	1,18	0,65	300	700	126,7	41,8
34	3,2	2	2,72	10,34	1,36	0,27	1,77	1,47	250	869	101,7	39,3
35	0,89	0,76	0,65	4,19	0,85	0,82	1,47	0,89	150	475	82,3	36,5

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

N° S	Long. Cauce (km)	Long. Axial (km)	Área. (km <sup>2</sup> )	Perim. (km)	Ancho Max. (km)	Kf	Kc	Ia	Cota Min	Cota Max	Pend. Max	Pend. Media
36	0,6	0,5	0,40	3,27	0,81	1,12	1,45	0,62	500	750	74,5	39,5
37	1,1	0,99	0,69	3,61	0,70	0,57	1,22	1,41	500	848	75,0	47,8
38	7,7	7,2	26,00	20,81	3,61	0,44	1,15	1,99	450	2750	295,9	62,4
39	2	1,6	1,56	9,41	0,98	0,39	2,12	1,64	425	1050	110,8	45,0
40	1,4	1,2	0,73	3,78	0,61	0,37	1,25	1,97	425	1075	81,4	46,3
41	11,31	8,3	38,53	27,89	4,64	0,30	1,27	1,79	250	2300	610,8	56,8
42	4,3	3,1	7,15	13,27	2,31	0,39	1,40	1,34	175	1075	168,2	50,3
43	2,2	1,7	1,95	7,05	1,15	0,40	1,42	1,48	155	900	95,0	41,1
44	1,2	0,9	0,82	4,04	0,91	0,57	1,26	0,99	150	355	76,8	25,6
45	2,1	0,9	1,24	5,32	1,37	0,28	1,35	0,65	125	575	84,2	35,4
46	1,15	0,98	1,39	5,31	1,42	1,05	1,27	0,69	125	550	84,8	36,7
47	1,25	1,08	0,79	3,55	0,73	0,50	1,13	1,48	112	375	94,1	43,3
48	0,99	0,83	0,65	3,21	0,78	0,66	1,12	1,06	100	375	101,8	37,6
49	1,02	0,8	0,72	3,91	0,90	0,69	1,30	0,89	75	400	87,5	40,2
50	2,1	1,9	2,47	7,19	1,30	0,56	1,29	1,46	50	750	99,1	45,7
51	1,3	1,1	1,46	5,09	1,32	0,86	1,19	0,83	50	373	105,2	38,2
52	1,96	1,8	1,54	5,56	0,85	0,40	1,26	2,11	25	400	156,5	47,1
53	1,6	1,4	0,73	4,75	0,52	0,28	1,57	2,70	25	150	46,8	12,3
54	5,4	3,8	7,86	12,45	2,07	0,27	1,25	1,84	8	425	80,9	11,7
55	1,05	1,03	1,51	7,15	1,46	1,37	1,64	0,70	7	200	50,6	5,7
56	1,13	1,1	1,19	5,15	1,08	0,93	1,33	1,02	0	17	30,8	1,6
N° S.: Numero de la subcuencas						Kc: Coeficiente de compacidad						
Long. Cauce: Longitud de cauce.						Ia: Índice de alargamiento						
Long. Axial: Longitud axial del cauce						Cota Min: Cota mínima en la subcuenca						
Perim.(km): Perímetro						Cota Max: Cota máxima en la subcuenca						
Ancho Max.: Ancho máximo de la subcuenca						Pend. Max: Pendiente máxima en la subcuenca						
Kf: Factor de forma						Pend. Media: Pendiente media de la subcuenca						

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 1. División por Subcuencas de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Como lo indica la Tabla 4, cabe resaltar que la cuenca tiene un área es de 268.14 km<sup>2</sup>, lo que equivale aproximadamente a 1% del departamento del Magdalena, la cota de nacimiento del cauce principal es de 2825 msnm corresponde a la subcuenca N°.18 y la cota de llegada a la subcuenca N° 56. En cuanto a lo que representan el factor de forma de 0.14, coeficiente de compacidad de 1.54 y el índice de alargamiento de 3.09, podemos decir que la cuenca no es ni achatada ni ovalada, sino más bien alargada.

Para el análisis de los parámetros morfométricos de las subcuencas, se establecieron tamaños relativos, considerando los valores extremos y luego restando el mínimo al máximo y dividiendo entre tres y cuatro para obtener este mismo número clases de tamaño relativo. (Instituto Nacional De Ecología, 2004)

Para las áreas, según la Tabla 6, las subcuencas son en su mayoría muy pequeñas, 50 exactamente, y solo 5 subcuencas cuentan con una elevación media alta, Tabla 7. Debido a que la mayor parte de las subcuencas son pequeñas también la longitud de sus cauces serán cortos, teniendo un total de 45 cauces clasificados como cortos, 9 medianos y 3 largos, presentando 4,16 km, 7,73km y 11,31las mayores longitudes en cada categoría, respectivamente (Tabla N°8).

**Tabla 6. Clases de Tamaños de las Subcuencas Km2**

Rango de áreas		Clases de Tamaño	N° de Subcuencas
0,03	9,66	Muy pequeña	50
9,67	19,29	Pequeña	3
19,30	28,92	Mediana	3
28,93	38,55	Grande	1

FUENTE. Autores

**Tabla 7. Clases de elevaciones de las Subcuencas**

Rango de cota media (msnm)		Clases de elevaciones	N° de Subcuencas
6,89	482,65	Baja	29
482,66	958,42	Mediana	23
958,43	1434,19	Alta	5

FUENTE. Autores

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

**Tabla 8. Clases de longitudes de cauces por Subcuencas**

Rango de longitud de cauce (km)		Clases de longitud	N° de subcuencas
0,6	4,16	Corto	45
4,17	7,73	Mediano	9
7,74	11,31	Largo	3

FUENTE. Autores

En las tablas 8, 9 y 10, se hace una agrupación del número de subcuencas de acuerdo al valor que presentan de factor de forma, coeficiente de compacidad e índice de alargamiento, respectivamente. Se observa que el mayor número de subcuencas se clasifican como muy poco achatadas y ligeramente achatadas, presentándose valores de factor de forma entre 0,18 y 0,95 lo que indica la posibilidad de poca concentraciones de aguas en estas subcuencas.

**Tabla 9. Clases de factor de forma por Subcuencas**

Rango de factor de forma		Clases de forma	N° de subcuencas
0,18	0,56	Muy poco achatada	40
0,57	0,95	Ligeramente achatada	11
0,96	1,37	Moderadamente achatada	6

FUENTE. Autores

Relacionando la tabla N°9 con la información de coeficiente de compacidad mostrada individualmente para cada subcuenca en la tabla N° 5, se observa que muy pocas subcuencas presentan índices muy cercanos a la unidad, lo que nos corrobora que las subcuencas tienen poca tendencia a concentración de grandes volúmenes de agua. Las subcuencas de este río tienen tendencia poco alargadas, 30 de las 57 subcuencas presentan esta característica presentando valores muy cercanos a la unidad, lo que significa la formación de quebradas.

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Tabla 10. Clases de coeficiente de compacidad por subcuencas

Rango de coeficiente Compacidad		Clases de compacidad	N° de subcuencas
1,08	1,42	Redonda a oval redonda	46
1,43	1,77	De oval redonda a oval oblonga	10
1,78	2,12	De oval oblonga a rectangular oblonga	1

FUENTE. Autores

Tabla 11. Clases de coeficiente de alargamiento por subcuencas

Rango de coeficiente alargamiento		Clases de alargamiento	N° de subcuencas
0,61	1,56	Poco alargada	30
1,57	2,52	Moderadamente alargada	19
2,53	3,48	Muy alargada	8

FUENTE. Autores

### 5.1.2 CLIMA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GUACHACA

La Universidad de Cartagena elaboró para el departamento del Magdalena mapas regionales que describen el comportamiento del clima, mediante el procesamiento de datos de varias estaciones meteorológicas IDEAM. De estos mapas regionales se extrajo la información correspondiente a la cuenca del río Guachaca.

#### 5.1.2.1 *Temperatura*

De acuerdo con el Mapa 2, vemos que la temperatura varía desde el suroeste hacía el noreste. En las zonas costeras con menor elevación que corresponde a la zona norte, encontramos los valores de temperatura más alto, siendo estos de 21°C; mientras que en la zona suroeste donde hay mayor elevación, se presentan las menores temperaturas 14,08°C.

La diferencia total de 5,56°C de las isotermas entre los extremos, que tienden a ser paralelas en la dirección norte-sur, presentan una discontinuidad en la parte costera. Las variaciones de temperaturas son pequeñas de oeste hacia el este de la cuenca, siendo la

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

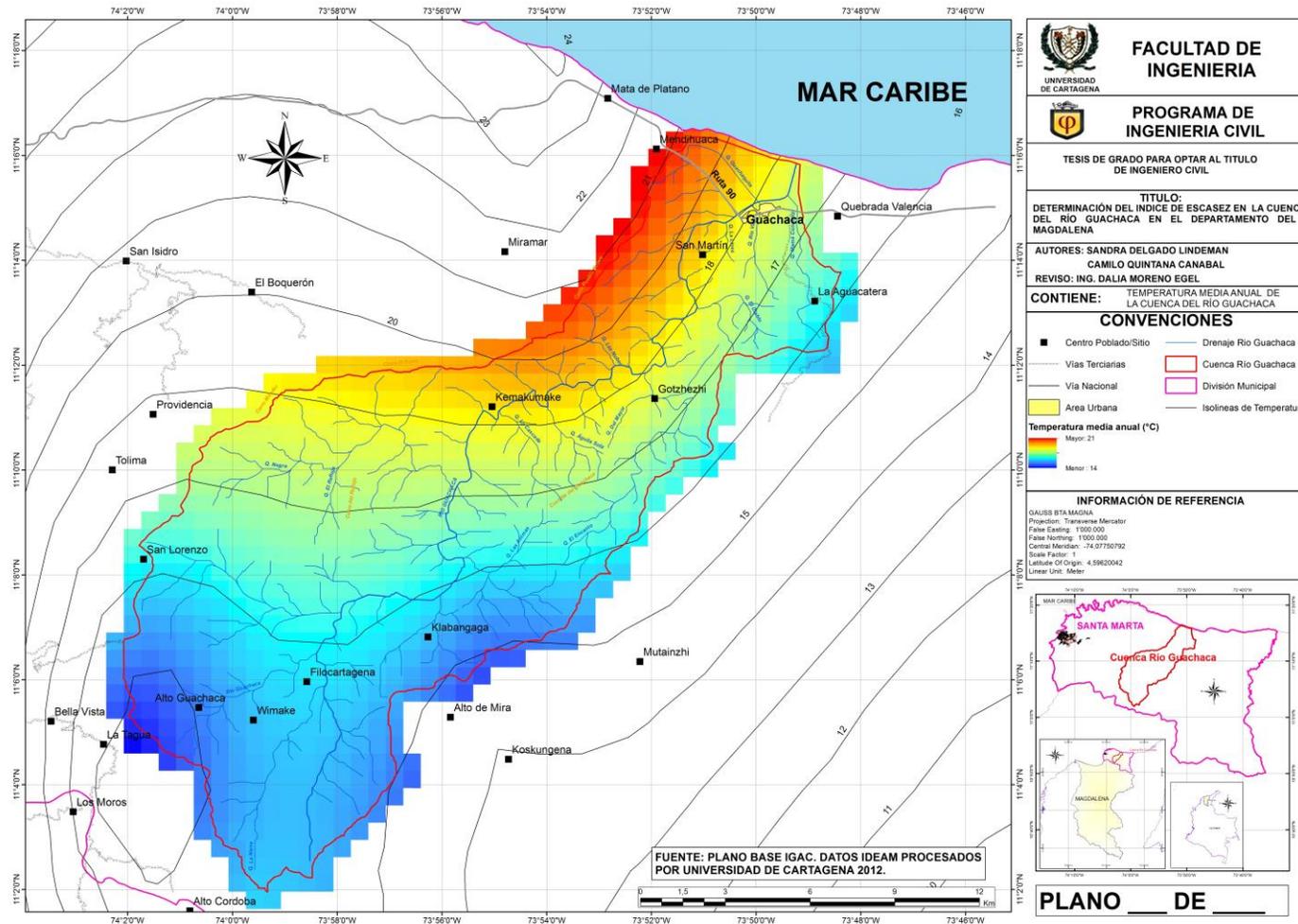
---

diferencia total de 1°C aproximadamente. Así, la temperatura media promedio multianual sobre la cuenca es de 17,11°C.

