

## DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA Y APROXIMACIÓN AL CÁLCULO DE DEMANDA DE AGUA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS PARA EL AÑO 2009

ANTONIO OROZCO GALLO<sup>1</sup>  
EFRAÍN CUADRO GUZMÁN<sup>2\*</sup>

Recibido 14 de Octubre de 2009/Enviado para Modificación 5 de Noviembre de 2009/Aceptado 29 de Noviembre de 2009

### RESUMEN

*El presente artículo producto de investigación tiene por objetivo revisar una metodología de cálculo de la demanda de agua, y aplicarla para tener una aproximación técnicamente consistente, del volumen de agua demandada por la ciudad de Cartagena de Indias en el año 2009, teniendo en cuenta su estructura socioeconómica y las tendencias de las variables implicadas en dicho cálculo. Los resultados muestran que Cartagena requiere de un total de 164.962.448 metros cúbicos de agua al año 2009, distribuidos en un 57,9% para las familias, 22,2% para el sector servicio, seguido del sector agrícola con un 16,6% y del sector industrial con un 2,8%. Como era de esperarse los sectores pecuarios y riego fueron los menores en requerir agua con un 0,3% y 0,1 %, respectivamente.*

**Palabras Clave:** Demanda de Agua. Recurso Hídrico. Precipitación. Evapotranspiración. Coeficiente de Cultivo. Factor de Consumo. Índice de Escasez. Uso Consuntivo. Concesión.

**Clasificación JEL:** P28, Q21, Q25, Q32

### ABSTRACT

*This document is the written inform of the investigation whose objective was to check the calculate methodology of water demands, and apply them to have a consistent technical approximately, of the volume of water demanded by the city of Cartagena de Indias in 2009, according to socio-economic structure and the tendencies of the variables involved in that calculate. The result shows that Cartagena requires a total of 164.962.448 cubic meter of water at year 2009, distribute in a 57.9% for families, 22.2% for service sector, follow by farm sector with a 16.6% and the industrial sector with a 2.8%. As it was to expected the*

<sup>1</sup> Investigador y Consultor Económico Independiente. Correo electrónico: tonygallo73@gmail.com

<sup>2\*</sup> Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Cartagena. Correo electrónico: efracuadro@yahoo.es.

*livestock and irrigation sectors were the lowest in required water with a 0.3% and 0.1%, respectively.*

**Key Words:** *Water Demand. Water Resources. Precipitation. Evapotranspiration. Crop Coefficient. Consumption Factor. Shortage Index. Consumptive Use. Concession.*

**Classification JEL:** *P28, Q21, Q25, Q32*

## **INTRODUCCIÓN**

El planeta Tierra, nuestra gran aldea, está arribando a estadios de crisis mundial por la disponibilidad del recurso agua, etapas que habían sido previstas desde hace muchas décadas por científicos reconocidos en la comunidad académica y científica internacional, quienes vaticinaron lo que hoy está ocurriendo con el agua y con el mundo: “Una relativa escasez de agua”, causada por un grave desajuste en el equilibrio ecológico o medio ambiental, el cual ha llevado a que existan hoy zonas en donde ya es difícil encontrar este recurso por los procesos de deterioro de las tierras, aumento de las áreas de desierto y retiro de las lluvias; y otras zonas en donde las aguas lluvias llegan de manera anormal dándose periodos de torrenciales precipitaciones que inundan, arrasan y hasta cobran vidas humanas, mientras que en esas mismas zonas también hay largas épocas más extendidas de lo normal, en las cuales se presentan sequías o secos veranos.

Se insiste entonces en la relativa y no en la absoluta escasez del agua, porque lo que se ve realmente es un rompimiento del proceso gradual de oferta de agua, a consecuencia del desequilibrio ambiental, causado por el calentamiento global, originado por emisión indiscriminada de gases, líquidos y residuos sólidos contaminantes emitidos o vertidos a la “naturaleza” por parte de las empresas principalmente y en segunda instancia por las familias. También ha sido causada dicha situación por la tala indiscriminada de material vegetal en zonas de nacimiento, localización y curso de ríos y otros cuerpos de agua, al igual que por la reducción de zonas que eran consideradas reservas forestales y que hoy están siendo inmisericordemente explotadas en actividades económicas y sociales sin ningún criterio de sostenibilidad. Es decir, que la oferta de agua se ha desajustado, ya que por ejemplo: los glaciales en los polos y los establecidos durante millones de años en las cumbres de las montañas del mundo se deshuelan elevando el nivel del mar (más agua); los vientos huracanados llevan al Caribe, al Sur de los EE UU y a gran parte el Asia, una mayor cantidad de agua (más agua); mientras que en gran parte del continente

africano el desierto crece y en dichas zonas ha dejado de llover (menos agua). Son estos, apenas unos casos en donde se demuestra que la escasez de agua es relativa ya que es probable que exista la misma cantidad de agua en el año, pero que ahora esté siendo ofrecida por la naturaleza de forma irregular o no gradual, como antes si lo hacía.

Es válida entonces la hipótesis que, el gran problema del agua, sin desconocer el problema de la demanda, está en la oferta, pero contrario a lo que debe estar pensando el amable lector a estas altura de este introito, la intención del presente artículo no es profundizar en la oferta de agua pues los autores se declaran limitados por su perfil profesional (economistas), para dar opiniones concluyentes al respecto, sino que se orientará por el contrario hacia la descripción metodológica y cálculo de la demanda de agua para la ciudad de Cartagena durante el año 2009, teniendo en cuenta todos los fines de uso de este recurso. Es entonces la demanda la que llama la atención en este documento, que viene a ser precisamente, desde un enfoque mercadológico, la contraparte de la oferta.

Este trabajo tiene un gran componente metodológico, porque se quiere divulgar metodologías que deberían ser más utilizadas para fines de proyectar el consumo de agua por zonas geoeconómicas, y poder brindar a las autoridades ambientales la información necesaria, además los correctivos que contribuyan a enfrentar en cada localidad dicha problemática. Es un llamado a adoptar una visión “glocal” de la problemática ambiental, es decir, tener una visión global, pero actuar en lo local, pues es la suma de las soluciones locales la que dará un buen resultado universal.

Desde la demanda entonces, es preciso introducir el tema, considerando que el agua significa la vida y el bienestar de toda población. Por tanto se espera y es perentorio esperarlo así, un uso racional del precioso líquido por parte de todos los agentes económicos y sociales, para contribuir desde el consumo a su disponibilidad para las presentes y futuras generaciones. En efecto el aumento de la población y el nivel de desarrollo económico hacen que la sustracción de agua para las diferentes actividades también aumente; de aquí que el volumen de aguas residuales crezca, disminuyendo la disponibilidad del agua por los efectos de la contaminación (1).

La demanda de agua nunca ha sido mayor en el mundo, debido al acelerado crecimiento de la población que actualmente se calcula en 6.600 millones de personas, la cual aumenta alrededor de 80 millones cada año, significando que la demanda de agua potable se incrementa en 64.000 millones de metros cúbicos al año (2). En el mundo, Colombia es uno de los países con

mayores recursos hídricos, ríos, quebradas y nacimiento de agua, además es la principal fuente hídrica del planeta. El consumo de agua en Colombia ha tendido a aumentar significativamente, proceso explicado por el crecimiento de la población en las zonas urbanas, junto con el aumento en las actividades productivas e industriales además de los procesos sociales que esto acarrea. De mantenerse esta tendencia, el país tendrá que afrontar situaciones de déficit en el recurso hídrico, asimismo como reducciones en su calidad, afectando el bienestar social de la población nacional.

Bajo esta serie de argumentaciones introductorias, nace la pertinencia del estudio de la demanda de recurso hídrico para la ciudad de Cartagena de Indias en el año 2009, cuyo objetivo primordial consistió en estimar la demanda de agua en la actualidad en este Distrito, con lo cual se tendrá una aproximación sobre qué sectores imponen mayor presión sobre la disponibilidad de agua, junto con la importancia de estos dentro de la ciudad. Esquemáticamente este documento responderá al siguiente orden: inicialmente, se presenta el estado del arte, que realmente no es muy nutrido, junto con el marco teórico. Seguidamente, se definió la metodología que establece la forma de cálculo de la demanda hídrica, acorde con los lineamientos que para este aspecto manifiestan las entidades del orden estatal en la nación.

Posteriormente se ponen a consideración del lector los capítulos que son el desarrollo de los resultados del estudio realizado, conformado por el cálculo de la demanda de agua para uso Doméstico, Industrial, Sector Servicios, Agrícola, Pecuario y para Riego. La sumatoria de estas demandas permite presentar finalmente, el cálculo de la Demanda Total de Agua para la ciudad de Cartagena de Indias.

## *ANTECEDENTES*

La competencia que genera la dinámica creciente sobre el uso del recurso hídrico, la afectación al medio ambiente y el acceso de la población al agua potable y saneamiento básico, han originado en el mundo la necesidad de evaluar los niveles disponibles del recurso hídrico, basándose en los niveles de escasez de este, el cual está explicado por la dinámica en la oferta y en demanda de agua. Bajo este marco, los estudios realizados con el fin de determinar la disponibilidad del recurso hídrico, han tenido una gran importancia durante la última década, llegando a plantear acciones dentro del ámbito internacional, tales como (3):

- La implementación de un enfoque eco sistémico en la administración de las aguas, en vista de que hoy en día existe más teoría que práctica.

- La implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
- La implementación de la Gestión Integrada de Crecidas, la cual carece de difusión en América Latina y El Caribe.
- Divergencia en la valoración del agua, ya que hoy en día se tiene mayor énfasis en la valoración económica, y menor atención en la valoración social y cultural de esta.
- La implementación de valores centrales en la gestión de los recursos hídricos, como son: equidad, universalidad, eficiencia, sostenibilidad, legitimidad, responsabilidad, descentralización y participación.

Siguiendo bajo el contexto internacional, se resalta el estudio de Demanda de Agua en la Comarca Lagunera, México, (4), donde se concluyó que la demanda de agua en todos los sectores responde inelásticamente a cambios en las tarifas y cuotas cobradas por su uso y servicio, encontrándose que los sectores con mayor inelasticidad son el residencial y el pecuario, evidenciando la ineffectividad de una política de precios en éstos; por otra parte, los sectores industria y de riego presentaron una demanda de agua menos inelástica, reflejando el valor que le conceden estos sectores en el uso del agua dentro de sus procesos.

Enfocándose en el ámbito colombiano, se destaca el estudio “Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en Colombia”, (5), el cual arrojó los siguientes resultados: para el año 1996, en Colombia bajo condiciones hidroclimáticas normales, es decir, mediante una media multianual, el 4% de los municipios del país correspondientes al 13% de su población presentaron un índice de escasez<sup>1</sup> mayor al 10%, el cual se incrementa al ser evaluado durante el año seco. Así mismo, el 14 % de las cabeceras municipales correspondientes a una población del 61% alcanzaron índices de escasez con categorías de alto, medio alto y medio. Finalmente, acorde con las proyecciones realizadas para el año 2016, el 19% de los municipios y el 38% de la población alcanzarían en dicho año un índice superior al 10%; tales condiciones serían más críticas al considerar las áreas que abastecen las cabeceras municipales para las cuales cerca al 70% de la población se encontraría en una situación delicada de abastecimiento de agua.