### **5.1.2.2 Evaporación**

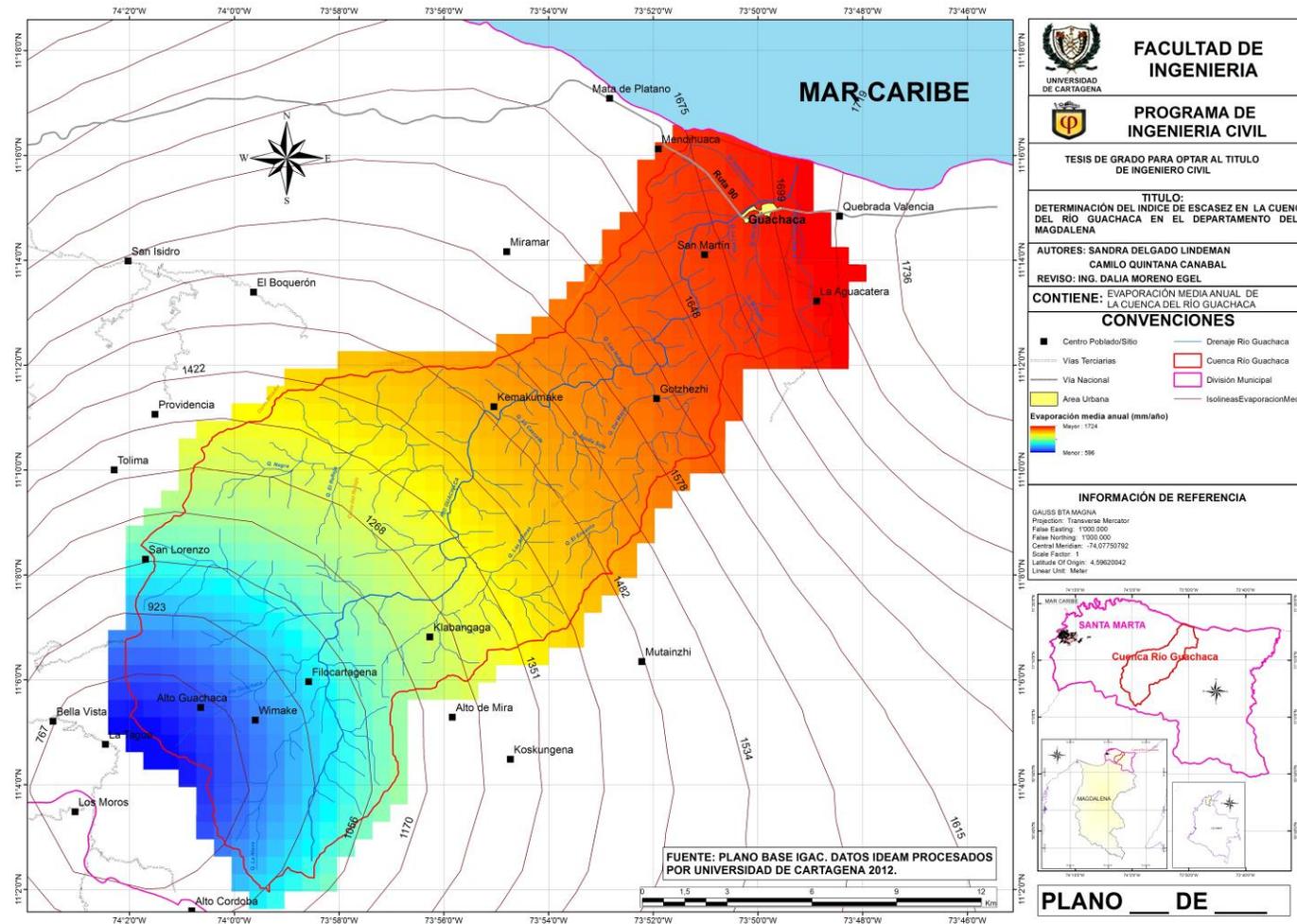
La evaporación tiene un comportamiento muy similar a la temperatura, como se puede apreciar en el Mapa 3, su variación en el espacio es de suroeste al noreste. Hacia el noroeste que corresponde a la zona baja de la cuenca, las isolíneas de evaporación tienden a ser paralelas con un rango de valores de 1.664,62 mm, mientras que en la parte alta este valor disminuye hasta 595,83 mm. Las líneas de igual evaporación son curvas y paralelas de sur a norte, indicando una variación incremental de 951,73mm desde la parte alta de la cuenca hasta la zona de la desembocadura.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 2. Temperatura media anual de la cuenca del Río Guachaca**

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 3. Evaporación media anual de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

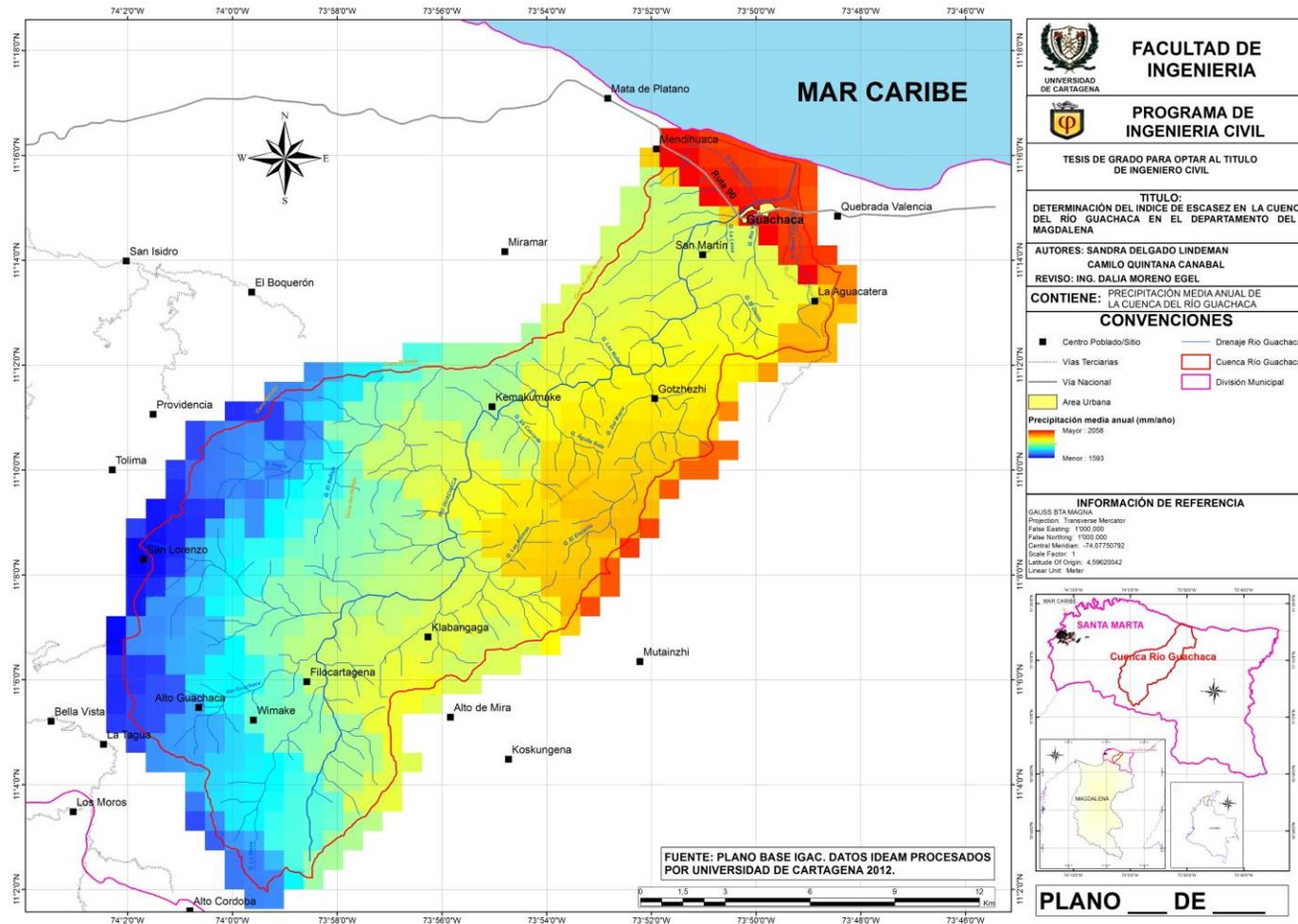
### **5.1.2.3 Precipitación**

En el Mapa 4, espacialmente, la precipitación varía de este a oeste con valores desde 1707,95mm del lado Oeste de la cuenca, aumentando hacia el Este-noreste de la cuenca hasta 1.946,85 mm hacia la parte baja de la cuenca. Las variaciones de norte a sur son mínimas pues las isoyetas tienden a ser ligeramente paralelas a un eje norte-sur. La precipitación media promedio sobre la cuenca es de 1848,71 mm al año.

### **5.1.2.4 Evapotranspiración**

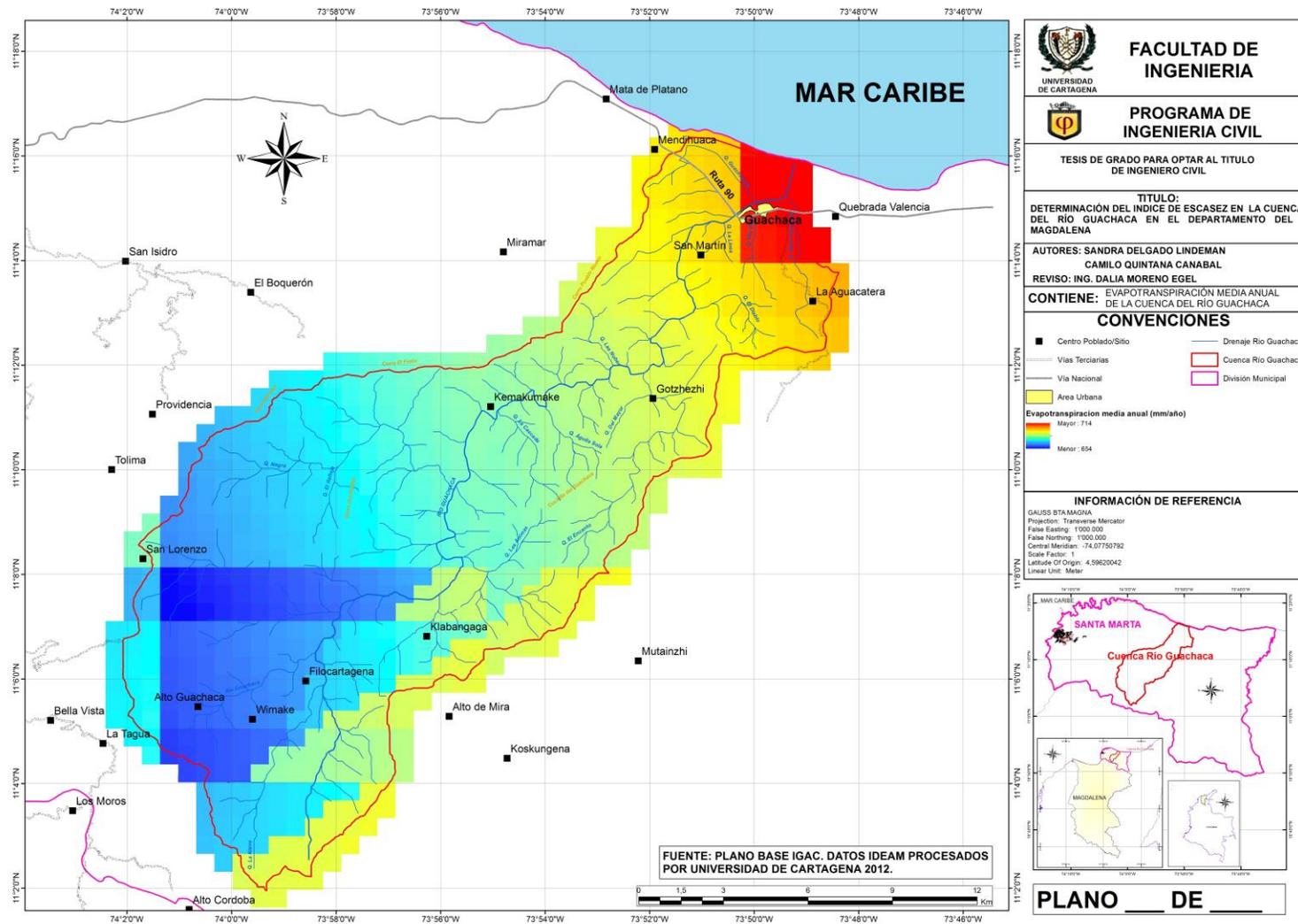
La evapotranspiración corresponde al conjunto de fenómenos de evaporación y transpiración que experimentan las zonas con cobertura vegetal. En el mapa 5, donde se muestra este comportamiento vemos que varía de este a oeste, y de norte a sur. Los mayores valores se registran al noreste en la parte baja de la cuenca sobre la desembocadura en el Mar Caribe (712,97 mm) y los menores hacia el oeste y suroeste, sobre la parte alta de la cuenca (659,48mm) y hacia el centro con un valor de 680,26mm. Siendo así, la evapotranspiración media anual promedio sobre la cuenca del Río Guachaca es de 680,56mm.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 4. Precipitación media anual de la cuenca del Río Guachaca**