El estudio “Colombia: Potencia Hídrica” (6), cálculo que en Colombia la demanda de agua alcanza los 7.000 m<sup>3</sup> por segundo, destacándose la demanda de agua para uso agrícola, la cual ejerce una presión de 1.000 m<sup>3</sup> por segundo condicionado por la irrigación de 1 millón de hectáreas,

<sup>1</sup>El Índice de Escasez hace referencia al porcentaje que refleja la presión que ejerce la demanda hídrica sobre la oferta hídrica superficial en metros cúbicos.

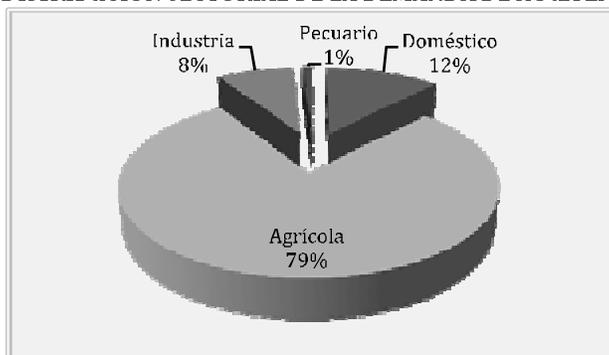
donde la anterior cifra pierde equivalencia si se tiene en cuenta la existencia de 10 millones de hectáreas en suelos productivos sin adecuar. Seguidamente, se resalta el estudio “Relaciones Demanda-Oferta de Agua y El Índice de Escasez de Agua Como Herramientas de Evaluación del Recurso Hídrico Colombiano” (7), donde se manifestó que el mayor porcentaje en la demanda de agua corresponde al sector agrícola con un 59%, seguido por el sector doméstico con un 27%, y en porcentajes inferiores al 10%, por los sectores industria, pecuario y servicios para el territorio nacional. Así mismo, se encontró que para el año 2004 el departamento que ejerce mayor demanda sobre la disponibilidad del recurso hídrico en Colombia, fue el Magdalena con un 15%, seguido por los departamentos de Atlántico y Bolívar con un 12% y 11% respectivamente.

Finalmente debe subrayarse el Estudio Nacional del Agua (8), en el cual se determinó el Índice de escasez para Colombia en el año 2005, donde el mayor porcentaje de demanda de agua corresponde al sector agrícola con un 61%, seguido por el sector doméstico con un 26%, lo cual indica segmentos de presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico vitales dentro del bienestar social de toda población.

Por otra parte, el estudio reflejó que los departamentos que mayor presión ejercen en términos de demanda sobre la disponibilidad de agua fueron los departamentos de: Magdalena, Atlántico y Bolívar, con porcentajes de participación sobre el total para Colombia de 15%, 12% y 11% respectivamente, manteniendo los porcentajes por departamento acordes con estudios anteriores.

Por último, de acuerdo con esta fuente bibliográfica para el departamento de Bolívar se destaca que el mayor porcentaje de demanda corresponde al sector agrícola con un 79% y el sector doméstico con un 12%; lo cual indica que prácticamente un 80% de la demanda de agua está destinada al sector primario dentro de la estructura económica colombiana.

**GRÁFICA No. 1. DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DE LA DEMANDA DE AGUA EN BOLÍVAR, 2005.**



Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (8).

## *MARCO TEÓRICO*

El crecimiento de la población y de las actividades productivas del mundo, y los cambios en los hábitos de consumo de agua en las actividades sociales, conduce indiscutiblemente a afirmar que la demanda de agua se está elevando enormemente. El número de habitantes continúa aumentando rápidamente, pero la tierra no tiene ahora más agua que 2.000 años atrás, cuando estaba habitada por menos del 3% de la población actual (9). La demanda creciente de agua para la agricultura de regadío, el consumo doméstico (municipal) y para la industria, está imponiendo una dura competencia por la asignación de escasos recursos hídricos a las diversas zonas y tipos de uso. Por consiguiente, las teorías que se ciernen sobre la demanda de agua complementados con las diferentes corrientes que sustentan su determinación o estimación permiten acoger la metodología que se propone aquí para estimar correctamente la demanda de agua en el marco geográfico objeto de estudio.

## MODELOS TEÓRICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO

**CUADRO No. 1. MODELOS TEÓRICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO**

<b>Modelos empíricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son sistemas de corto plazo, es decir, responden a estimaciones anuales.</li> <li>- Se fundamenta en el conocimiento basado en la experiencia, por lo tanto, su eficiencia depende de la práctica y el juicio personal de un especialista dentro del sistema.</li> <li>- El especialista que genera la información debe ser una persona con amplia experiencia en operación de agua.</li> <li>- Requiere de la existencia de una base de datos amplia y no necesariamente ordenada en un conjunto.</li> <li>- Es de ámbito individual, es decir sólo su desarrollador u operador sabe su implementación.</li> </ul>
<b>Modelos de dotaciones de agua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Surge de la dificultad de obtener información periódica y fiable sobre los volúmenes de agua suministrados y consumidos.</li> <li>- Se plantea como una función acorde con la población del mundo, las actividades productivas y los procesos sociales, junto con las condiciones de consumo que prevalecen en la zona de estudio.</li> <li>- Algunos organismos como el Banco Interamericano de Desarrollo y el Banco Mundial, emiten recomendaciones sobre los montos de las dotaciones de agua por habitante al día.</li> <li>- Las estimaciones de la demanda de agua se hacen suponiendo que el consumo de agua permanece constante y la demanda se comporta paralelamente al crecimiento de la población, de las actividades productivas y de las actividades sociales.</li> </ul>
<b>Modelos alternativos- experimentales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los científicos e ingenieros han usado las computadoras para desarrollar modelos computacionales tanto sencillos como complejos.</li> <li>- Con la llegada de la Inteligencia Artificial (IA) las computadoras han sido programadas para representación de conocimiento, reconocimiento de patrones, etc.</li> <li>- La IA se apoya en las computadoras para imitar la habilidad del cerebro humano para tomar decisiones y establecer conclusiones.</li> <li>- Las dos técnicas más usadas de IA son los Sistemas Expertos (1976) y Redes Neuronales Artificiales (1989)<sup>2</sup>.</li> </ul>
<b>Modelos económico- estadísticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se basan en la teoría económica de la demanda para encontrar los factores que determinan el nivel de consumo de agua por parte de los individuos.</li> <li>- Cantidad demandada (Q) = Constante + X1 Precio + X2 Ingreso</li> <li>- Se apoyan en la estadística para buscar representatividad para la población sujeta al estudio; y significancia del modelo y sus variables.</li> <li>- Han sido ampliamente desarrollados y estudiados desde los años 70's.</li> <li>- Las formas funcionales que han generado mejores resultados son las logarítmica y la lineal.</li> <li>- Los métodos de regresión más exitosos son Mínimos Cuadrados Ordinarios, Generalizados y en dos etapas.</li> </ul>

*Fuente: Obregón-Herrera E. (10).*

<sup>2</sup> Los **sistemas expertos** son la rama más conocida de la Inteligencia Artificial. La forma en que representan el conocimiento, habitualmente mediante símbolos, es apropiada cuando es posible extraer un conjunto de reglas y normas. En la vasta ciencia empresarial, existen subdominios en los que es fácil o al menos posible extraer una serie de reglas y otros en los que es menos factible. **Las redes neuronales artificiales** son eficientes en tareas tales como el reconocimiento de patrones, problemas de optimización o clasificación. Las redes neuronales se puede integrar en un sistema de ayuda a la toma de decisiones, pero no son una panacea capaz de resolver todos los problemas: todo lo contrario, son modelos muy especializados que pueden aplicarse en dominios muy concretos.

## **DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO Y LA TEORÍA SOBRE LOS BLOQUES DE PRECIOS CRECIENTES**

Actualmente es casi un hecho estándar a nivel mundial encontrar que las tarifas de los servicios públicos domiciliarios son de precios por bloques, el caso colombiano no es la excepción, dado que los precios por bloques determinan la oferta que enfrenta un consumidor en particular.

Los precios por bloques, son estructuras de precios que caracterizan la función de oferta de ciertos bienes, sobre todo los servicios públicos domiciliarios, donde se incluye el agua. Estas estructuras de precios son no lineales, toda vez que se caracterizan por fijar precios marginales diferentes según sea el rango de consumo, mayor o menor según sea el tipo de estructura (creciente por bloque, decreciente por bloque). Para la mayoría de los servicios públicos domiciliarios entre ellos el de Agua, poseen una estructura de precios crecientes o progresivos por Bloques, es decir, que se le carga un precio marginal más alto a los volúmenes de consumo mayores.

## **MERCADO DEL RECURSO HÍDRICO BAJO UN ENFOQUE DE REGULACIÓN DEL ESTADO**

Podríamos definir un mercado de agua como *“todo marco institucional en virtud del cual los titulares de derechos sobre el agua están autorizados, respetando unas reglas establecidas al respecto, a cederlos voluntariamente a otro usuario a cambio de una compensación económica”* (11).

Acorde con esta definición, se puede deducir que los mercados que pueden desarrollarse para gestionar de manera más eficiente el agua no son homogéneos, sino que pueden presentar múltiples formas de organización. La implantación de mercados de agua, desde el punto de vista de la política económica permite determinar una serie de variables que definen sus características básicas, permitiendo con ello que pueda afrontarse de forma específica las peculiaridades de la gestión del agua en las distintas zonas donde se aplican.

## **VARIABLES ELEMENTALES DENTRO DEL MERCADO DEL RECURSO HÍDRICO BAJO UN ENFOQUE DE REGULACIÓN DEL ESTADO**

**CUADRO No. 2. VARIABLES ELEMENTALES DENTRO DEL MERCADO DEL RECURSO HÍDRICO BAJO UN ENFOQUE DE REGULACIÓN DEL ESTADO**

Variables elementales de los mercados de Recurso Hídrico	Mecanismos Políticos
Asignación inicial de derechos transferibles	Sistema de derechos adquiridos
	Subastas
	Sistema de asignación mixto
Duración de los derechos del uso del agua	Permanentes
	Temporales
Forma de transferencia de derechos	Venta
	Arrendamiento
	Contrato de opción
	Realización de inversiones en equipos de capital
Sistemas asignativos del agua en períodos de escasez	Norma prioritaria
	Norma proporcional
Tratamiento de la información de mercado	Homogeneizar la información
	Posibilidad de intermediación privada
	Establecer agencias de transacción
Tratamiento de las externalidades	Efectos sobre el caudal de retorno
	Efectos sobre el propio caudal
	Efectos sobre la zona de origen
Consideración de los costes de transporte	Financiación pública
	Financiación privada
Instrumentos para solucionar las imperfecciones de mercado	Norma de pertenencia
	Doctrina del uso beneficioso
	Tarifación

*Fuente: Riesgo-Álvarez L, Gómez-Limón J. (12).*

### **MARCO TEÓRICO DE LA DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO - CASO COLOMBIANO**

En el caso colombiano, los estudios sobre el mercado del recurso hídrico han venido enfocándose hacia una contextualización de escasez sobre el mismo, donde los estudios han estado sujetos a un marco referencial de intervención y ajuste, que procura la determinación del Índice de escasez del recurso hídrico bajo la correcta determinación de la demanda, la cual presiona sujeta al crecimiento de la población, de las actividades productivas y las actividades sociales, junto con el aumento en los factores de consumo de cada uno de estos sobre la oferta hídrica disponible, originando acorde con sus niveles la acentuación de la escasez o no del agua.