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 5. Evapotranspiración media anual de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

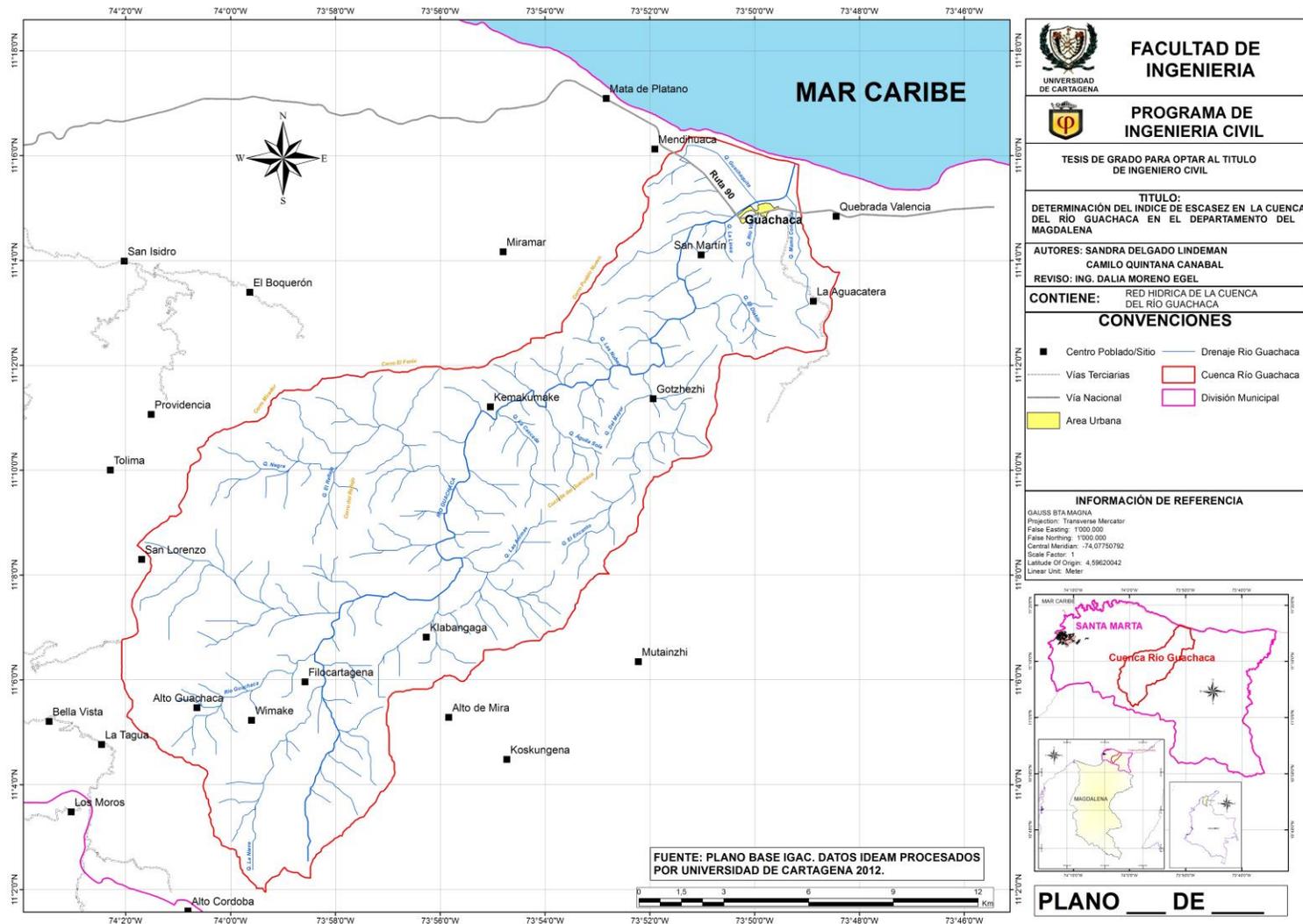
### 5.1.3 DESCRIPCIÓN DE LA RED HÍDRICA

Con el Mapa 6 de curvas de nivel, fue definida la red hídrica superficial de la cuenca, que corresponde al Mapa 7, en este podemos ver que la cuenca del río Guachaca presenta un tipo de drenaje dendrítico, compuesto por el conjunto de pequeñas corrientes efímeras, cauces, canales y quebradas que nacen en la parte alta de la cuenca sobre las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, en la parte alta de la vertiente al norte de la Cuchilla de San Lorenzo, en un paisaje de montaña con un relieve de filas y vigas a una elevación aproximada de 2.825 msnm La zona montañosa presenta pendientes altas, entre 22,66 y 84,97 grados y debido a las diferentes formaciones geológicas de la cuenca, el cauce principal del Río cambia de dirección en su recorrido mientras desciende hasta llegar a la parte baja de la cuenca, antes de entregar sus aguas en el mar Caribe al norte cerca del Country Club Tayrona en el municipio de Santa Marta.

Desde su parte más alta hacia el sur se identifican como principales afluentes las quebradas: la Nieve, El Encanto, El Reflejo, Negra; en su parte media las quebradas: La Cascada, Águila Sola, Del Mayor, Las Nubes; y en su parte más baja las quebradas: El Diablo, Mama Conchita, Río Viejo, La Línea y Guachaquita.



# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 7. Red Hídrica de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

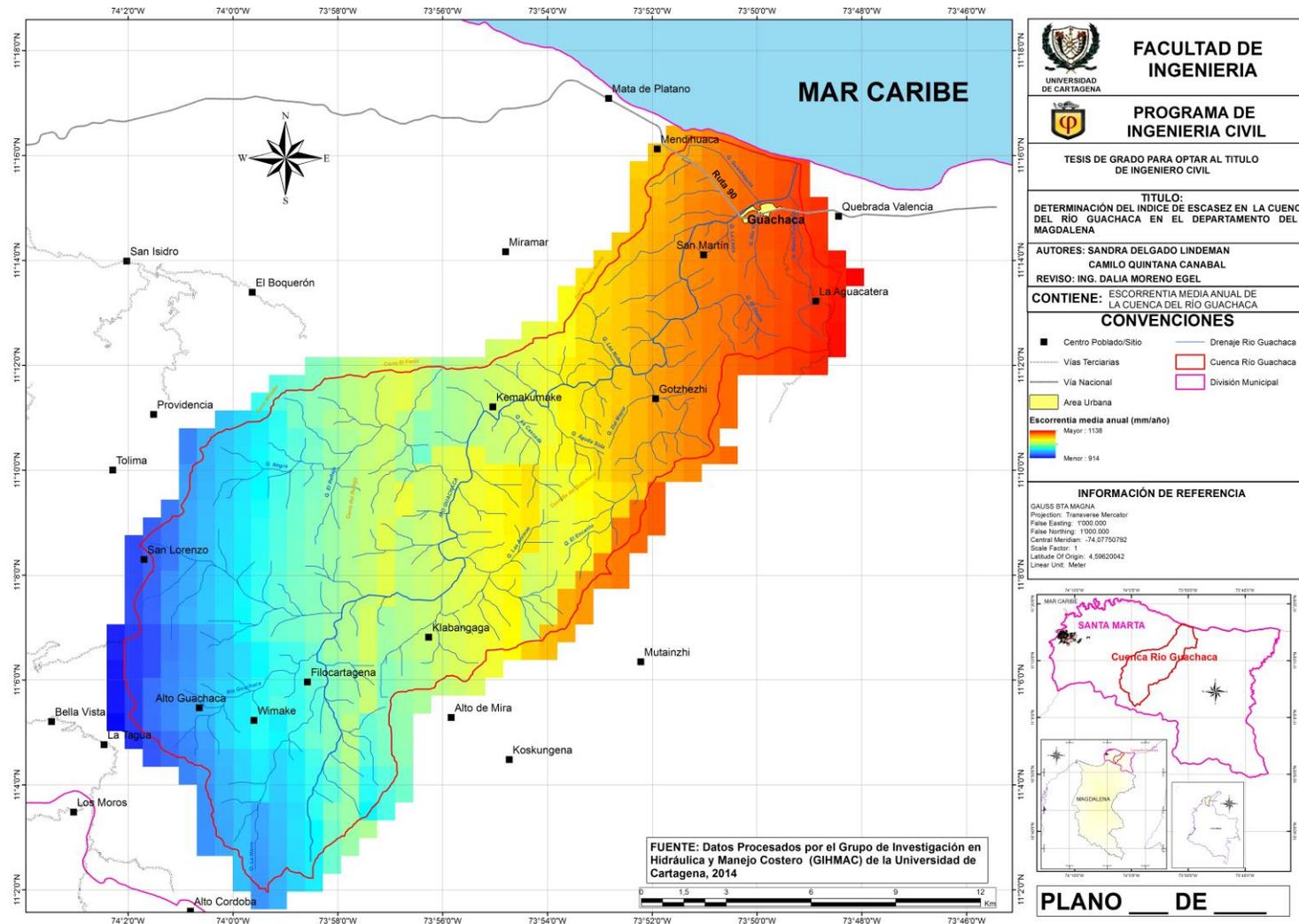
---

### 5.1.4 ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

La información de la escorrentía superficial fue obtenida de los mapas regionales elaborados por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena. En el Mapa 8, vemos que la escorrentía total anual modal sobre la cuenca varía de manera apreciable espacialmente desde el Oeste al Este, presentando valores desde 919,34 mm del lado Oeste de la cuenca donde se encuentran las zonas más altas, hasta 1137,99.mm al noreste, hacia la parte más baja de la cuenca.

Debido a los pocos cauces secundarios que presenta la cuenca en su parte alta se hace notable la diferencia en la escorrentía entre la zona de la desembocadura de la cuenca en el mar Caribe y la divisoria de la cuenca hacia la Sierra Nevada de Santa Marta. De norte a sur, las variaciones son mínimas pues las isolíneas son prácticamente paralelas. La escorrentía media modal anual sobre la cuenca es de 1036,62 mm al año.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 8. Escorrentía media anual de la cuenca del Río Guachaca**

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

## 5.1.5 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En el Mapa 9 se pueden observar las unidades geológicas características de la cuenca del río Guachaca notando que las mismas cambian de oeste a este y de sur a norte distribuyéndose como se describe en la tabla 12, mostrada a continuación:

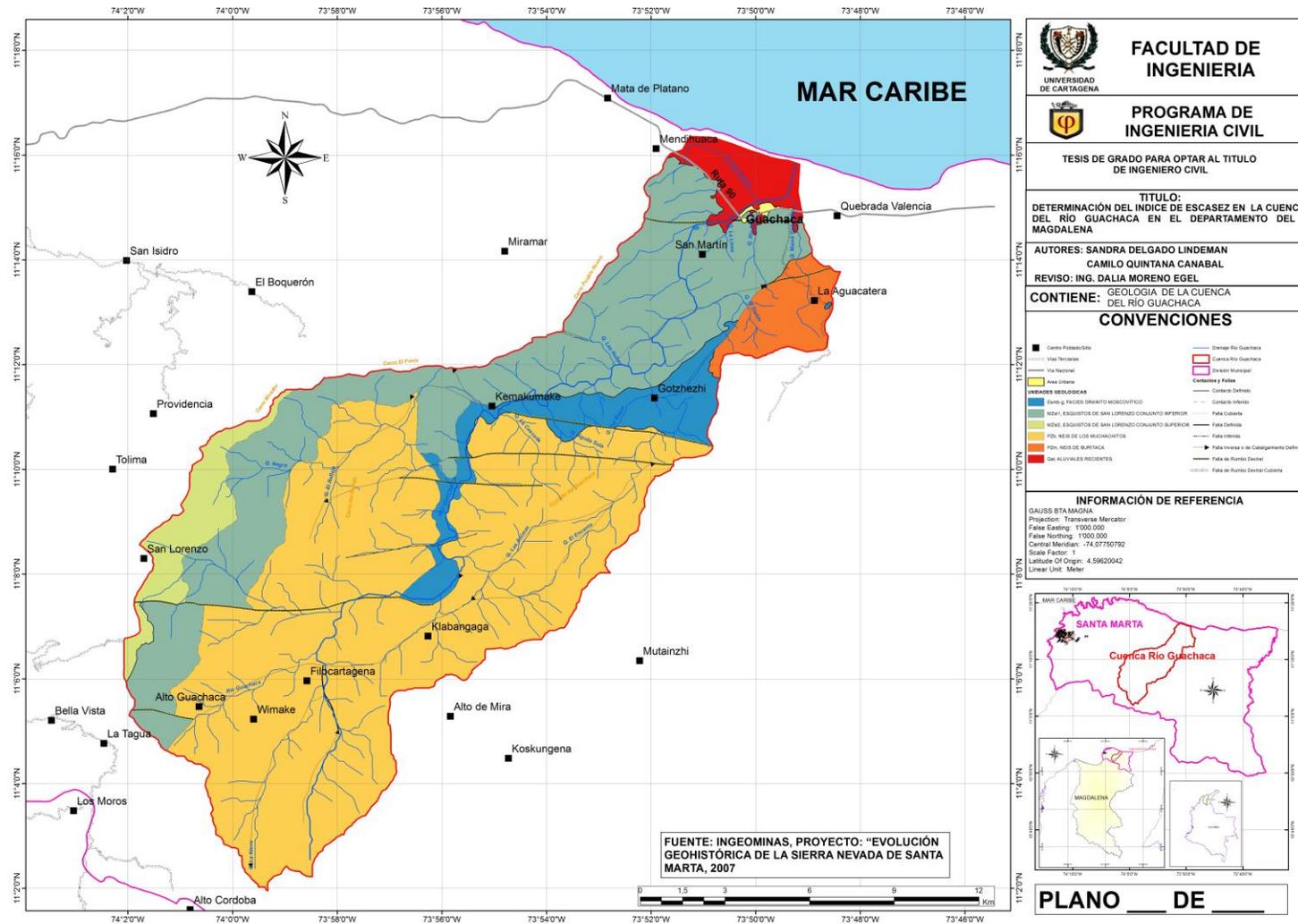
**Tabla 12. Unidades geológicas de la cuenca del Río Guachaca**

Unidad geológica	Zona de distribución	Características
<b>Esquistos de San Lorenzo conjunto superior (MzsI2)</b>	En el lado oeste más extremo de la cuenca	Formada esencialmente por esquistos y en menor proporción cuarcitas, los esquistos generalmente son grafitosos, micáceos (moscovíticos o biotíticos) y anfibólicos; las cuarcitas son micáceas, bien estratificadas, de aspecto cristalino y muy compactas, preservan estructuras sedimentarias incluyendo estratificación cruzada; como minerales accesorios se encuentran sulfuros, granate, estauroлита, clorita y silimanita.
<b>Esquistos de San Lorenzo conjunto Inferior (MzsI1)</b>	Predomina, hacia el lado oeste, desde la parte alta hasta la parte baja de la cuenca un poco antes de la desembocadura a la altura del centro poblado del corregimiento de Guachaca.	Formada por una gran variedad de rocas metamórficas de diverso origen y grado de metamorfismo, predominan esquistos micáceos (biotita y moscovita, en mayor proporción), y ocasionalmente esquistos grafitosos, pero también incluye esquistos cloríticos, anfibolitas, cuarcitas, mármoles y neises. Es común la presencia de lentes ( <i>augen</i> ) de cuarzo, que ocurren tanto por segregación como por presión solución; se observan diques pegmatíticos graníticos, moscovíticos y localmente con granates, es común la precipitación secundaria de yeso y azufre.
<b>Neis de los muchachitos (PZm),</b>	Área que resta de la parte alta y media de la cuenca	Secuencia de neises con hornblenda y biotita, y esquistos con hornblenda, biotita y moscovita, también se distinguen rocas cataclásticas verdes a gris verdosas y ocasionalmente se reconoce un nivel de mármol hacia la parte media de la unidad.
<b>Facies granito moscovítico (Esmb-g).</b>	Rodeada por la unidad anterior en la parte norte central	Corresponde a rocas de textura holocristalina, hipidiomórfica, de grano medio, el color de la roca es blanco y está constituida por un alto porcentaje de félsicos, se trata de granitos moscovíticos de composición QAP (30:20:50), con (2% a 5%) de biotita, (2% a 10%) de moscovita y granodioritas micáceas con QAP (40:15:45), con (3%) de biotita y (2%) de moscovita. Se observan diques félsicos de cuarzo y plagioclasa y diques pegmatíticos decimétricos de feldespato potásico, plagioclasa, cuarzo, moscovita y biotita; en la zona de contacto con el Neis de Buritaca se identifican xenolitos de neis y

**DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO  
GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA**

		anfíbolita.
<b>ALUVIALES RECIENTES Qa</b>	Parte baja de la cuenca hacia el norte extremo y hacia al sureste	Los primeros constituidos por dos franjas regionales que se ubican, una en la parte occidental de la SNSM, entre el piedemonte y el litoral Caribe, comprendiendo desde el municipio de Bosconia hasta Santa Marta, con aporte de sedimentos de los ríos Fundación, Ariguaní, Sevilla, Orihueca, Frío y Córdoba; y la segunda paralela al flanco norte de la sierra, comprendiendo desde el municipio de Guachaca hasta las inmediaciones de los caseríos de Monguí y Villa Martín, con aporte de sedimentos de los ríos Piedras, Mendiguaca, Guachaca, Buritaca, Don Diego y Palomino.
<b>(NEIS DE BURITACA PZb)</b>		Conformada por una gran variedad de rocas metamórficas como neises cuarzo feldespáticos con hornblenda y plagioclasa, anfíbolitas verdes oscuras conformadas por hornblenda y plagioclasa, neises esquistosos, esquistos con alto contenido de moscovita y biotita, migmatitas en niveles bandeados alternando con delgados niveles de neises máficos y metagabros; se presentan diques graníticos, aplíticos y pegmatíticos con abundante cuarzo, moscovita y feldespato potásico.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Mapa 9. Geología de la cuenca del Río Guachaca

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

En cuanto a sus unidades geomorfológicas, Mapa 10, la cuenca presenta una gran extensión de área comprendida entre su parte alta, hasta antes del centro poblado de Guachaca, que corresponde a un paisaje de montañas. Y ya en su parte baja, es decir, desde el centro poblado de Guachaca hasta su desembocadura, presenta un área mucho más pequeña que corresponde a un paisaje de planicie. El paisaje de montañas se subdivide en tres tipos de relieve: filas y vigas (M-fv), lomas (M-lm) y lomas y colinas (M-lc); mientras que el paisaje de planicies presenta un relieve del tipo planos de marea. Esta descripción se resume en la tabla 13.

**Tabla 13. Unidades Geomorfológicas de la cuenca del Río Guachaca**

Unidad geomorfológica	Zona de Distribución	Características
<b>Filas y vigas (M- fv):</b>	Ubicada en la zona alta de la cuenca y al este y oeste de la parte media cuenta con alturas que van desde 500 y 2.825 msnm.	Predominan inclinaciones mayores a los 45 grados, con formas rectas, cimas agudas y valles en forma de “v”. Presenta un patrón de drenaje de tipo trellis de fallas con una densidad alta y su grado de disección es moderado. En esta unidad se sitúan los centros poblados Wimake, Filocartagena y Klabangaga.
<b>Lomas (M-lm):</b>	Se encuentra localizada en la parte media de la cuenca y en un sector de la parte baja, encontrándose arropada en la parte media más exactamente hacia el sur, este y oeste, por la unidad de relieve antes descrita (filas y vigas).	Su altura varía entre los 100 y 500 msnm. En esta unidad predominan pendientes entre 15 y 45 grados de formas complejas, cimas redondeadas y valles entre lomas en forma de "V". En ella se sitúa los centros poblados Kemakumake, Gotzhezhi, la Aguacatera y San Martin.
<b>Lomas y colinas (M-lc):</b>	Ubicada en la zona baja de la cuenca, localizadas entre los 50 y 100 msnm.	Su inclinación general varía entre los 5 y 15 grados con formas complejas, cimas redondeadas y valles en forma de “v”. Sobre esta no se localizan centros poblados.
<b>Planos de marea (R-pm):</b>	Ubicada en la zona baja de la cuenca, localizadas hasta los 50 msnm	Presentando inclinaciones inferiores al 5 grados), formas rectas y cóncavas con vallecitos abiertos poco profundos.



## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

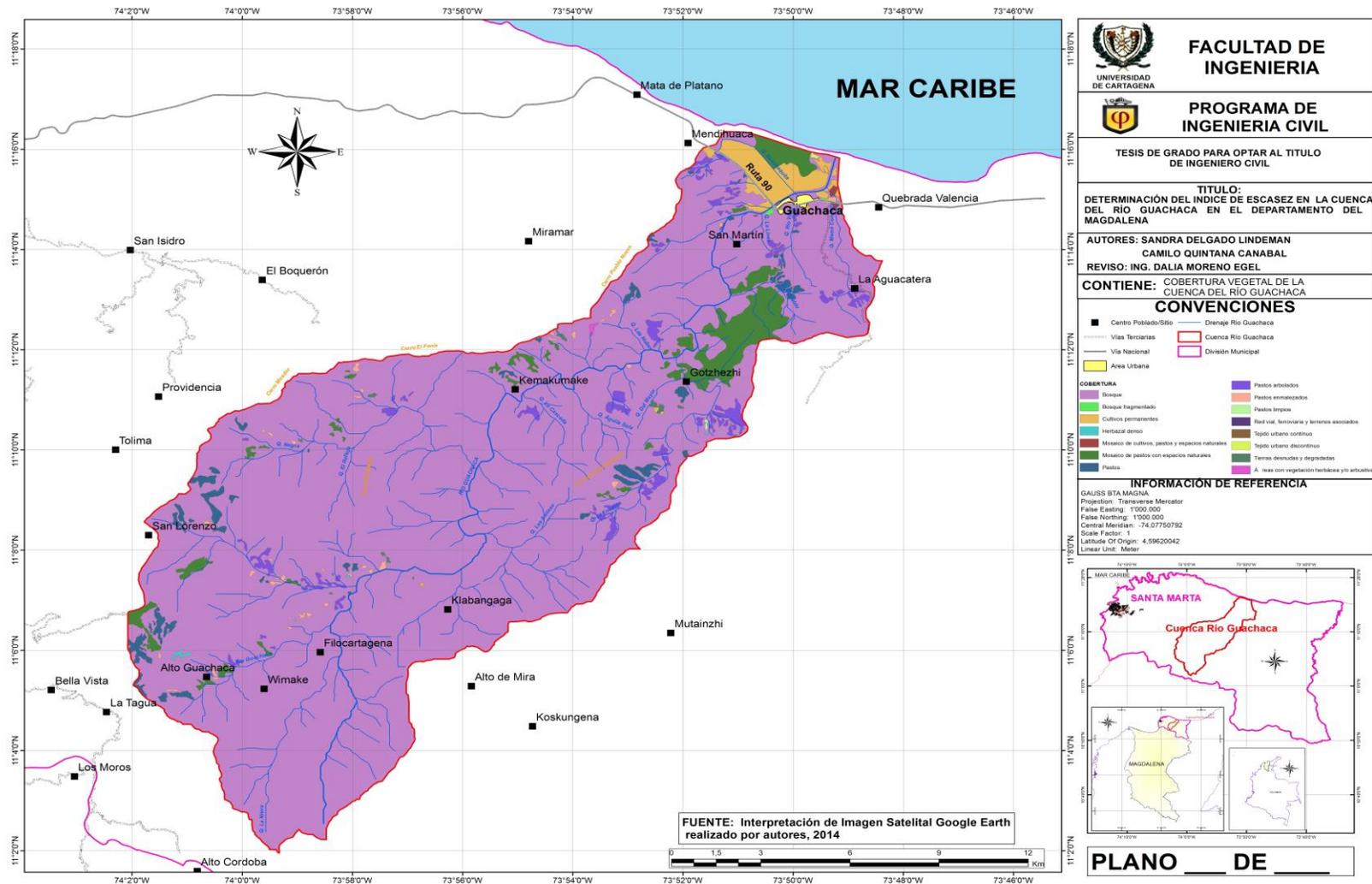
---

### 5.1.6 COBERTURA VEGETAL

La vegetación presente en la cuenca del Río Guachaca juega un rol primordial ya que es necesaria para determinar los coeficientes de infiltración de las escorrentías superficiales, obligatorios para el cálculo de la oferta hídrica. Está caracterizada por comunidades características del clima, biomas, paisajes y vegetación de ecosistemas secos (parte media y baja) y húmedos (parte alta).