**CUADRO No. 3. TIPOS DE DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO - CASO COLOMBIANO**

<b>Tipos de Demanda del Recurso Hídrico</b>	<b>Descripción</b>
<i>Demanda de la población en unidades de vivienda</i>	Se calculó sobre consumos de 170 y 120 litros diarios para las poblaciones urbanas y rurales respectivamente, para la población proyectada para el año de referencia.
<i>Demanda Industrial Urbana</i>	Corresponde al agua surtida al sector industrial básicamente por los sistemas de acueductos municipales.
<i>Demanda Industrial de Grandes Consumidores</i>	Corresponde a aquellas Industrias que por su naturaleza utilizan en sus procesos intensamente el recurso hídrico.
<i>Demanda de los sectores comercial y de servicios</i>	Corresponde al consumo de oficinas, comercio, microempresas e industrias muy pequeñas.
<i>Demanda Pecuaria</i>	Corresponde al consumo de todas las especies de fauna doméstica.
<i>Demanda de grandes Distritos de Riego</i>	corresponde a los caudales derivados por los 19 grandes distritos de riego públicos y privados
<i>Demanda de Pequeños Distritos de Riego</i>	corresponde a las estimaciones de caudales derivados para los 516 pequeños distritos de riego, distribuidos en 279 municipios del país, los cuales surten sus consumos de corrientes secundarias y terciarias
<i>Demanda Hidroeléctrica y Termoeléctrica</i>	No se considera procedente considerar estos valores en los cálculos y análisis de la demanda dado que el agua usada en la generación retorna totalmente al cauce sin mayores afectaciones de calidad.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (5).

### **DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE DEMANDA DE AGUA**

La manera de abordar este cálculo, estuvo sujeta a la metodología presentada en la Resolución N° 0865 del 22 de Julio de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (13), por medio de la cual se determinó la forma y procedimientos para el cálculo del índice de escasez de aguas superficiales. Bajo los lineamientos para calcular el Índice de Escasez del Recurso Hídrico, se deriva la metodología más adecuada para calcular la Demanda Hídrica, la cual viene condicionada por las presiones que ejerce el crecimiento de variables como la población, la producción y las demás actividades productivas y sociales.

### **METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO (13)**

El país no cuenta con un sistema de información continua y sectorial de uso del agua, ni ha contabilizado históricamente el agua usada de fuentes superficiales y subterráneas. El volumen de agua usada para el desarrollo

de actividades socioeconómicas, debe ser el resultado de las mediciones efectuadas por los usuarios y reportadas a las instituciones relacionadas y autoridades ambientales regionales. En este documento se presentan tres escenarios:

- *Escenario 1: cuando existe información medida*  
La demanda de agua en general, representa el volumen de agua, expresado en millones de metros cúbicos, utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales.  
$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP + DPR \quad (1)$$

Donde:

DT = Demanda Total de agua  
DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico  
DUI = Demanda de Agua para uso Industrial.  
DUS = Demanda de Agua para el Sector Servicios.  
DUA = demanda de agua para uso Agrícola.  
DUP = Demanda de Agua para uso Pecuario  
DPR = Demanda de Agua para Riego

Se realiza la sumatoria de cada una de las demandas por sectores ya adecuadamente definidas, expresada en millones de metros cúbicos.

- *Escenario 2: cuando existe información medida, pero esta es insuficiente*  
Frente a esta situación se debe aprovechar la información medida, que debe ser agrupada y catalogada en unidades expresadas en millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) en una base de datos. Por otra parte la información inexistente debe complementarse utilizando la metodología expuesta en el siguiente escenario.
- *Escenario 3: cuando no existe información*  
En este escenario se debe estimar potencialmente el volumen de agua demandada en millones de metros cúbicos a nivel sectorial. Estas estimaciones se basan principalmente en la asociación de dos variables: el volumen de producción sectorial y un factor de consumo de agua por tipo de bien, con el limitante de que estas estimaciones no contemplan las pérdidas de los sistemas de conducción, almacenamiento, tratamiento y distribución del agua en el suministro de agua potable y a nivel de la industria, tampoco tienen en consideración el nivel tecnológico, los métodos de producción limpia y el uso que del agua hace la industria extractiva.

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP + DPR \quad (1)$$

Donde:

DT = Demanda Total de agua

DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico

DUI = Demanda de Agua para uso Industrial.

DUS = Demanda de Agua para el Sector Servicios.

DUA = demanda de agua para uso Agrícola.

DUP = Demanda de Agua para uso Pecuario

DPR = Demanda de Agua para Riego

- DUD = Demanda de Agua para Uso Doméstico. Es la cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades. El cálculo de la demanda de agua para consumo humano se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$DUD = (DpCU * hU) + (DpCR * hR) \quad (2)$$

Donde:

DpCU = Demanda per cápita urbana

hU = Número de habitantes urbanos

DpCR = Demanda per cápita rural

hR = Número de habitantes rurales

- DUI = Demanda de Agua para uso Industrial. Es la cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva, cuyos factores vienen explícitos en la Water for Industrial, New York, USA 1963. El cálculo de la demanda para uso industrial se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$DUI = \sum_{i=1}^n Vp_i * Fci_i \quad (3)$$

Donde:

Vp *i*: Volumen de producción según sector económico

Fci *i*: Factor de consumo según sector económico. (Water for Industrial, New York, USA 1963)

- DUS = Demanda de Agua para el Sector Servicios. Es la cantidad de agua consumida por el sector servicios que incluye entre otros: comercio, transporte y almacenamiento, comunicaciones, bancos, seguros y servicios a empresas, alquileres de vivienda, servicios personales y servicios del gobierno. El cálculo de la demanda para el sector servicios se realiza utilizando la siguiente expresión:

$$DUS = \sum_{i=1}^n N_i * Fcs_i \quad (4)$$

Donde:

$N_i$ : Número de establecimientos por tipo de servicio

$Fcs_i$ : Factor de consumo por tipo de servicio

- DUA = Demanda de Agua para Uso Agrícola. La principal fuente de agua para la agricultura es la precipitación, los volúmenes adicionales necesarios para el desarrollo de cultivos, deben ser previstos por sistemas de riego. Cuando la precipitación es menor que el uso consuntivo de un cultivo ( $ETP * kc$ ) el agua debe ser suministrada a través de sistemas de riego. Con el uso de sistema de información SIG, se asocian los datos fisiográficos del área de estudio sobre cultivos, precipitación y evapotranspiración. A estos valores se adiciona el coeficiente de uso de agua por tipo de cultivo obtenido teóricamente del informe de la FAO N° 33 (14). Una vez construida una tabla de valores de variables asociadas, se estima la demanda de agua a partir de la expresión:

$$DUA = [P - (ETP * kc)] * ha \quad (5)$$

Donde:

P: Precipitación

ETP: Evapotranspiración potencial

kc: Coeficiente de uso de agua del cultivo (Informe de la FAO N° 33 (14))

ha: Número de hectáreas cultivadas

La anterior ecuación se fundamenta en el siguiente planteamiento, en la cual el valor de la demanda agrícola toma los siguientes valores:

Si  $P - (ETP * kc) \geq 0$ , entonces  $DUA = 0$   
 Si  $P - (ETP * kc) < 0$ , entonces  $DUA = | P - (ETP * kc) |$

Esta ecuación expresa básicamente que, cuando la precipitación es mayor al uso consuntivo del cultivo ( $ETP * kc$ ), el agua proveniente de la precipitación es suficiente y no da lugar a déficit de agua, por tanto el valor de la demanda de agua para uso agrícola se asume igual a 0. Asimismo, si la precipitación es menor al uso consuntivo del cultivo, la demanda de agua para uso agrícola está representada por el valor absoluto de dicha diferencia.

- DUP: Demanda de agua para uso pecuario. Es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado, el cual está determinado teniendo en cuenta el tipo de animal, el tipo de producción y el consumo de materias seca y alimento requerido. Como tipo de animales de importancia comercial se clasifican: bovinos carne, leche y doble propósito, aves de corral y porcinos, además de otras especies pecuarias. Los factores de consumo para la producción pecuaria están determinados principalmente por el peso del animal.

$$DUP = \sum_{i=1}^n Vpa_i * Fca_i \quad (6)$$

Donde:

$Vpa_i$ : Volumen de producción por tipo de animal industrial

$Fca$ : Factor de consumo según de producción animal

- DPR = Demanda de Agua para Riego. Corresponde a las concesiones de agua superficial otorgadas por las Autoridades Regionales Autónomas Ambientales, destinadas para el riego de cultivos dentro del territorio de jurisdicción de la entidad competente.

$$DPR = \sum_{i=1}^n CoR_i \quad (7)$$

Donde:

$CoR_i$ : Concesiones de agua superficial destinadas para el riego de cultivos y pasto entre otros, expresada en m<sup>3</sup>/año ó litros/

año según el factor de medición convenido dentro del horizonte temporal que dure la concesión.

Bajo esta metodología se calculó la demanda hídrica para el distrito de Cartagena de Indias, dando como resultado un estudio bajo un esquema investigativo de análisis y descriptivo, dados los procedimientos de cálculo y definición que se realizaron para determinar la demanda hídrica correspondiente para el año 2009 objeto de estudio.

Finalmente, para las proyecciones de los sectores que ejercen presión sobre la disponibilidad de agua que corresponde al sector doméstico, industrial, agrícola, pecuario y de servicios, se utilizó la metodología descrita bajo estos mismos parámetros en el Estudio Nacional del Agua (8).

### **DEMANDA DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO**

Dentro del cálculo de la demanda de agua para uso doméstico en Cartagena año 2009, se debió en primera instancia determinar los factores de consumo tanto de la zona urbana como rural del distrito, el cual fue multiplicado por la población proyectada al año 2009, teniendo en cuenta los siete (7) últimos censos nacionales.

### **FACTORES DE CONSUMO DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO**

El cálculo de los factores de consumo de agua para uso doméstico en el Distrito de Cartagena difiere en su metodología de deducción acorde con la zona urbana y rural, ya que para la primera el cálculo estuvo basado según los consumos de agua registrados dentro de la ciudad por Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. - ACUACAR; y para la segunda se basó en lo dispuesto por la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico en su Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS - 2000. Sección II, Título B, Sistema de Acueducto.

#### *Factor de consumo de agua para uso doméstico - zona urbana*

La zona urbana del distrito de Cartagena registró para el año 2007 un consumo de agua de 83.877.394 m<sup>3</sup>/año, acorde con los registros reflejados por la empresa que suministra el servicio público de agua potable ACUACAR. En vista de que el factor de consumo para uso doméstico debe estar expresado en litros/habitante/día, se realizaron los siguientes cálculos:

**TABLA NO. 1. CÁLCULO DEL FACTOR DE CONSUMO DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO - ZONA URBANA**

Consumo de agua registrado en el año 2007. Expresado en m <sup>3</sup> /año	Consumo de agua diario registrado durante el año 2007. Expresado en m <sup>3</sup> /día	Consumo de agua registrado durante el año 2007. Expresado en litros/día	Número de habitantes urbanos para el año 2007	Factor de consumo de agua para uso doméstico - zona urbana de Cartagena
<i>m<sup>3</sup>/año*</i>	<i>Factor de Conversión (1 año = 365 días)</i>	<i>Factor de Conversión (1 litro = 0,001 m<sup>3</sup>)</i>	<i>Población Urbana - año 2007**</i>	<i>Dotación Bruta (litros/hab/día)</i>
83.877.394	229.801	229.801.079	849.159	270,6

*Fuente: Cálculo de los autores*

\* *Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. - ACUACAR. Volumen de agua captado por ACUACAR para suministro de agua potable en el distrito de Cartagena de Indias. Cartagena: ACUACAR; 2008.*

\*\* *Correspondiente a la población proyectada dentro del estudio para el año 2007*

De esta forma se tiene dentro de la población urbana del distrito de Cartagena un consumo de agua de 270,6 litros por habitante diarios, el cual representa el factor de consumo a utilizar dentro de la estimación de la demanda de agua para la zona urbana del distrito.