Teniendo en cuenta estos factores, y como una herramienta para la identificación de las coberturas, se realizó el análisis de foto-interpretación sobre Google Earth, lo cual dio como resultado, las diferentes unidades de coberturas del suelo para el área de estudio descritas en la tabla 14. En el Mapa 11 vemos que la cuenca del Río Guachaca presenta las siguientes coberturas vegetales:

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 11. Cobertura Vegetal de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

**Tabla 14. Cobertura Vegetal de la cuenca del Río Guachaca**

<b>Cobertura Vegetal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área que cubre</b>
<b>Bosque</b>	Esta cobertura se mantiene tanto la parte alta como media y baja de la cuenca, siendo un poco menor en la parte baja donde la cuenca ha sufrido mayor intervención. Este tipo de coberturas es una de las de mayor importancia ecosistémica, sobre todo para el mantenimiento del recurso hídrico, y como hábitat de especies estratégicas para la dinámica ecológica.	La presencia de grandes extensiones de bosques, aproximadamente un 90,48 del área total de la cuenca, denota la poca intervención a la que la misma ha estado sometida.
<b>Mosaico de pastos con espacios naturales</b>	Este tipo de coberturas es resultado de las actividades ganaderas que bordean zonas de bosques, sobre todo en las áreas de alta pendiente y terreno inclinado. En la cuenca se registra en la parte alta y media con algunas áreas pequeñas sectorizadas y en la parte baja con extensiones continuas mucho más grandes.	En la cuenca representan 3,86% del área total, siendo la segunda cobertura vegetal con mayor extensión.
<b>Cultivos permanentes</b>	Pueden ser herbáceos (la caña, plátano, banano); arbustivos (café, cacao) y arbóreos (palma de aceite, cítricos, mango). En ese sentido, la cuenca del río Guachaca, en la parte baja, presenta cultivos permanentes de tipo plátano y banano.	Estos cultivos ocupan un área aproximada de 1,62%, del área total de la cuenca, siendo la tercera cobertura vegetal con mayor extensión. Desde el punto de vista biótico, este tipo de coberturas demanda, para su reproducción y mantenimiento, cantidades considerables de recurso hídrico.
<b>Pastos, Pastos Limpios y Pastos Arbolados.</b>	Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente. Este tipo de cobertura se concentra en pequeñas áreas de la parte más alta de la cuenca y en la parte media y baja en extensiones también muy pequeñas. Es común distinguir en estas zonas cercas vivas y en medio de estos predios ejemplares de Orejero en estado juvenil.	El porcentaje de su área sobre la cuenca es de 3,38%.
<b>Otros tipos de cobertura menos representativos en la cuenca.</b>	Entre estas se encuentran: herbazal denso, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, pastos, bosque fragmentado, pastos enmalezados, tierras desnudas y degradadas y áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.	En la cuenca también se evidencian otros tipos de cobertura que por ocupar áreas muy pequeñas (En total del 0,66% del área total de la cuenca) tienen menos representatividad.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

FUENTE. Autores.

## 5.1.7 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

Como ya se ha mencionado, la Cuenca de Río Guachaca tiene jurisdicción en el municipio de Santa Marta. La cuenca cuenta con territorios que están dentro del corregimiento de su mismo nombre y con territorios que están dentro del Corregimiento Bonda. En la parte alta se encuentra el corregimiento de Bonda que por lo general habitan Indígenas, mientras que el área que se encuentra en el corregimiento de Guachaca está en la parte baja y media en la cual habitan Campesinos y colonos.

Dentro de estos territorios se localizan centros poblados o aglomeraciones de asentamientos humanos, Mapa 12. Entre estos, el que tiene mayor extensión es el denominado Vereda de Guachaca que se encuentra localizado en la parte baja. También se encuentran otros en la parte media y alta con mucho menos extensión.

El centro poblado más grande de la cuenca, denominado Guachaca, se ubica en la parte baja, al borde de la vía y tiene un área aproximada de 31,95HA. Se puede afirmar que el corregimiento de Guachaca es relativamente nuevo, ya que el mismo fue declarado bajo esta denominación y con límites territoriales propios a mediados de 1990, ya que anteriormente su territorio hacía parte del corregimiento de Bonda.

Para la descripción del número de habitantes totales y por sexo de la cuenca se recurrió inicialmente a la información difundida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE), quien es la entidad oficial responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia (DANE, 2011).

En la tabla 15, según el censo de 1985 se estimó un total de habitantes de aproximadamente 4,561, representados en 2,189 hombres (48%) y 2,372 mujeres (52%). Para el siguiente año censal 1993 la población de esta cuenca disminuye como consecuencia de los conflictos

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

armados que generaron el desplazamiento forzado de muchas familias que se encontraban en la zona, por lo que existieron 1,612 habitantes siendo 774 hombres y 838 mujeres.

En el año 2005, año en el que se realiza el último censo poblacional en el territorio colombiano, la población de la cuenca se estimó alrededor de 3,491 personas, correspondientes a 1,676 hombres y 1,815 mujeres.

Con base en los datos anteriores se proyectan las cifras demográficas de la cuenca y se obtiene que para el año 2012 el número de habitantes es de aproximadamente 6,980 representado por 3,350 hombres y 3,630 mujeres. Según las mismas proyecciones se estima, que para el año 2024 la población de la cuenca llegará a ser cercana de 23,073 habitantes, existiendo 11,075 hombres y 11,998 mujeres.

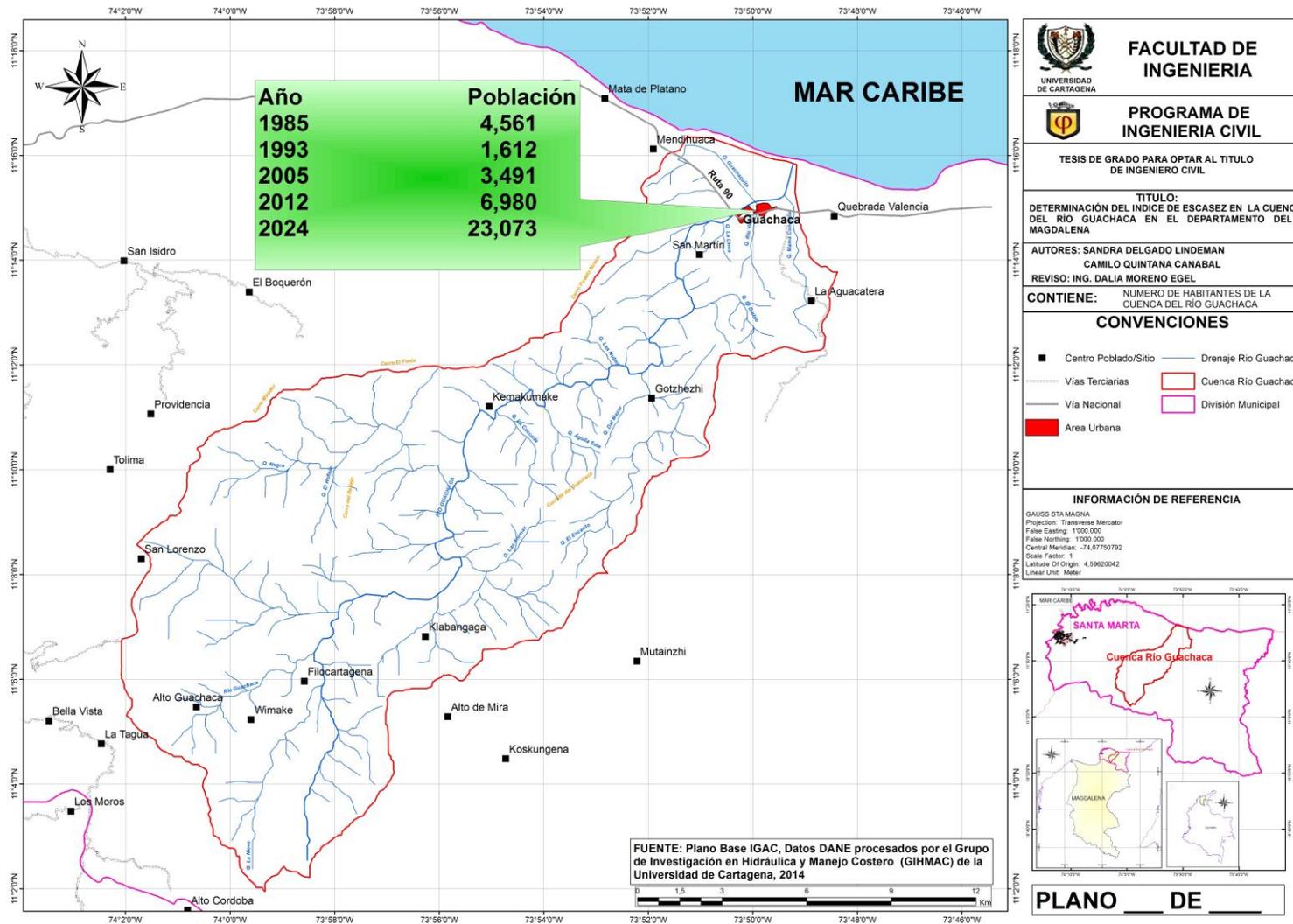
Sin embargo, actualmente se están presentando en el corregimiento de Guachaca problemas de orden público causados por grupos al margen de la ley que a través de asesinatos y secuestros están causando terror en esta zona provocando que las poblaciones se vean obligadas a abandonar sus tierras. Este fenómeno podría impactar las cifras proyectadas a 2024 provocando que la población disminuya o se mantenga constante.

**Tabla 15. Estimaciones y proyecciones con base en los censos DANE 1985, 1993 y 2005**

<b>Años\Categoría</b>	<b>Población Hombres</b>	<b>Población Mujeres</b>	<b>Total población</b>
<b>1985</b>	2,189	2,372	4,561
<b>1993</b>	774	838	1,612
<b>2005</b>	1,676	1,815	3,491
<b>2012</b>	3,350	3,630	6,980
<b>2024</b>	11,075	11,998	23,073

FUENTE. Autores

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 12. Número de habitantes de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

### 5.1.8 ACTIVIDADES PRODUCTIVAS

La agricultura y la ganadería, actividades del sector primario, son las principales actividades económicas que se desarrollan en la cuenca del Río Guachaca, y debido a la variedad de ecosistemas existentes se presenta también el turismo.

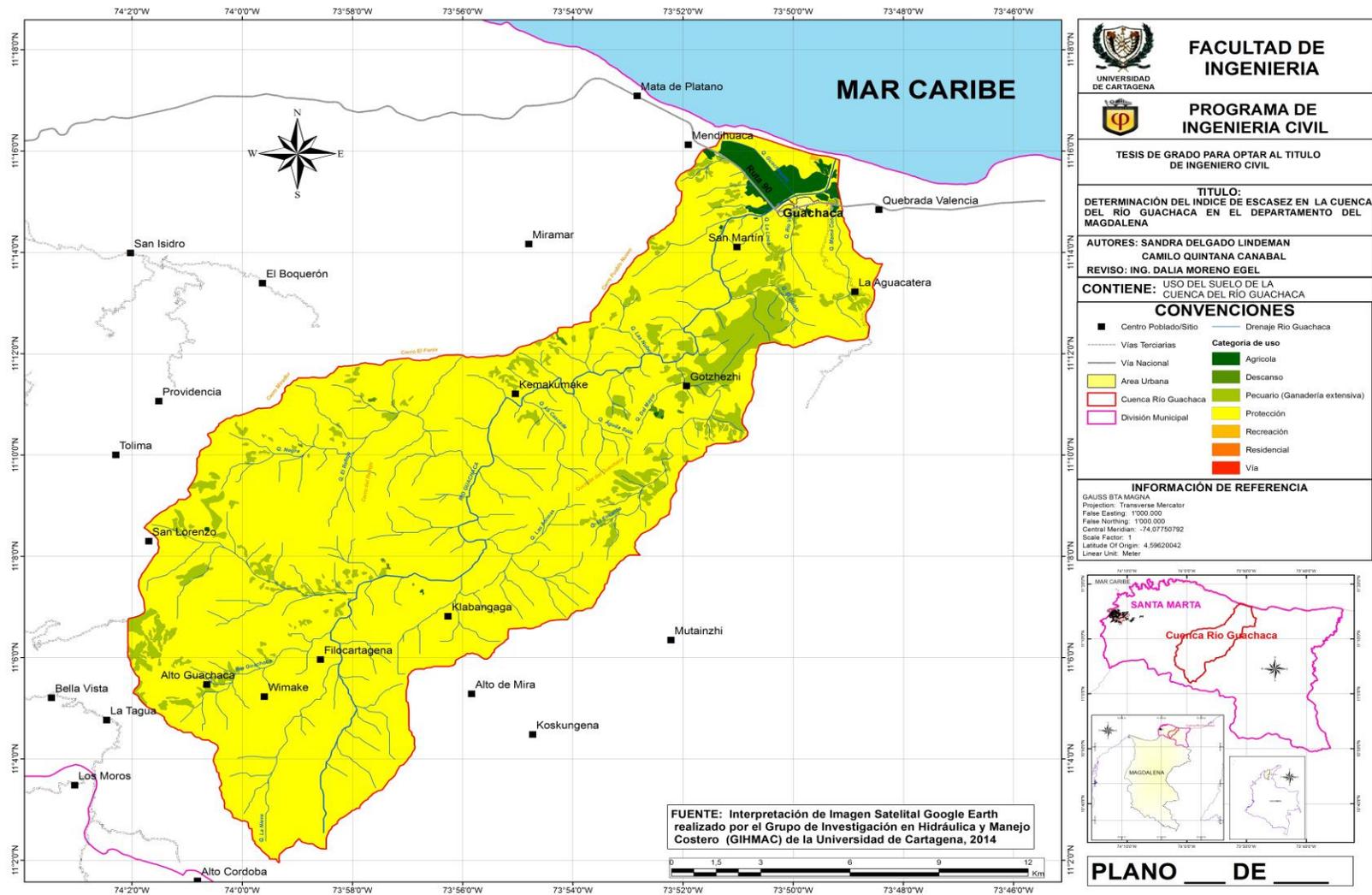
En la parte baja, se desarrolla la principal actividad agrícola y esta representada por cultivos permanentes de plátano con una extensión de 330,98Ha sembradas. En general son dos plantaciones, Caballo 1 y Caballo 2, las cuales son administradas por las empresas Frutex S.A. Grupo Daboon. En menor extensión, también se adecuan terrenos para cultivos transitorios de pancoger como yuca, cacao, mango, maíz, entre otros figura.

En cuanto a la ganadería se tiene que la misma cuenta con aproximadamente 1879,44Ha, las cuales se distribuyen tanto en la parte alta y media de la cuenca, y en mayor extensión en la parte baja.

### 5.1.9 USO DEL SUELO Y CONFLICTOS DE USO

Los tipos de uso del suelo fueron definidos tomando como referente el mapa de cobertura vegetal y asociando a cada una de las coberturas un uso según sus características. Esta es una técnica que se implementa cuando hay falta de información sobre los usos del suelo de un área y que arroja resultados muy representativos. Como vemos en el Mapa 13, en la cuenca del río Guachaca los usos de suelo que predominan son: protección, pecuario, agrícola y en mucho menor proporción residencial. Pero también se evidencian otros usos menos comunes como son: descanso, recreativos y vial. A continuación son descritos cada uno de ellos, apreciando en la Figura 6 el porcentaje que cubre cada tipo de uso de suelo:

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 13. Usos de Suelo de la cuenca del Río Guachaca**

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

**Protección:** Son las áreas donde aún predominan bosques naturales que por su estado no evidencian actividades productivas ni sociales como tal. Este uso predomina en la mayoría de la cuenca con un área de 24418,42Ha que representa el 91,07% del área total.

**Pecuario:** Son las zonas de la cuenca donde se desarrollan actividades ganaderas tipo extensiva y tradicional. En la cuenca se evidencian en algunas áreas pequeñas de la parte alta concentradas principalmente hacia el sur oeste, y en otras áreas con mayor extensión localizadas hacia la parte baja de la cuenca a la altura de los centros poblados Kemakumake, Gotzhezhi y la Aguacatera. En general ocupan una extensión de 1879,44Ha que equivalen al 7,01% del área total de la cuenca.

**Agrícola:** Donde se encuentra una mezcla de varias actividades agrícolas como cultivos transitorios de maíz y yuca, y cultivos permanentes como el coco, plátano y maderables, este último no comercial. Hacia la parte baja de la cuenca, paralelo a la vía Ruta 90, entre los centros poblados de Mendihuaca y Guachaca, se destaca la actividad agrícola con mayor extensión en la cuenca), que corresponde a cultivos permanente de plátano que demanda una cantidad representativa de recurso hídrico. Tas es así que dicho cultivo es atravesado en dirección noroeste – sureste por la quebrada Guachaquita y en su costado suroeste es bordeado por el río Guachaca. En toda la cuenca este uso presenta un área de 446,2 equivalentes a 1,66% del área total.

**Residencial:** Del cual hacen parte los centros poblados y veredas conformadas por casas individuales y esparcidas por la cuenca con o sin servicios básicos para uso humano, incluyendo las fincas dispersas. Los usos residenciales con mayor extensión están conformados por el centro poblado de Guachaca y la Aguacatera localizado en la parte baja de cuenca sobre la vía Ruta 90. En general el uso residencial de la cuenca ocupa el 0,14% del área total de la cuenca que equivale a 36,54Ha.

**Otros usos:** Y en menor proporción en la cuenca del río Guachaca también se evidencian otros tipos de uso del suelo, entre estos se destacan *descanso* y *recreación* con un 0,12% del área total de la cuenca (33,44ha). Los primeros consisten en terrenos intervenidos y abandonados en los que actualmente no se desarrolla ninguna actividad antrópica, es decir

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

son tierras sin uso; los segundos consisten en terrenos en los que se practican actividades recreativas de turismo, ecoturismo, hoteles entre otras.

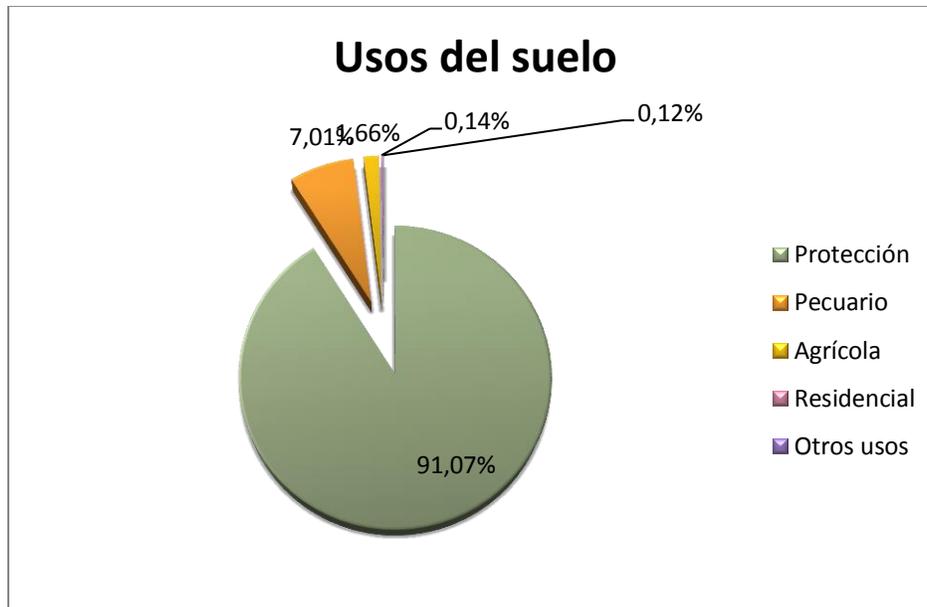


Figura 6. Tipos de Usos del suelo de la cuenca del Río Guachaca.  
Fuente. Autores.

## 5.2 FASE DE EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.

### 5.2.1 OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL NETA

La oferta hídrica superficial neta de la cuenca se obtuvo a partir de relacionar matemáticamente los mapas de precipitaciones, evaporación y evapotranspiración generados por el IHSA. Esta relación arrojó como resultado el Mapa 14, donde se aprecia que la cuenca presentó un gradiente de 639.57 mm desde la parte alta de la cuenca en el alto de Guachaca y el alto de San Lorenzo hasta 796.6 mm en la parte baja de la cuenca o la desembocadura en el mar Caribe.

Se puede observar que la oferta hídrica en la parte alta de la cuenca en comparación con la parte baja es menor, esto se debe a la falta de cauces secundarios en esta zona. Se puede ver

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

que la cuenca alta presenta altos grados de inclinación del terreno lo que justifica la falta de causas en esta parte alta, dificultando de esta manera la acumulación de aguas.

### 5.2.2 DEMANDA DE AGUA TOTAL

De la definición de demanda de agua en la cuenca obtuvo la distribución que se aprecia en el Mapa 15 y en la Tabla 16, donde se observa que la mayor demanda de agua se presenta en la parte baja de la cuenca. Donde se ubican el principal centro poblado de la zona, las mayores extensiones de cultivos agrícolas y las zonas de recreación turística. En la cuenca del Río Guachaca el mayor porcentaje de demanda de agua lo tienen las zonas dedicada a recreación turística y residencial con un 57% y 42,6%, respectivamente.

Tabla 16. Demanda de agua total de la cuenca del Río Guachaca

USO	AREA km <sup>2</sup>	Porcentaje de área.	Porcentaje de demanda de agua
Agrícola	4,46	1,66	0,29
Descanso	0,27	0,10	0,00
Pecuario (Ganadería extensiva)	18,79	7,01	0,01
Protección	244,18	91,07	0,01
Recreación	0,04	0,01	57,00
Residencial	0,37	0,14	42,69
Vía	0,03	0,01	0,00

FUENTE. Autores

### 5.3 FASE DE SÍNTESIS

En el Mapa 16 se puede apreciar la distribución de índice de escasez en cada una de las subcuencas en las cuales se dividió el Río Guachaca. Se puede observar que la mayor parte de este se presentó índice no significativo, lo que se traduce que la demanda de agua en estas zonas de la cuenca no es significativa y esto se debe principalmente a la presencia de grandes extensiones de bosque, aproximadamente el 91% del área total de la cuenca. Esto muestra claramente la poca intervención a la que ha sido sometida la cuenca.

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

Este clase de cobertura vegetal es una de las de mayor importancia en este tipo de ecosistemas, los bosque en protección forestal favorecen al mantenimiento del recurso hídrico en la cuenca aparte de que es de trascendental importancia para la subsistencia de la flora y fauna de la región.