#### *Factor de consumo de agua para uso doméstico - zona rural*

En el cálculo del factor de consumo para la zona rural se determinó en primera instancia la población rural del distrito de Cartagena, la cual alcanzó los 49.599 habitantes según el censo nacional realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE en el año 2005 (15).

De esta forma con la población determinada y basándose en la metodología del RAS- 2000 (16), se estableció el nivel de complejidad en la dotación de agua potable para esta población, el cual corresponde al rango Medio Alto y que comprende las poblaciones ubicadas dentro del intervalo de 12.501 a 60.000 habitantes; así mismo se determinó la dotación neta máxima de agua potable, la cual debió ser ajustada a la temperatura media de la población en estudio, a las pérdidas por aducción, conducción y lavado de instalaciones que suministran el servicio de agua potable junto con las pérdidas técnicas; bajo estos lineamientos, se calculó la dotación bruta de agua expresada en litros por habitante diarios para la población rural de Cartagena de Indias, que corresponde a 279 litros/habitante/día.

**TABLA NO. 2. CÁLCULO DEL FACTOR DE CONSUMO DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO - ZONA RURAL**

Población (Cartagena área rural - Censo 2005)	Nivel de Complejidad*	Dotación Neta Máxima (litros/hab/día*)	Temperatura Media °C	Corrección por Temperatura (%)*	Pérdidas por aducción, conducción y lavado de instalaciones (%)*	Pérdidas Técnicas (%)*	Dotación Bruta (litros/hab/día)
49.599	Medio Alto	180	28	15	10	30	279,0

Fuente: Cálculo de los autores.

\* Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000. Sección II, Título B, Sistemas De Acueducto. Bogotá: 2000 (16).

### PROYECCIONES DE POBLACIÓN URBANA Y RURAL DE CARTAGENA DE INDIAS PARA EL AÑO 2009

Para las proyecciones poblacionales se tuvo en cuenta los censos nacionales realizados en los años 1938, 1951, 1964, 1973, 1986, 1993 y 2005 (15, 17-22); donde el número de habitantes para la población objeto de estudio está delimitado en la siguiente tabla.

**TABLA No. 3. NUMERO DE HABITANTES EN CARTAGENA DE INDIAS, SEGÚN CENSOS POBLACIONALES**

Municipio / Zona	Censo 1938	Censo 1951	Censo 1964	Censo 1973	Censo 1985	Censo 1993	Censo 2005
Población Cartagena de Indias - Zona Urbana	76.457	121.196	229.193	291.428	491.569	616.231	845.801
Población Cartagena de Indias - Zona Rural	8.480	7.681	12.892	21.129	39.857	40.401	49.599
Población total Cartagena de Indias	84.937	128.877	242.085	312.557	531.426	656.632	895.400

Fuente: Censos Nacionales: República de Colombia, 1938. DANE, 1951, 1964, 1973, 1985, 1993, 2005. (15, 17-22)

Dentro de las proyecciones poblacionales solo se tuvieron en cuenta los métodos de proyección aritmético y exponencial,<sup>3</sup> los cuales fueron apli-

<sup>3</sup> El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 (16), establece los métodos Aritmético, Exponencial y Geométrico, como los métodos de proyección de la población más adecuados, acorde con el nivel de complejidad del distrito de Cartagena.

cados en concordancia con la siguiente metodología: En primera instancia se infirió mediante gráficas la tendencia o dinámica poblacional para cada zona dentro del distrito de Cartagena de Indias. Si la línea de comportamiento que muestra la tendencia de la población durante los censos presenta un grado de ajuste igual o mayor al 90% acorde a una función exponencial, el método a utilizar para proyectar la población es el exponencial, de lo contrario se tendría que aplicar el método aritmético<sup>4</sup>. No se tuvo en cuenta el método geométrico debido al sesgo que este puede ocasionar en las proyecciones, dada la dinámica poblacional para la población en estudio.

Debido a que el grado de ajuste de la función exponencial dentro de la dinámica poblacional de la zona urbana y rural de Cartagena resultó ser mayor al 90%, se definió como método de proyección el exponencial, el cual acorde con las gráficas recoge una tendencia ajustada y en donde el sesgo es mínimo.

#### *Formula método exponencial de proyección poblacional*

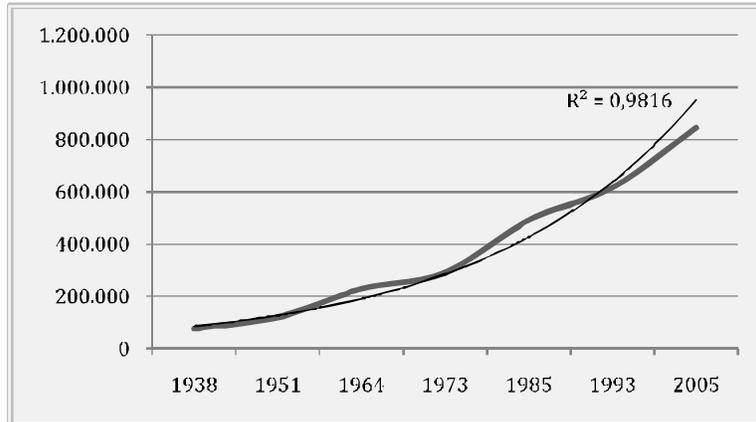
El método seleccionado para proyectar la población en estudio fue el exponencial, en vista de que las gráficas de dinámica poblacional se ajustan no menos a un 90% de acuerdo con una función exponencial, condicionando a que los datos proyectados tengan un buen grado de ajuste y poco sesgo.

---

<sup>4</sup> Los métodos existentes en relación con la proyección de la población futura de una comunidad son muy numerosos y de complejidad muy variada. Para decidir cuál de todos resulta más adecuado al caso concreto, se tuvo en cuenta que es recomendable emplearlos según el método al que se ajuste el comportamiento de la población en el tiempo, con lo cual se explica el tipo de dinámica esperada basándose en el comportamiento de años pasados y su posible comportamiento futuro, bajo el mismo esquema de crecimiento del método escogido. Seguidamente, se prescindió del método geométrico debido a la concepción metodológica inherente a este, que consiste en suponer que el crecimiento de la comunidad es en todo instante proporcional a su población, lo cual presentaría un sesgo significativo en los cálculos, teniendo en cuenta la dinámica poblacional del distrito de Cartagena de Indias.

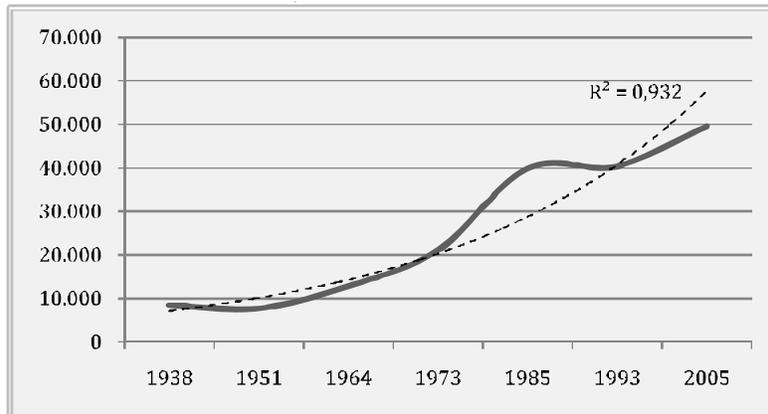
Por lo tanto, los métodos escogidos en el estudio para la proyección de la población del distrito de Cartagena fueron el Aritmético y Exponencial, donde el método definitivo para proyectar, dependía del grado de ajuste de la dinámica poblacional, con lo cual se asegura la solidez en los cálculos debido a la rigidez condicionada para proyectar acorde con la evolución poblacional de la zona urbana y rural objeto de estudio.

GRÁFICA NO. 2. DINÁMICA POBLACIONAL DE LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, ACORDE A UNA FUNCIÓN EXPONENCIAL



Fuente: Cálculo de los autores

GRÁFICA NO 3. DINÁMICA POBLACIONAL DE LA ZONA RURAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, ACORDE A UNA FUNCIÓN EXPONENCIAL



Fuente: Cálculo de los autores

Fórmula Método Exponencial

$$P_f = P_{ci} * e^{k*(T_f - T_{ci})} \quad (8)$$

Donde:

P<sub>f</sub> = población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

P<sub>ci</sub> = población (hab) correspondiente al censo inicial con información

K = tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos

Tf = año al cual se quiere proyectar la información

Tci = año correspondiente al censo inicial con información

Formula Tasa de Crecimiento de la población (k)

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (9)$$

Donde:

Pcp = población del censo posterior

Pca = población del censo anterior

Tcp = año correspondiente al censo posterior

Tca = año correspondiente al censo anterior

Ln = logaritmo natural o neperiano

Bajo el anterior método de proyección poblacional, se determinó que la zona urbana de Cartagena presentó una tasa de crecimiento promedio durante los últimos siete (7) Censos Nacionales de 3,5%, mientras que en la zona rural fue de 2,6%. Con estas tasas se proyectó la población en estudio hasta el año 2009, dando como resultado un total de 910.532 habitantes dentro de la zona urbana y 55.520 habitantes dentro de la zona rural del distrito de Cartagena de Indias.

TABLA No. 4. POBLACION PROYECTADA PARA CARTAGENA DE INDIAS

Municipio/ Zona	Proyección			
	Año	Año	Año	Año
	2006	2007	2008	2009
Población Cartagena de Indias - Zona Urbana	820.041	849.159	879.310	910.532
Población Cartagena de Indias - Zona Rural	51.282	52.658	54.070	55.520
Población total Cartagena de Indias	871.323	901.817	933.380	966.052

Fuente: cálculo de los autores

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO  
EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS AÑO 2009.**

En la estimación de la demanda de agua para uso doméstico en el distrito de Cartagena de Indias, se aplicó el factor de consumo anteriormente definido por la población proyectada en el año 2009, lo cual dio como resultado la demanda en litros/día. En vista de que el factor de consumo fue calculado en litros de agua consumidos por habitante al día, permitió multiplicar la demanda anterior estimada, por 365 con el motivo de convertir esta demanda en litros año. Ahora bien, dado que la demanda final debe estar expresada en metros cúbicos de agua consumida por año, la anterior demanda estimada debió ser multiplicada por 0,001, lo cual responde al método de conversión de medidas de volumen, donde se define que un litro equivale a 0.001 metros cúbico, dando como resultado la demanda de agua estimada expresada en metros cúbicos año.

De esta forma se obtuvo una demanda de agua para uso doméstico de 95.586.214 m<sup>3</sup>/año dentro del distrito de Cartagena de Indias, reflejando un consumo alto si se consideran los niveles y estándares básicos de consumo.