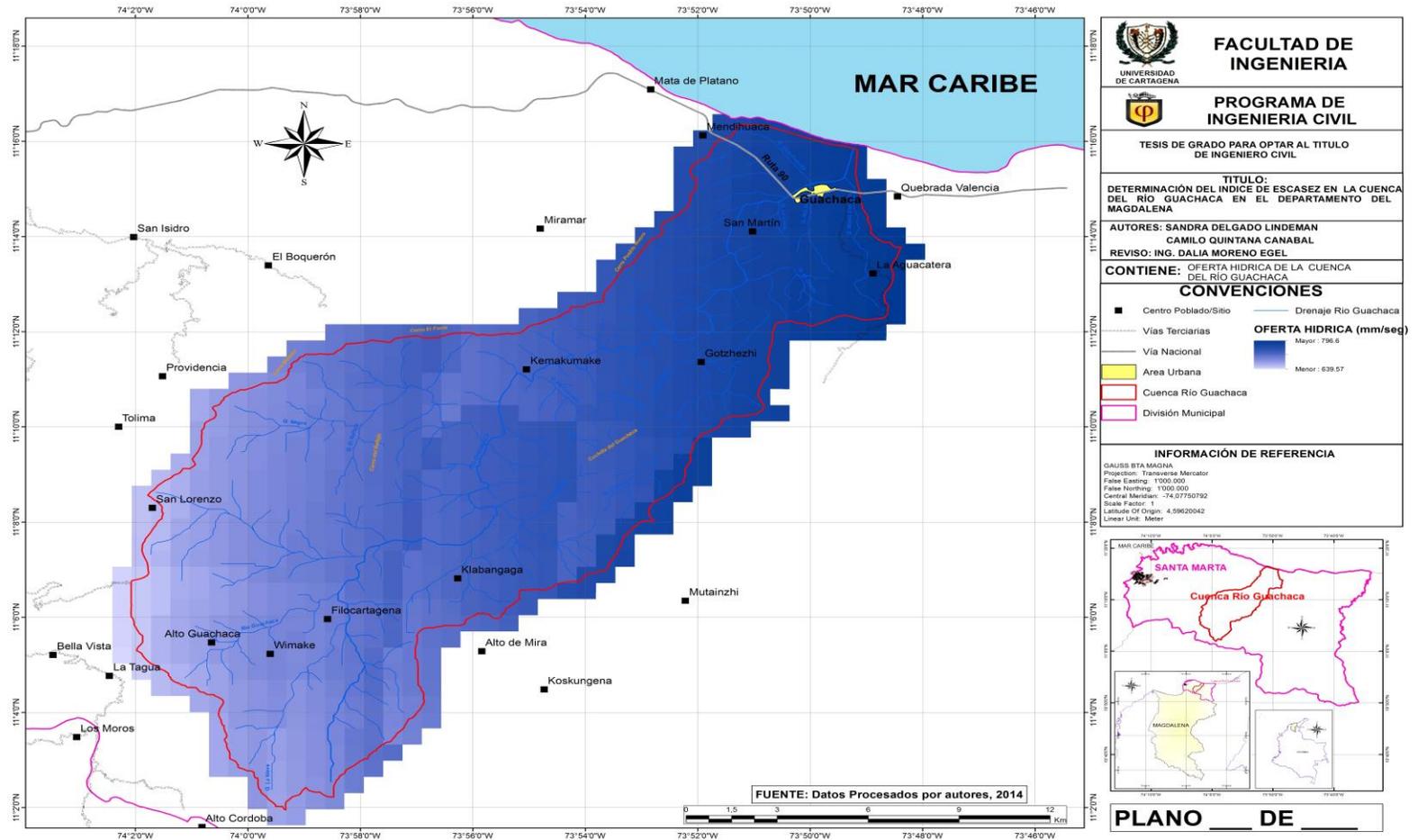
En las subcuencas N° 54 y 55 se presenta índice alto y en la N° 56 se presenta índice medio. Estas tres (3) se ubican en la parte baja de la cuenca, en esta zona de la cuenca ha sido la mayor intervenida por la mano del hombre, se han deforestando grandes extensiones de bosque nativo para el cultivo agrícola transitorios de yuca y maíz, y cultivos permanentes como el de coco, plátano y banano.

Sobre la subcuenca 54 y 55, entre los centros poblados Mendihuaca y Guachaca, y paralelo a la vía Ruta 90 se encuentran las mayores extensiones de tierra de actividad agrícola, aproximadamente 331 hectáreas de tierras equivalentes al 1,23% del área total de la cuenca corresponden a cultivos permanentes de plátano de un total de 446 Ha de tierras destinadas a cultivos agrícolas.

Sobre estas subcuencas también se ubica el principal centro poblado de la cuenca, Guachaca, cerca de 37 Ha de terreno son de uso residencial. Esta demanda gran cantidad de agua, aproximadamente un 42% de la demanda total de agua en la cuenca.

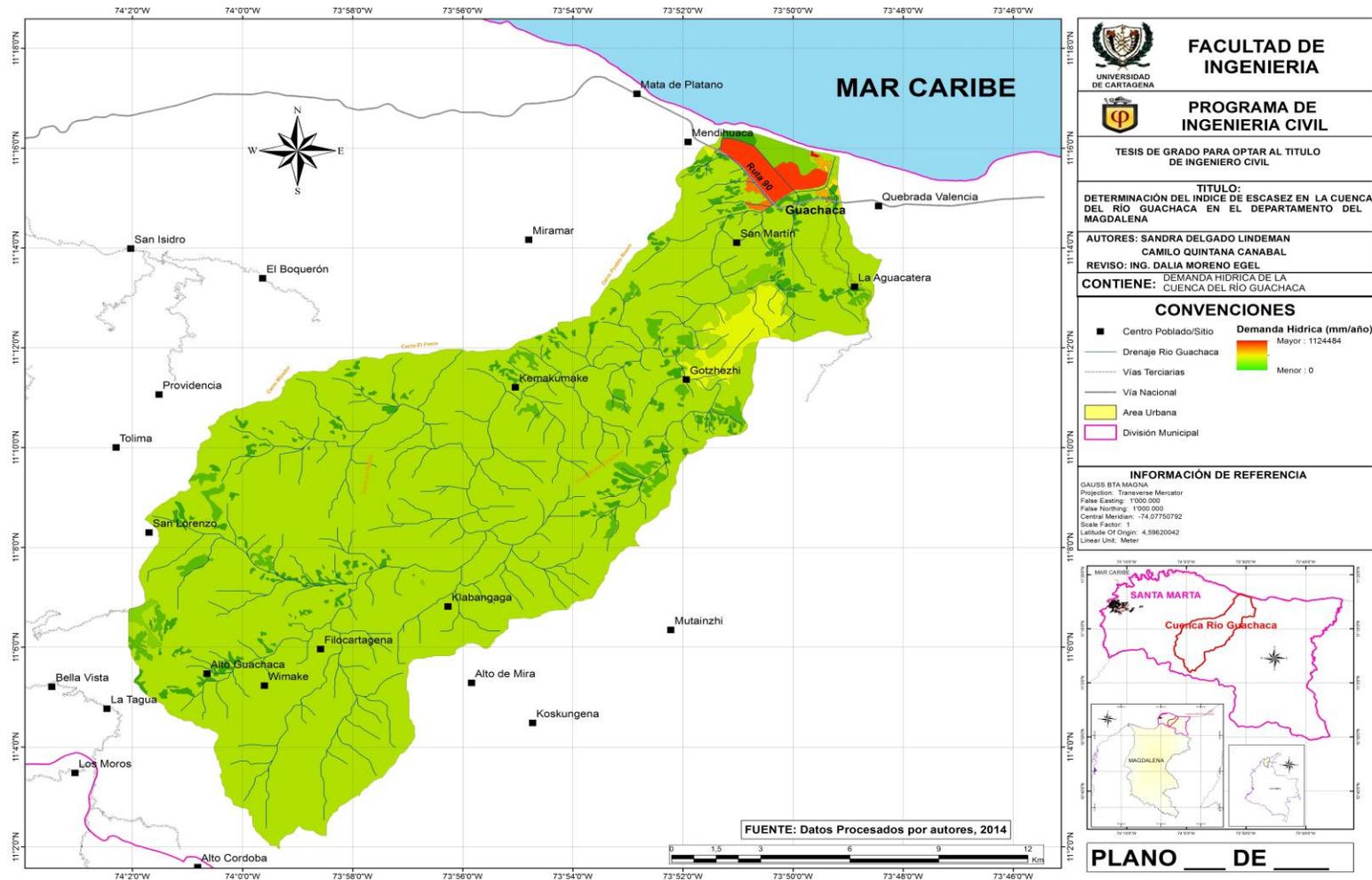
Entre estos tres usos del suelo, cultivos agrícolas, residenciales y de recreación turística, demandan el 99,98% del total de agua demandada en la cuenca.

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



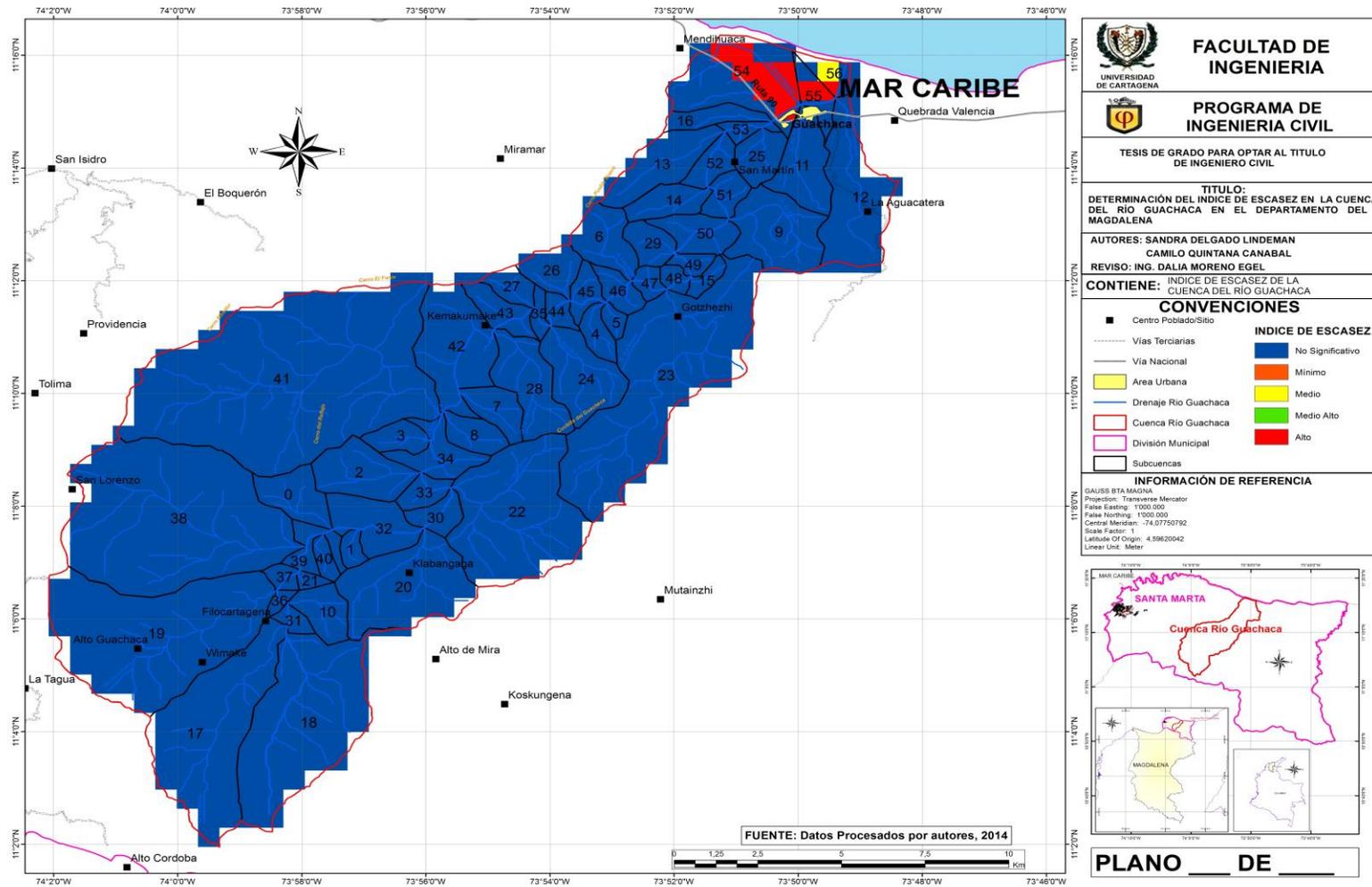
**Mapa 14. Oferta hídrica de la cuenca del Río Guachaca**

# DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



**Mapa 15. Demanda Hídrica de la cuenca del Río Guachaca**

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



Mapa 16. Índice de escasez de la Cuenca del Río Guachaca

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

## 5.4 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTRAS INVESTIGACIONES

El presente estudio se comparó con la investigación “Perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa” ubicada en la cuenca alta del río Bogotá, realizada en el año 2011 por Durán y Suárez. Los valores obtenidos en este estudio se resumen en la tabla 17.