*TABLA No. 5. DEMANDA DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009*

Municipio / Zona	Factor de Consumo	Población proyectada año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009
	Litros/habitante/día	Habitantes	Litros/día	Litros/año	m <sup>3</sup> /año
Población Cartagena de Indias - Zona Urbana	270,6	910.532	246.409.971	89.939.639.235	89.939.639
Población Cartagena de Indias - Zona Rural	279,0	55.520	15.490.080	5.653.879.200	5.653.879
<b>Población total Cartagena de Indias</b>		<b>966.052</b>	<b>261.900.051</b>	<b>95.593.518.435</b>	<b>95.593.518</b>

*Fuente: Cálculo de los autores*

**DEMANDA DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL**

Para la determinación de la Demanda de Agua para Uso Industrial, se tomó en cuenta la información para la ciudad de Cartagena de Indias de los datos de la Encuesta Anual Manufacturera EAM del año 2001 (23), único año en que el DANE, de acuerdo a la información publicada, discriminó la producción industrial en unidades físicas por departamento,

municipio y por producto a 8 dígitos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas - CIU Rev. 3.

Fundados siempre en esta fuente, se filtró de toda la información, cual de ella responde al consumo de agua como materia prima de la actividad industrial de Cartagena de Indias, discriminado por actividad económica. De esta forma, el consumo de agua como materia prima dentro de la actividad industrial del distrito de Cartagena de Indias, presentó los siguientes consumos en m<sup>3</sup>, conglomerado por actividad económica según CIU Rev. 3 en el año 2001 (23).

Acorde con la tabla anterior se deduce que el consumo de agua por el sector industrial del distrito ascendió a 3.178.626 m<sup>3</sup> durante el año 2001, lo cual refleja una cifra que está acorde al aparato productivo de la ciudad.

**TABLA NO. 6. CONSUMO DE AGUA COMO MATERIA PRIMA DENTRO DE LA ACTIVIDAD INDUSTRIAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, CONGLOMERADO POR CIU REV. 3. AÑO 2001**

CIU Rev. 3 4 dígitos	Descripción - Actividad Económica	Código DIVIPOLA	Municipio	Unidad de medida	Cantidad consumida
1530	Elaboración de productos lácteos	13001	Cartagena de Indias	m3	93.600
1551	Elaboración de productos de panadería	13001	Cartagena de Indias	m3	10.163
1591	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	13001	Cartagena de Indias	m3	14.580
1594	Elaboración de bebidas no alcohólicas; producción de aguas minerales	13001	Cartagena de Indias	m3	272.460
2322	Elaboración de productos derivados del petróleo, fuera de refinería	13001	Cartagena de Indias	m3	47
2411	Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados	13001	Cartagena de Indias	m3	8.030
2413	Fabricación de plásticos en formas primarias	13001	Cartagena de Indias	m3	1.627.247
2421	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario	13001	Cartagena de Indias	m3	684
2423	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13001	Cartagena de Indias	m3	150
2693	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractarias, para uso estructural	13001	Cartagena de Indias	m3	5.132
2694	Fabricación de cemento, cal y yeso	13001	Cartagena de Indias	m3	1.126.256
2695	Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	13001	Cartagena de Indias	m3	20.277
<b>Total Cartagena de Indias</b>				<b>m3</b>	<b>3.178.626</b>

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. Encuesta Anual Manufacturera - FAM 2001. Barranquilla: seccional DANF; 2008. Información estadística (23-24).

**PROYECCIONES PARA EL SECTOR INDUSTRIAL DENTRO DEL  
DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Las proyecciones se realizaron teniendo en cuenta la evolución de la producción industrial en el departamento de Bolívar para el periodo 2000 - 2007, correspondiente a la evolución de las ramas de actividad económica:

- Alimentos, bebidas y tabaco
- Resto de la industria

Dentro del Sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del DANE, para el departamento de Bolívar<sup>5</sup>. Al calcular la variación porcentual de la evolución de la producción industrial durante el periodo 2000 - 2007, se obtiene el Índice de Incremento de la producción industrial periodo 2000 - 2007, el cual es igual al valor promedio de cada una de las variaciones porcentuales calculadas para este rubro durante el periodo analizado.

**TABLA NO. 7. EVOLUCIÓN PERIODO 2000-2007 PRODUCCIÓN INDUSTRIAL BOLÍVAR - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL DE BOLÍVAR, PERIODO 2000 - 2007<sup>6</sup>**

Cuentas Departamentales, Colombia - Bolívar								
Valor agregado, por ramas de actividad económica - producción industria, a precios constantes de 2000								
Millones de pesos								
Descripción	Periodo							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Alimentos, Bebidas y Tabaco	197.943	295.717	173.823	105.219	172.102	158.439	274.952	191.305
Resto de la Industria	1.220.863	1.154.336	1.158.222	1.598.439	1.625.441	1.572.332	1.536.752	1.655.084
<b>Total Industria</b>	<b>1.418.803</b>	<b>1.349.653</b>	<b>1.334.051</b>	<b>1.863.658</b>	<b>1.797.543</b>	<b>1.731.371</b>	<b>1.711.654</b>	<b>1.847.389</b>

Cuentas Departamentales, Colombia - Bolívar							
Valor agregado, por ramas de actividad económica - producción industria, a precios constantes de 2000							
Variación Porcentual							
Descripción	Periodo						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
Alimentos, Bebidas y Tabaco	1,33%	9,99%	5,03%	4,17%	7,94%	10,39%	9,38%
Resto de la Industria	-5,45%	-3,34%	46,64%	-4,30%	-3,23%	-2,30%	1,11%
<b>Total Industria</b>	<b>-4,87%</b>	<b>-1,15%</b>	<b>39,70%</b>	<b>-3,55%</b>	<b>-3,68%</b>	<b>-1,14%</b>	<b>7,33%</b>

Cálculo del Índice de Incremento de la Producción Industrial periodo 2000-2007							
Total Industria	Variación Porcentual						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
	-4,87%	-1,15%	39,70%	-3,55%	-3,68%	-1,14%	7,33%
<b>Índice de Incremento de la Producción Industrial</b>						<b>4,75%</b>	

Fuente: Cálculos de los autores con base en: DANE. Cuentas Nacionales Departamentales (Base 2000)(25)

<sup>5</sup> Nota: el DANE dentro de su Sistema de Cuentas Nacionales solo discrimina por departamento, dificultando la desagregación específica hacia el distrito de Cartagena de Indias. Esto aplica dentro de las proyecciones de los sectores industrial, servicios, agrícola y pecuario.

<sup>6</sup> Nota: el sector industrial en esta tabla corresponde a las Ramas de Actividad Económica: Alimentos, Bebidas, Tabaco y Resto de la Industria, dentro del Sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del DANE.

Con este Índice de Incremento se proyectó el consumo de agua como materia prima dentro de la industria de Cartagena de Indias, acorde con el contexto temporal del estudio correspondiente al año 2009. Para el cálculo de las proyecciones se precisó el consumo de agua dentro de la actividad industrial del distrito de Cartagena de Indias desde el año 2002 al año 2009, bajo una tasa de crecimiento constante del 4,75%, que corresponde al índice de crecimiento de la producción industrial.

#### ***ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009***

Al proyectar el consumo de agua como materia prima dentro de la industria, se está estimando el consumo de agua para uso industrial; en vista, de que se está precisando sobre el uso efectivo del recurso hídrico para llevar a cabo los procesos de producción industrial. De esta forma, al proyectar el consumo de agua dentro de la industria con el índice de incremento de la producción industrial, se está calculando la demanda de agua para uso industrial suponiendo una evolución o crecimiento a una tasa constante en esta última. Por lo tanto, la demanda de agua para uso industrial en el distrito de Cartagena de Indias en el año 2009, presentó los siguientes niveles en m<sup>3</sup>/año por actividad económica, donde debe especificarse que los factores de consumo de agua de cada actividad económica se encuentran implícitos dentro de sus valores expresados en m<sup>3</sup>/año.

TABLA No. 8. DEMANDA DE AGUA PARA USO INDUSTRIAL ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009

CIIU Rev. 3 4 dígitos	Descripción - Actividad Económica	Código DIVIPOL A	Municipio	Índice de Incremento de la Producción Industrial para Bolívar	Cantidad Consumida		
					Año 2009	m <sup>3</sup>	
1530	Elaboración de productos lácteos	13001	Cartagena de Indias	4,75%	135.651		
1551	Elaboración de productos de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	13001	Cartagena de Indias		14.729		
1591	Destilación, rectificación y mezcla de bebidas alcohólicas; producción de alcohol etílico a partir de sustancias fermentadas	13001	Cartagena de Indias		21.130		
1594	Elaboración de bebidas alcohólicas; producción de aguas minerales	13001	Cartagena de Indias		394.865		
2322	Elaboración de productos derivados del petróleo, fuera de refinería	13001	Cartagena de Indias		68		
2411	Fabricación de sustancias químicas básicas, excepto abonos y compuestos inorgánicos nitrogenados.	13001	Cartagena de Indias		11.638		
2413	Fabricación de plásticos en formas primarias	13001	Cartagena de Indias		2.358.301		
2421	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario	13001	Cartagena de Indias		991		
2423	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos	13001	Cartagena de Indias		217		
2693	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractarias, para uso estructural	13001	Cartagena de Indias		7.438		
2694	Fabricación de cemento, cal y yeso	13001	Cartagena de Indias		1.632.235		
2695	Fabricación de artículos de hormigón, cemento y yeso	13001	Cartagena de Indias		29.387		
<b>Total Cartagena de Indias</b>					<b>4.606.649</b>		

Fuente: Cálculo de los autores con base: Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. Encuesta Anual Manufacturera - EAM 2007. Barranquilla: seccional DANE, 2008. Información estadística (23-24).

De esta forma se obtuvo una demanda de agua para uso industrial de 4.606.649 m<sup>3</sup>/año dentro del distrito de Cartagena de Indias en el año 2009; reflejando un consumo estable, debido principalmente a la baja actividad industrial presente en el distrito, la cual actualmente se encuentra bajo procesos de modernización y reestructuración obedeciendo al crecimiento económico experimentado durante los últimos años y las nuevas tendencias económicas mundiales.

### ***DEMANDA DE AGUA PARA EL SECTOR SERVICIOS***

Dentro de la estimación de la demanda de agua para el sector servicios, los tipos de establecimientos que comprenden este sector para el distrito de Cartagena de Indias son los siguientes:

- Entidades Bancarias
- Unidades de Servicio
- Unidades de Comercio
- Establecimientos Educativos
- Centros Hospitalarios

Las fuentes consultadas para la determinación del número de establecimientos dentro del sector servicios fueron:

- Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT), para las variables entidades bancarias, unidades de servicio y unidades de comercio (26).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE, para las variables establecimientos educativos y centros hospitalarios.

Debe tenerse en cuenta que para las variables unidades de comercio y servicio, el año base de la información consultada corresponde al año 2005, mientras que para las demás variables corresponde al año 2007.

De esta forma, se tiene la siguiente tabla donde se muestra el total de entidades bancarias, unidades de servicio, unidades de comercio, establecimientos educativos y centros hospitalarios ubicados dentro del distrito de Cartagena de Indias y que son objeto de estudio dentro de la determinación de la demanda de agua para el sector servicios.

### ***FACTOR DE CONSUMO DE AGUA PARA EL SECTOR SERVICIOS***

Para el cálculo del factor de consumo de agua del sector servicios, se tuvo en cuenta el registro de consumo de agua total reportado por ACUACAR para el año 2008 en la Ciudad de Cartagena de Indias. Donde se consideró el

consumo registrado por los sectores oficial y comercial del distrito, los cuales dentro del estudio representan los consumos reflejados en el sector servicios que permitieron el cálculo de la demanda de agua para este sector.

**TABLA No. 9. NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS DEL SECTOR SERVICIOS, DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS**

Municipio	SIGOT			DANE	
	Entidades Bancarias	Unidades de Servicio	Unidades de Comercio	Establecimientos Educativos	Centros Hospitalarios
	Año 2007	Año 2005	Año 2005	Año 2007	Año 2007
Cartagena de Indias	84	9.409	10.748	1.731	97

Fuente: Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial SIG-OT [base de datos en Internet]. Bogotá: IGAC (26). Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Informe de instituciones educativas y centros hospitalarios del departamento de Bolívar 2007. Barranquilla: seccional DANE: 2008. Información estadística (24).

Como nota en la siguiente tabla los consumos de agua registrados por los sectores oficial y comercial de Cartagena de Indias, reflejaron niveles de 2.910.896 Y 3.902.468 metros cúbicos durante el año 2008, los cuales fueron sumados y luego convertidos a litros/año. Seguidamente, este valor fue dividido por el total de establecimientos de cada sector para obtener un total expresado en litros por establecimiento anual, seguramente fue dividido por 365, para obtener un consumo de agua de los sectores comercial y oficial expresado en litros de agua consumida por establecimiento diario; el cual representa dentro del análisis la dotación neta para el sector servicios y que tiene un valor de 2.335 metros cúbicos por establecimiento diario.

**TABLA No. 10. CONSUMO DE AGUA REGISTRADO PARA EL SECTOR COMERCIAL Y OFICIAL - ACUACAR**

USO	Nº de establecimientos (est)	CONSUMO REGISTRADO	CONSUMO REGISTRADO	CONSUMO REGISTRADO	CONSUMO REGISTRADO
		m <sup>3</sup> /año	litros/año	litros/est/año	litros/est/día
OFICIAL.	676	2.910.896	2.910.896.000	4.306.059	11.797
COMERCIAL.	7.317	3.902.468	3.902.468.000	533.343	1.461
TOTAL SECTOR SERVICIOS	7.993	6.813.364	6.813.364.000	852.416	2.335

Fuente: Cálculo de los autores con base en: Aguas de Cartagena S.A. E.S.P. – ACUACAR. Volumen de agua captado por ACUACAR para suministro de agua potable en el distrito de Cartagena de Indias. Cartagena: ACUACAR; 2008

La dotación neta para el sector servicios debió ser ajustada de la siguiente manera:

- Pérdidas por corrección de temperatura 15%
- Pérdidas por aducción, conducción y lavado de instalaciones 10%
- Pérdidas técnicas 30%

Donde el porcentaje de pérdidas por corrección de temperatura está relacionado con el nivel de complejidad y la temperatura del distrito, mientras que el RAS - 2000 (16) establece los restantes porcentajes de correcciones por pérdidas. Debe tenerse en cuenta que la definición del nivel de complejidad se hizo acorde con la población urbana del distrito, debido a que los establecimientos que hacen parte del sector servicios determinados en el estudio se encuentran ubicados en su gran mayoría dentro de la zona urbana, lo cual está condicionado a los procesos de localización inherentes dentro del desarrollo territorial de una ciudad.

**TABLA NO. 11. FACTOR DE CONSUMO DE AGUA PARA EL SECTOR SERVICIOS, DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS**

MUNICIPIO	Población Urbana. Censo 2005	Nivel de Complejidad	Dotación Neta Máxima (litros/est/día)	Temperatura Media °C	Corrección por Temperatura (%)*	Pérdidas por aducción, conducción y lavado de instalaciones (%)*	Pérdidas Técnicas (%)*	Dotación Bruta (litros/hab/día)
Cartagena de Indias	845.801	Alto	2.335	28,0	15%	10%	30%	3.619

*Fuente: Cálculo de los autores. Con base en: Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000. Sección II, Título B, Sistemas De Acueducto. Bogotá; 2000 (16).*

### **PROYECCIONES PARA EL SECTOR SERVICIOS DENTRO DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Las proyecciones se realizaron teniendo en cuenta la evolución del sector servicios en departamento de Bolívar para el periodo 2000 - 2007, correspondiente a la evolución de las ramas de actividad económica:

- Comercio, reparación, restaurantes y hoteles
- Transporte, almacenamiento y comunicación
- Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas
- Servicios sociales, comunales y personales.

Dentro del Sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del DANE, para el departamento de Bolívar.

Al calcular la variación porcentual de la evolución del sector servicios durante el periodo 2000 – 2007, se obtiene el Índice de Incremento del sector servicios periodo 2000 – 2007, el cual es igual al valor promedio de cada una de las variaciones porcentuales calculadas para este sector durante el periodo analizado.

Con este Índice de Incremento se proyectó el número de establecimientos dentro del sector servicios a partir del año 2005, para las unidades de comercio y servicios; así mismo, para las variables entidades bancarias, establecimientos educativos y centros hospitalarios se proyectó a partir del año 2007.

**TABLA NO. 12. EVOLUCIÓN PERIODO 2000-2007 SECTOR SERVICIOS, SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES DEPARTAMENTALES - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INCREMENTO DEL SECTOR SERVICIOS EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PERIODO 2000- 2007**

Cuentas Nacionales Departamentales, Colombia - Bolívar								
Valor agregado, por ramas de actividad económica - Sector Servicios, a precios constantes de 2000								
Descripción - Ramas de Actividad Económica	Millones de pesos							
	2000	2001	2002	Periodo				
				2003	2004	2005	2006	2007
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	646.425	678.909	676.164	752.951	784.965	812.184	855.858	916.358
Transporte, almacenamiento y comunicación	397.502	445.041	444.525	487.800	551.873	635.075	704.226	775.624
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	756.563	781.578	823.373	914.711	1.005.714	1.138.358	1.216.380	1.334.770
Servicios sociales, comunales y personales	1.076.758	1.036.401	1.066.374	1.316.738	1.476.330	1.531.700	1.507.566	1.554.980
<b>Total Sector Servicios</b>	<b>3.029.351</b>	<b>3.123.949</b>	<b>3.210.546</b>	<b>3.483.740</b>	<b>3.778.887</b>	<b>4.116.857</b>	<b>4.288.100</b>	<b>4.586.712</b>

Cuentas Nacionales Departamentales, Colombia - Bolívar							
Valor agregado, por ramas de actividad económica - Sector Servicios, a precios constantes de 2000							
Descripción	Variación Porcentual						
	Periodo						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	16,9%	2,62%	12,84%	2,88%	3,47%	6,11%	6,83%
Transporte, almacenamiento y comunicación	11,93%	-2,03%	9,71%	15,13%	13,03%	10,83%	10,24%
Establecimientos financieros, seguros, inmuebles y servicios a las empresas	3,31%	3,33%	11,09%	9,53%	3,19%	6,37%	10,28%
Servicios sociales, comunales y personales	0,79%	2,25%	4,20%	8,20%	7,33%	-1,54%	3,47%
<b>Total Sector Servicios</b>	<b>3,12%</b>	<b>2,77%</b>	<b>8,51%</b>	<b>8,47%</b>	<b>8,94%</b>	<b>4,16%</b>	<b>6,56%</b>

Cálculo del Índice de Incremento del Sector Servicios periodo 2000-2007							
Sector	Variación Porcentual						
	Periodo						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
<b>Total Sector Servicios</b>	<b>3,12%</b>	<b>2,77%</b>	<b>8,51%</b>	<b>8,47%</b>	<b>8,94%</b>	<b>4,16%</b>	<b>6,56%</b>
<b>Índice de Incremento del Sector Servicios</b>							<b>6,13%</b>

Fuente: Cálculos de los autores con base en: DANE. Cuentas Nacionales Departamentales (Base 2000)(25).

<sup>7</sup> Nota: el sector servicios en esta tabla corresponde a las Ramas de Actividad Económica: Comercio, reparación, restaurantes y hoteles; Transporte, almacenamiento y comunicación; Establecimientos financieros, seguros, inmuebles; y servicios a las empresas Servicios sociales, comunales y personales, dentro del Sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del DANF.

Para el cálculo de las proyecciones se precisó el número de establecimientos del sector servicios desde el año 2006 (para las unidades de comercio y servicios) y 2008 (para las entidades bancarias, establecimientos educativos y centros hospitalarios), bajo una tasa de crecimiento constante del 6,13%, que corresponde al índice de crecimiento del sector servicios, donde solo se tuvo en cuenta el número de establecimientos proyectados para el año 2009, concerniente al contexto temporal del estudio.

**TABLA No. 13. NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS DEL SECTOR SERVICIOS PROYECTADOS PARA EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Municipio	Descripción Establecimiento	Nº de Establecimientos del Sector Servicios proyectados. Año 2009
Cartagena de Indias	Entidades Bancarias	95
	Unidades de Servicio	11.939
	Unidades de Comercio	13.638
	Establecimientos Educativos	1.950
	Centros Hospitalarios	109

*Fuente: Cálculo de los autores*

### **ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA EL SECTOR SERVICIOS EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Con el fin de estimar la Demanda de Agua para el Sector Servicios, se multiplicó el factor de consumo por el número de establecimientos proyectados dentro de la ciudad, de donde se obtiene la demanda de agua estimada para el sector servicios discriminada por tipo de establecimiento y medida en litros diarios; en vista de que el factor de consumo está establecido en litros de agua consumidos por tipo de establecimiento al día, esto originó un ajuste metodológico que implicó multiplicar la demanda anterior estimada por 365 con el motivo de convertir esta demanda en litros año.

Debido a que la demanda final debe estar expresada en metros cúbicos de agua consumida por año, la demanda de agua para el sector servicios expresada en litros/año, debió ser multiplicada por 0,001, lo cual responde al método de conversión de medidas de volumen, donde se define que un litro equivale a 0.001 metros cúbicos, dando como resultado la demanda estimada de agua para el sector servicios, expresada en metros cúbicos año.

**TABLA NO. 14. DEMANDA DE AGUA PARA EL SECTOR SERVICIOS ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Municipio	Descripción Establecimiento	Factor de Consumo de Agua del Sector Servicios. Expresado en litros/día	Demanda de Agua Sector Servicios, litros/día	Demanda de Agua Sector Servicios, litros/año	Demanda de Agua Sector Servicios, m3/día
Cartagena de Indias	Entidades Bancarias	3.619	342.462	124.998.770	124.999
	Unidades de Servicio	3.619	43.210.776	15.771.933.280	15.771.933
	Unidades de Comercio	3.619	49.360.126	18.016.445.838	18.016.446
	Establecimientos Educativos	3.619	7.057.171	2.575.867.520	2.575.868
	Centros Hospitalarios	3.619	395.463	144.343.818	144.344
<b>Total Demanda de Agua para el Sector Servicios</b>			100.365.998	36.633.589.227	<b>36.633.589</b>

*Fuente: Cálculo de los autores*

De esta forma se obtuvo una demanda de agua para el sector servicios de 36.633.589 m<sup>3</sup>/año dentro del distrito de Cartagena de Indias en el año 2009; reflejando un consumo alto debido principalmente al desarrollo urbano del distrito, el cual ha venido acompañado por un incremento en la actividades comerciales y de servicios, que obedece al crecimiento económico experimentado durante los últimos años.

### **DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA**

Para el cálculo de la demanda de agua agrícola, se precisó de la información sobre cultivos agrícolas en el departamento de Bolívar dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma del Canal del Dique – CARDIQUE, elaborada mediante investigación de campo por la compañía de Consultoría, Interventoría y Formación – HIDROCONSULTORES Ltda., en el año 2009 (27).