**Tabla 17. Resultados obtenidos en la cuenca del río Neusa y en la cuenca del río Guachaca**

		<b>Cuenca del Río Neusa</b>	<b>Cuenca del Río Guachaca</b>
<b>Parámetros morfométricos</b>	Área de la Cuenca	449,08 km <sup>2</sup>	268.14 km <sup>2</sup>
	Perímetro	117,25 km	89.65 km
	Longitud	45,09 km	43.05 km
	Factor de Forma	0,2217	0,14
<b>Clima</b>	Temperatura Media	10.00 °C	17.11°C
	Precipitación Media	900 mm	1848.71mm
	Evaporación Media	850 mm	951.73 mm
<b>Usos del suelo</b>	Forestal	21,66%	91,07%
	Agrícola	26,56%	1,66%
	Pecuario	38,41%	7,01%
	Otros usos	5,24%	0,12%
	Urbano	0,86%	0,14%
	Vegetación de paramos	7,19%	-
<b>Índice de escasez</b>		Tiempo seco: I.E Medio Tiempo Medio: I.E Medio Tiempo Húmedo: I.E Bajo	Subcuencas N° 56 y 57 : I.E Alto Subcuenca N° 58: I.E Medio Demás Subcuencas: I.E No significativo

FUENTE. Autores

En ambas investigaciones se utilizó el software ArcGIS para la obtención de los parámetros morfométricos y se siguió la metodología del IDEAM, sin embargo como se mencionó en los antecedentes, Durán y Suárez realizaron el cálculo para los tres escenarios climatológicos, el presente estudio calculó el índice de escasez para cada

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

subcuenca lo que es una ventaja ya que nos muestra la zona de la cuenca donde se deben formular recomendaciones. En la cuenca del río Guachaca, las subcuencas N° 54,55 y 56 ubicadas en la parte baja con área total de 10,13 son las que presentan alerta debido a las actividades productivas, mientras que las demás subcuencas presentan un valor no significativos por corresponder a zonas no intervenidas por el hombre. Sin embargo en la cuenca del río Neusa vemos que hay actividad productiva en casi toda su extensión por lo tanto los índices de escasez no se limitan a una zona en particular.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 6. CONCLUSIONES

La cuenca del río Guachaca tiene una extensión de 268.14 km<sup>2</sup> con una cota máxima de 2825 msnm y la longitud del cauce principal de 43 km.

Geomorfológicamente la cuenca presenta una extensión de área correspondiente en paisaje montañoso, esto se presenta entre las partes altas de la cuenca y el centro poblado de Guachaca. Este tipo de paisaje montañoso se subdivide en tres tipos de relieves como lo son filas y vigas, lomas y lomas y colinas; con alturas que van desde los 500 a 2825msnm, 100 a 500 msnm y 50 hasta los 100 msnm, respectivamente. En la zona más baja, entre el centro poblado y la desembocadura, se presenta un paisaje de planicie; siendo este último un área más pequeña y con alturas entre los 0 y 50 msnm.

La vegetación presente en la cuenca del Río Guachaca se realizó con análisis de foto-interpretación sobre imágenes de Google Earth encontrándose que el 90,48% del área total de la cuenca es bosque, lo que denota poca intervención a la que la cuenca ha sido sometida. En segundo y tercer nivel de cobertura se encontraron mosaicos de pastos con espacios naturales y pastos, pastos limpios y pastos arbolados; que corresponden al 3,86% y 3,38% del área total, respectivamente. Estas son el resultado de actividades ganaderas y de pastoreo permanente que bordean las zonas de bosques. En la cuenca también se identificaron zonas de cultivos permanentes que representan el 1,62% del área de la cuenca, entre estos cultivos permanente resaltan dos que son el cultivo de plátano y el de banano. Este tipo de cobertura demanda para su reproducción y mantenimiento cantidades considerables de recurso hídrico.

Tiene valores de 0,14 de factor de forma lo que nos indica que esta cuenca tiene una forma alargada, un coeficiente de compacidad de 1,54 por que la cuenca presenta poca tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento y un valor de 3,09 de índice de alargamiento lo que nos corrobora que la cuenca tiene una forma alargada presentando de esta manera una gran capacidad de amortiguar las crecientes.

La cuenca del río Guachaca se dividió en 57 subcuencas de las cuales 50 de estas fueron consideradas como cuencas muy pequeñas (áreas entre 0,03 y 9,66 km<sup>2</sup>), 3 pequeñas

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

(áreas entre 9,67 y 19,29 km<sup>2</sup>); 3 intermedias con áreas de 19,30 y 28,92 Km<sup>2</sup> y finalmente 1 clasificada como grande con áreas de 28,93 y 38,55 Km<sup>2</sup>, lo que nos muestra claramente que la cuenca está conformada por subcuencas muy pequeñas, lo que nos permite concluir que presenta drenaje de tipo dendrítico

Debido a los pocos cauces secundarios que presenta la cuenca en su parte alta se hace notable la diferencia en la escorrentía entre la zona de la desembocadura de la cuenca en el mar Caribe y la divisoria de la cuenca hacia la Sierra Nevada de Santa Marta, presentándose en la parte alta valores de 919,34mm y 1137,99mm en la parte baja de la cuenca.

A partir de datos de precipitación, evaporación y evapotranspiración facilitados por el Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental de la Universidad de Cartagena y la definición de un factor de régimen de estiaje que garantice un cauce ecológico del río Guachaca, se obtuvo una oferta hídrica que se caracteriza por presentar un gradiente de 639,57 mm de agua en las partes altas de la cuenca hasta una oferta de 796,6 mm en la desembocadura del río al Mar Caribe. Esto corrobora los valores encontrados de factor de forma, índice de compacidad e índice de alargamiento, que indican que la cuenca presenta poca tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento.

A partir del análisis de la cobertura vegetal y de la definición de consumos se concluye que las zonas destinadas a recreación turística y a residencial son los usos del suelo que mayor recurso hídrico demandan. La recreación demanda el 57% del total demandada en la cuenca y el uso residencial el 42,69%. Estas zonas se ubican en las subcuencas de la parte baja de la cuenca cerca de la desembocadura. En la cuenca alta y media se presenta el mayor uso del suelo corresponde a bosque en protección, este es el uso que menor demanda de recurso hídrico presenta. Las zonas de bosques o zonas de protección son las que menos agua demandan, con un 0,01% de la demanda total.

Los resultados de la demanda se relacionan directamente con la distribución de índice de escasez obtenida por subcuencas, encontrándose que la mayor parte de la cuenca presenta índice de escasez no significativo (representado por color azul en el mapa 20),

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

lo que muestra que la poca intervención que han tenido los bosques garantizan significativamente la conservación del recurso hídrico en la cuenca.

La cuenca baja es la zona con mayor intervención humana, y por tanto, presenta los mayores índices de escasez, siéndolas subcuencas 54 y 55 las de índice de escasez alto. Comparando estos resultados con los usos del suelo y la demanda hídrica se aprecia claramente que la siembra de cultivos permanentes de plátano y banano, las de mayor demanda con un 74% del área total cultivos.

Se puede decir que entre mayor sea la intervención del ser humano a los bosques nativos en protección de la cuenca del río Guachaca para destinar estas tierras a cultivos agrícolas, mayor será el índice de escasez. Los bosques por su naturaleza y dinámica ecológica es la cobertura vegetal de mayor importancia ecosistémica, estos garantizan la conservación del recurso hídrico en las cuencas de los ríos.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda un mayor control sobre los cultivos permanentes estableciendo algunas zonas de protección en la parte baja de la cuenca con reforestación especialmente en las áreas de las rondas hídricas del cauce principal

Es importante recordar que los datos de índice de escasez corresponden solamente a la escorrentía superficial y por tanto es posible que al analizar el agua subterránea disponible se puedan obtener otros valores menos críticos del índice de escasez en la parte baja de la cuenca.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 7. RECOMENDACIONES

Los valores obtenidos del índice de escasez son función de la precisión de los datos de campo y de las escalas de los planos de detalles de la cuenca, por lo tanto en la medida en que estos planos tengan una mejor escala y una mayor actualización de los datos de campo serán mucho más precisos los resultados obtenidos

De igual forma, el cálculo se realizó con proyección de la población hasta el año 2024, estimar el crecimiento y comportamiento de los sectores económicos a largo plazo es muy riesgoso, por cuanto está sujeto a variables cuyo comportamiento es muy incierto en el tiempo. Aún más arriesgado es predecir el desarrollo tecnológico que vendrá al país en los próximos diez o veinte años y que afectará el nivel de uso de los distintos insumos necesarios para los procesos productivos y para el consumo de agua de los diversos sectores que hacen parte de la economía nacional.

# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Mayor de Santa Marta D.T.C.H, & FUNDOSAM. (2000-2009). Plan de Ordenamiento Territorial de Santa Marta.
- Callopin, G. C., & Rijsberman, F. (2000). Three global water scenarios. *International Journal of water*, 13-25.
- Callopin, G. C., & Rijsberman, F. (2000). Three global water scenarios. *International Journal of water*, 13-25.
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso*. Bogotá, D.C., Colombia.
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (s.f.). *Decreto 1729 del 2002 Capítulo II artículo 4°*.
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (s.f.). *Decreto 2811 de 1974*.
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (s.f.). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico Módulo 4*.
- Corporación Autónoma del Valle. (1995). Procedimientos Metodológicos de Planificación en Cuencas Hidrográficas. Santiago de Cali.
- Domínguez Calle, E. A., Gonzalo Rivera, H., Vanegas Sarmiento, R., & Moreno, P. (Junio de 2008). RELACIONES DEMANDA-OFFERTA DE AGUA Y EL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA COMO HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO COLOMBIANO. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, XXXII(123), 18.
- Dourojeanni. (2002). Gestión del agua a nivel de cuencas: Teoría y práctica. *CEPAL*.
- Durán Santos, D. M., & Suárez, D. C. (2011). *Perfil ambiental de la subcuenca del Río Neusa*. Bogotá .
- García Coll, I., Martínez Otero, A., & Vidriales Chan, G. (2008). *BALANCE HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO PIXQUIAC*. Veracruz, Mexico.
- Gonzalo Rivera, H., Domínguez Calle, E., Marín Ramírez, R., & Venegas, R. (2004). *IDEAM*. Bogotá.
- Infante Romero, H. A., & Ortiz, L. F. (Diciembre de 2008). AJUSTE METODOLÓGICO AL ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA PROPUESTO POR EL IDEAM EN EL PLAN DE ORDENACIÓN Y

## DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA.  
*Revista Colombia Forestal*, 11, 9.

Instituto de Hidrología de España, & Unesco. (1982). *Métodos de cálculo del balance hídrico*. España.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua. Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica*. Bogotá., Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Instituto Nacional De Ecología. (2004). ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS: CASO DE ESTUDIO DEL PARQUE NACIONAL PICO DE TANCÍTARO. 46.

Jaramillo Rojas, C. S., Molina P., F., & Betancur V., T. (Diciembre de 2011). ÍNDICES DE ESCASEZ Y DE CALIDAD DEL AGUA PARA LA PRIORIZACIÓN DE CUERPOS DE AGUA EN LOS PLANES DE ORDENACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO. APLICACIÓN EN LA JURISDICCIÓN DE CORANTIOQUIA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), 13.

Maas, M. (2005). *Principios Generales sobre Manejo de Ecosistemas*. Morelia.

MADS. (2011). *Propuesta base para la construcción de estudios regionales del agua*. Documento preliminar.

*Metroagua S.A.E.S.P.* (s.f.). Recuperado el Agosto de 2013, de [www.metroagua.com](http://www.metroagua.com)

Ministerio de Ambiente, V. y. (4 de Agosto de 2004). RESOLUCION 865 DE 2004. *Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones*. Colombia.

Nadal, E. (1993). *Introducción al análisis de la Planificación Hidrológica*. Madrid: MOPT.

Rentería Flores, G., & Pérez Arredondo, F. J. (2010). Cálculo de un índice de pobreza de agua a nivel de estados. *Verano de la Ciencia* 12, 9.

Roudi-Fahimi, F., Creel, L., & De Souza, R. M. (Noviembre de 2002). LA BÚSQUEDA DE UN EQUILIBRIO: Población y escasez de agua en Oriente Medio y África septentrional. *Population Reference Bureau - PRB*, 8.

Simonovic, S. (2009). Decision Support Systems for Sustainable Management of Water Resources: 1. General Principles. *Water international*, 223-232.

Smith, H. (2014). River basin management, development planning, and opportunities for debate around limits to growth. *Journal of Hidrology*.

Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Cali: Limusa.

## DETERMINACIÓN DEL INDICE DE ESCASEZ EN LA CUENCA DEL RÍO GUACHACA EN EL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

---

UN, PNUD, PNUMA, FAO, UNESCO, OMM, . . . ONUDI. (1997). EVALUACION GENERAL DE LOS RECURSOS DE AGUA DULCE DEL MUNDO. 37.

Varela, E. (1992). Planificación–Acción en Cuencas Hidrográficas: un enfoque empírico. *Seminario Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas*. Medellín.

World Resource Institute. (1997). *World Resources*. Washington DC.

World Water Council. (2003). *The World's water*.