Bajo esta investigación de campo se determinó para el año 2009, la siguiente información correspondiente al área de cultivos agrícolas en el distrito de Cartagena de Indias.

**TABLA No. 15. ÁREA CULTIVADA EN HECTÁREAS POR TIPO DE CULTIVO EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

MUNICIPIO	TIPO DE CULTIVO	Total área de cultivo sembrada en el año 2009	Total área de cultivo sembrada en el año 2009
		Expresado en Hectáreas (Ha)	Expresada en m <sup>2</sup> (1 ha = 10.000 m <sup>2</sup> )
Cartagena de Indias	Maíz Amarillo	594	5.940.354
	Melón	10	101.927
	Millo	1.659	16.586.234
	Yuca	4.227	41.271.695

*Fuente: HIDROCONSULTORES Ltda. Investigación de campo sobre cultivos agrícolas en el departamento de Bolívar -- jurisdicción CARDIQUE 2009. Cartagena: CARDIQUE, estudios ambientales; 2009 (27).*

Acorde con la tabla anterior, se deduce que el distrito de Cartagena de indias presenta una extensión con cultivos agrícolas de 6.690 hectáreas, donde el cultivo de Yuca presenta la mayor proporción dentro del distrito, este último a pesar de sus connotaciones urbanísticas y de desarrollo industrial presenta una tendencia agrícola estable.

No obstante, el área cultivada por municipio expresada en hectáreas (ha) debió ser convertida a metros cuadrados (m<sup>2</sup>), respondiendo al ajuste metodológico que se debe realizar en el cálculo de la demanda de agua para uso agrícola que consiste en:

- (i) Convertir la parte de la ecuación de la demanda de agua agrícola  $P - (ETP * kc)$  que está expresada en milímetros/año (mm/año) a metros/año (m/año), por medio del método de conversión de medidas de longitud donde se establece que un metro corresponde a mil milímetros (1 m = 1.000 mm).
- (ii) Convertir el área cultivada por municipios expresada en hectáreas (ha) a metros cuadrados (m<sup>2</sup>), por medio del método de conversión de medidas de área donde se contempla que una hectárea corresponde a diez mil metros cuadrados (1 ha = 10.000 m<sup>2</sup>).
- (iii) Al tener en la ecuación para el cálculo de la demanda de agua agrícola  $DUA = [P - (ETP * kc)] * ha$ , la parte de la ecuación correspondiente a  $P - (ETP * kc)$  expresada en metros/año (m/año), y el área cultivada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), el resultado de la demanda de agua para uso agrícola (DUA) estará expresado en metros cúbicos anuales (m<sup>3</sup>/año); expresión acorde con las distintas demandas para el adecuado cálculo de la demanda total de agua en el distrito de Cartagena de Indias.

Por otra parte, para el cálculo de la demanda de agua agrícola no es necesario proyectar el área cultivada en el distrito, en vista, de que los datos de área cultivada en Cartagena corresponden al año 2009, el cual obedece al contexto temporal del estudio basándose en la información consultada sobre el sector agrícola.

#### **FACTORES DE CONSUMO DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA - COEFICIENTE DE CULTIVO (KC)**

Para determinar los factores de consumo por tipo de cultivo o el coeficiente de cultivo (Kc), se hizo énfasis en el estudio de la FAO N° 56 de Riego y Drenaje (28). De este estudio, se tomaron los coeficientes de cultivos (Kc) para el caso en estudio, donde estos fueron conglomerados y

promediados dando como resultado la siguiente tabla, en la que se establecen los valores de Kc a utilizar dentro del cálculo de la demanda de agua para uso agrícola.

**TABLA No. 16. FACTORES DE CONSUMO DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA / COEFICIENTES DE CULTIVO (Kc), POR TIPO DE CULTIVO EN ESTUDIO. DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS**

Cultivo	Promedio del Coeficiente del cultivo para la etapa inicial (Kc ini) (1)	Promedio del Coeficiente del cultivo para la etapa de mediados de temporada (Kc med)	Promedio del Coeficiente del cultivo para el término de la etapa final (Kc fin)	Promedio Coeficiente del Cultivo para las tres etapas (Kc Prom)	Promedio General del Coeficiente del Cultivo para las tres etapas y período (Kc)
Maíz Amarillo		1,15	1,05	1,10	<b>1,10</b>
Melón	0,5	0,85	0,6	0,65	<b>0,65</b>
Millo		1	0,3	0,65	<b>0,65</b>
Yuca o Mandioca				0,55	<b>0,55</b>
· año 1	0,3	0,8	0,3	0,47	
· año 2	0,3	1,1	0,5	0,63	

*Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 2006 (28).*

Acorde con la tabla anterior, para el cálculo de los coeficientes de cultivo Kc se tomaron en primera instancia el promedio del coeficiente dentro de la etapas iniciales, mediados y finales, dando como resultado un coeficiente promedio dentro de las tres etapas de los cultivos; seguidamente, para el cultivo Yuca o Mandioca que presenta distintos coeficientes por periodo en el primer y segundo año, se cálculo el promedio para cada cultivo por periodo, consolidándose de esta forma los coeficientes de cultivo Kc por tipo de cultivo precisados dentro del cálculo de la demanda de agua para uso agrícola.

### **PRECIPITACIÓN (P) Y EVAPOTRANSPIRACIÓN (ETP) MULTIANUAL EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS**

Como se establece en la ecuación para el cálculo de la demanda de agua agrícola  $DUA = [P - (ETP * kc)] * ha$ , fue necesario definir los niveles de Precipitación (P) y Evapotranspiración (ETP) del distrito de Cartagena de Indias, con los cuales se procedió a definir si el agua proveniente de la precipitación es suficiente y no se genera demanda de agua, o de lo contrario a cuanto asciende esta última.

El cálculo de la demanda de agua agrícola se basó en los niveles de Precipitación y Evapotranspiración mensuales (mm/mes), con lo cual se le

agregó al estudio un mayor rigor en el cálculo de la demanda obedeciendo a las siguientes connotaciones:

- (i) Al calcular la demanda agrícola con los niveles de Precipitación y Evapotranspiración mensuales, se establece un cálculo enfocado a las temporadas de lluvia y humedad en la región objeto de estudio, es decir, se establece de forma individualizada o mensual si los niveles de lluvia o Precipitación (P) son suficientes para abastecer el uso consuntivo del cultivo (ETP\*kc), con lo cual se garantiza la significancia o importancia que tienen los cambios climáticos mes a mes sobre la demanda de agua para uso agrícola.
- (ii) Al no tener que generalizar sobre los niveles de Precipitación (P) y Evapotranspiración (ETP) ya sea en términos anuales, se minimizan los sesgos en el cálculo de la demanda agrícola. En vista de que información importante como los cambios climáticos presentes mes a mes se estarían menospreciando al no ser incluidos de forma individualizada.

De esta forma, se calculó la capacidad de abastecimiento de los niveles de Precipitación (P) sobre el uso consuntivo del cultivo (ETP\*kc), correspondiente a la porción de la demanda de agua agrícola P- (ETP\*kc), basándose en los siguientes niveles de Precipitación (P) y Evapotranspiración (ETP).

**TABLA NO. 17. NIVELES DE PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN PROMEDIO MENSUALES EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Precipitación Promedio Mensual, Distrito de Cartagena de Indias. Expresado en mm/mes		Evapotranspiración Promedio Mensual, Distrito de Cartagena de Indias. Expresado en mm/mes	
Enero	5,98	Enero	147,729
Febrero	7,51	Febrero	121,026
Marzo	11,07	Marzo	159,303
Abril	45,71	Abril	162,119
Mayo	112,85	Mayo	185,295
Junio	110,66	Junio	212,591
Julio	99,19	Julio	186,778
Agosto	121,89	Agosto	183,153
Septiembre	143,24	Septiembre	165,132
Octubre	209,19	Octubre	163,094
Noviembre	140,83	Noviembre	149,508
Diciembre	42,35	Diciembre	148,65

Fuente: HIDROCONSULTORES Ltda. Mediciones de Precipitación y Evapotranspiración promedio multiannual en el departamento de Bolívar - jurisdicción CARDIQUE 2009. Cartagena: CARDIQUE, estudios ambientales; 2009 (27).

## ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009

Para la estimación de la demanda de agua agrícola, primero fue realizado el cálculo de  $[P - (ETP*kc)]$  mensual, basándose en el siguiente criterio que define la existencia de demanda o no dentro de la zona en estudio acorde con los niveles de Precipitación (P) y el uso consuntivo de agua del tipo de cultivo ( $ETP*kc$ ):

Si  $P - (ETP*kc) \geq 0$ , entonces  $DUA=0$   
 Si  $P - (ETP*kc) < 0$ , entonces  $DUA= | P - (ETP*kc) |$

Bajo esta serie de consideraciones se expresa básicamente que:

- Cuando la Precipitación (P) es mayor al uso consuntivo del cultivo ( $ETP*kc$ ), el agua proveniente de la precipitación es suficiente y no da lugar a déficit de agua, por lo tanto el valor de la demanda de agua para uso agrícola se asume igual a 0.
- Cuando la Precipitación (P) es menor al uso consuntivo del cultivo ( $ETP*kc$ ), la demanda de agua para uso agrícola está representada por el valor absoluto de dicha diferencia.

De esta forma, se obtuvieron los siguientes resultados dentro del cálculo de  $[P - (ETP*kc)]$  mensual para el distrito, donde se destacan los niveles mínimos de demanda de agua para los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, lo cual evidentemente obedece a la alta temporada de lluvia presente en estos meses durante el año en estudio y guarda una fuerte relación con los meses donde se presentaron altos niveles de precipitación durante años anteriores en el distrito.

**TABLA NO. 18. CÁLCULO DE  $[P - (ETP* KC)]$  MENSUAL, POR TIPO DE CULTIVO EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

MUNICIPIO	Tipo de Cultivo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
		Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:
		P- (ETP*kc)					
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Cartagena de Indias	Maiz Amarillo	156,52	125,62	164,16	132,62	90,97	123,20
	Melón	90,04	71,16	92,47	59,67	7,59	27,53
	Millo	90,04	71,16	92,47	59,67	7,59	27,53
	Yuca	75,27	59,06	76,54	43,46	0	6,27
MUNICIPIO	Tipo de Cultivo	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
		Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:	Ecuación:
		P- (ETP*kc)					
		mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes	mm/mes
Cartagena de Indias	Maiz Amarillo	106,27	79,58	38,40	0	23,63	121,16
	Melón	22,22	0	0	0	0	54,27
	Millo	22,22	0	0	0	0	54,27
	Yuca	3,54	0	0	0	0	39,40

*Fuente: Cálculo de los autores*

Al ser calculado  $[P - (ETP*kc)]$  mensual por tipo de cultivo, se sumó cada uno de los valores de este último dando como resultado un  $[P - (ETP*kc)]$  anual (suma 12 meses), expresado en milímetros de agua anuales (mm/año), el cual debió ser convertido en metros anuales (m/año) acorde con el planteamiento metodológico mencionado con anterioridad. De esta manera, los valores de  $[P - (ETP*kc)]$  expresados en metros anuales (m/año) por tipo de cultivo fueron multiplicados por el área sembrada de cada cultivo, permitiendo así estimar la demanda de agua para uso agrícola expresada en metros cúbicos anuales (m<sup>3</sup>/año) en el año 2009, la cual alcanzó un nivel de 27.433.246 m<sup>3</sup>/año donde la mayor participación corresponde al cultivo de Yuca, esta última generando una presión de aproximadamente el 50% sobre la demanda de agua agrícola para el distrito de Cartagena de Indias.

TABLA NO. 19. DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009

TABLA No. 19. DEMANDA DE AGUA PARA USO AGRÍCOLA ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009

MUNICIPIO	Tipo de Cultivo	Suma 12 meses		Total área de cultivo sembrada en el año 2009	Demanda de Agua 2009
		Ecuación	Ecuación		
		P - (ETP*kc)	P - (ETP*kc)		
		mm/año	m/año		
Cartagena de Indias	Maiz Amarillo	1.162	1,16	5.940.354	6.903.480
	Melon	425	0,42	101.927	43.314
	Millo	425	0,42	16.586.234	7.048.297
	Yuca	304	0,30	44.271.695	13.438.155
<b>Total cartagena de Indias</b>					<b>27.433.246</b>

Fuente: Cálculo de los autores

Fuente: Cálculo de los autores

## DEMANDA DE AGUA PARA USO PECUARIO

Para la estimación de la Demanda de Agua del Sector Pecuario, se tuvo en cuenta la información de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) con respecto al sector pecuario del distrito de Cartagena de Indias en el año 2003, los cálculos de esta información corresponden a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolívar, basados en los Consensos Agropecuarios Municipales - URPA. Bajo esta serie de cálculos se determinó para el año 2003, la siguiente información correspondiente al sector pecuario de la población en estudio:

**TABLA No. 20. NÚMERO DE ESPECIES PECUARIAS, DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2003**

Municipio	Animales		Año 2003
			Nº
Cartagena de Indias	Ganado Bovino	Crecimiento	9.504
		Vaca Lechera	6.800
		Toro Adulto	540
	Ganado Porcino	Ganado Porcino	3.634
	Otras Especies Pecuarias	Caballar	1.150
		Mular	345
		Asnal	2.530
		Bufalina	85
		Cunícola	172
		Ovina	3.220
	Aves de Corral	Caprina	575
		Aves de Postura	575
		Aves de Engorde	

Fuente: Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria UMATA  
 Cálculos: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolívar, con base en los Consensos Agropecuarios Municipales - URPA, año 2003

### **FACTORES DE CONSUMO DE AGUA PARA USO PECUARIO**

Para determinar el factor de consumo por tipo de animal es necesario conocer la temperatura media de la población en estudio, la cual corresponde a 28 °C. Condicionando a que los niveles de consumo por tipo de animal sean altos para el cálculo de la demanda de agua para el sector pecuario. Bajo lo anterior, se obtuvo como resultado los factores de consumo por tipo de animal ajustado a la temperatura media dentro de la población en estudio. Dentro de estos factores, se tomaron por consideraciones de mayor grado de ajuste metodológico, los valores de consumo promedios para las especies pecuarias ovinas, porcinas y Cunícola, donde estos valores promedios reflejan un ajuste más adecuado y acorde con la información dispuesta. Se puede deducir de esta tabla, acorde con las fuentes de consulta que:

- Los factores de consumo para el ganado bovino y las aves de corral está relacionado con la temperatura acorde con las fuentes consultadas.
- Los factores de consumo para el ganado porcino y otras especie pecuarias, no está relacionado con la temperatura según las fuentes consultadas, condicionando a que el factor de consumo utilizado en el estudio para estas especies, obedezca a un promedio dentro de ellos, con el fin de darle un soporte de mayor ajuste a los cálculo de la demanda de agua.

**TABLA NO. 21. FACTOR DE CONSUMO EN LITROS/DÍA POR TIPO DE ANIMAL Y MUNICIPIO, SEGÚN TEMPERATURA MEDIA**

MUNICIPIO	ANIMALES		Temperatura Media °C	Factor de Consumo litros/cabeza/día
Cartagena de Indias	Ganado Bovino*	Crecimiento	28	47
		Vaca Lechera		66
		Toro Adulto		75
	Ganado Porcino**	Ganado Porcino		15,75
	Otras Especies Pecuarias**	Caballar		45
		Mular		25
		Asnal		25
		Bufalina		70
		Cunícola		0,45
		Ovina		5,4
	Aves de Corral*	Caprina		8
		Aves de Postura		0,3
		Aves de Engorde		0,6

*Fuente: Adopción de la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales. Resolución N° 0865/2004 de 22 de julio. Bogotá, D.C.: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (22-07-2004) (13). Mailxmail. Cursos de Animales y Naturaleza; 2005. Caleano Rojas, R. Informaciones Útiles en sanidad Animal, Consumo de Agua (29).*

### **PROYECCIONES PARA EL SECTOR PECUARIO DENTRO DEL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

Las proyecciones se realizaron teniendo en cuenta la evolución del sector pecuario en el periodo 2000 - 2007, correspondiente a la evolución de la rama de actividad económica: Animales vivos y productos animales, dentro del sistema de cuentas nacionales del departamento de Bolívar del DANE.

Al calcular la variación porcentual de la evolución del sector pecuario en el periodo 2000 - 2007, se obtuvo el Índice de Incremento del sector pecuario periodo 2000 - 2007, el cual es igual al valor promedio de cada una de las variaciones porcentuales calculadas para este sector durante el periodo analizado.

**TABLA N° 22. EVOLUCIÓN PERIODO 2000-2007 SECTOR PECUARIO - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE INCREMENTO DEL SECTOR PECUARIO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PERIODO 2000- 2007<sup>9</sup>**

Cuentas Nacionales Departamentales, Colombia - Bolívar								
Valor agregado, por ramas de actividad económica - Sector Pecuario, a precios constantes de 2000								
Millones de pesos								
Descripción - Ramas de Actividad Económica	Periodo							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Animales vivos y Productos Animales	272.577	275.543	276.720	281.618	296.571	258.715	281.682	316.635
<b>Total Sector Pecuario</b>	<b>272.577</b>	<b>275.543</b>	<b>276.720</b>	<b>281.618</b>	<b>296.571</b>	<b>258.715</b>	<b>281.682</b>	<b>316.635</b>

Cuentas Nacionales Departamentales, Colombia - Bolívar							
Valor agregado, por ramas de actividad económica - Sector Pecuario, a precios constantes de 2000							
Variación Porcentual							
Descripción	Periodo						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
Animales vivos y Productos Animales	0,94%	0,43%	1,77%	5,11%	-12,76%	8,88%	12,41%
<b>Total Sector Pecuario</b>	<b>0,94%</b>	<b>0,43%</b>	<b>1,77%</b>	<b>5,31%</b>	<b>-12,76%</b>	<b>8,88%</b>	<b>12,41%</b>

Cálculo del Índice de Incremento del Sector Pecuario periodo 2000-2007							
Sector Pecuario	Variación Porcentual						
	00-01	01-02	02-03	03-04	04-05	05-06	06-07
	0,94%	0,43%	1,77%	5,31%	-12,76%	8,88%	12,41%
<b>Índice de Incremento del Sector Pecuario</b>	<b>2,42%</b>						

Fuente: Cálculos de los autores. Con base en: DANF. Cuentas Nacionales Departamentales (Base 2000) (25)

Con este Índice de Incremento se proyectó el número de cabezas dentro del sector pecuario a partir del año 2004, con el fin de consolidar la población objeto dentro del estudio para el año 2009. La operación para realizar las proyecciones consistió en precisar el número de animales del sector pecuario desde el año 2004 hasta el año 2009, bajo un crecimiento a una tasa constante de 2,42% que corresponde al índice de incremento del sector pecuario, donde solo se tuvo en cuenta el número de animales proyectados para el año 2009, que corresponde al contexto temporal del estudio.

<sup>9</sup> Nota: el sector pecuario en esta tabla corresponde a la Rama de Actividad Económica: Animales Vivos y Productos Animales, dentro del Sistema de Cuentas Nacionales Departamentales del DANF.

**TABLA NO. 23. NÚMERO DE ANIMALES PROYECTADOS PARA EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

MUNICIPIO	ANIMALES		Índice de Incremento del Sector Pecuario	Proyecciones					
				Año 2004	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
				N°	N°	N°	N°	N°	N°
Cartagena de Indias	Ganado Bovino	Crecimiento	2,42%	9.734	9.970	10.212	10.460	10.713	10.973
		Vaca Lechera		6.965	7.134	7.307	7.484	7.665	7.851
		Toro Adulto		553	566	580	594	609	623
	Ganado Porcino	Ganado Porcino		3.722	3.812	3.905	3.999	4.095	4.196
	Otras Especies Pecuarias	Caballar		1.178	1.206	1.236	1.266	1.296	1.328
		Mular		353	362	371	380	389	398
		Asnal		2.591	2.654	2.718	2.784	2.852	2.921
		Bufalina		87	89	91	94	96	98
		Curicota		176	180	185	189	194	199
		Ovina		3.298	3.378	3.460	3.544	3.630	3.718
		Caprina		589	603	618	633	648	664
	Aves de Corral	Aves de Postura		589	603	618	633	648	664
		Aves de Engorde		0	0	0	0	0	0

Fuente: Cálculo de los autores

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA PARA USO PECUARIO EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009.**

Con el fin de estimar la Demanda de Agua para Uso Pecuario, se multiplicó el factor de consumo por el número de cabezas proyectadas para el año 2009, de donde se obtiene la demanda de agua estimada para el sector pecuario discriminada por tipo de animal y medida en litros diarios; en vista de que el factor de consumo está establecido en litros de agua consumidos por tipo de animal al día, esto originó un ajuste metodológico que implicó multiplicar la demanda anterior estimada por 365 con el motivo de convertir esta demanda en litros año.

**TABLA NO. 24. DEMANDA DE AGUA PARA USO PECUARIO ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

MUNICIPIO	ANIMALES		Factor de Consumo	N° de animales proyectados, año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009	Demanda de agua estimada, año 2009	
			Litros/habitante/día	Número de animales	Litros/día	Litros/año	m3 año	
Cartagena de Indias	Ganado Bovino	Crecimiento	47	10.973	515.727	188.240.329	188.240	
		Vaca Lechera	66	7.851	518.165	189.130.354	189.130	
		Toro Adulto	75	623	46.760	17.087.245	17.087	
	Ganado Porcino	Ganado Porcino	15,75	4.196	66.082	24.119.809	24.120	
	Otras Especies Pecuarias	Caballar	45	1.328	59.748	21.808.146	21.808	
		Mular	25	398	9.958	3.634.691	3.635	
		Asnal	25	2.921	73.026	26.854.400	26.851	
		Bufalina	70	98	6.870	2.507.410	2.507	
		Curicota	3,15	199	89	32.617	33	
		Ovina	5,4	3.718	20.075	7.321.537	7.328	
		Caprina	8	664	5.311	1.938.502	1.939	
	Aves de Corral	Aves de Postura	0,3	664	199	72.694	73	
		Aves de Engorde	0,6	0	0	0	0	
	<b>Total demanda de agua para uso pecuario en el distrito de Cartagena de Indias</b>				<b>33.832</b>	<b>1.322.010</b>	<b>482.533.734</b>	<b>482.534</b>

Fuente: Cálculo de los autores

Debido a que la demanda final debe estar expresada en metros cúbicos de agua consumida por año, la demanda de agua para el sector pecuario totalizada por municipio y expresada en litros/año, debió ser multiplicada por 0,001, lo cual responde al método de conversión de medidas de volumen, donde se define que un litro equivale a 0.001 metros cúbicos, dando como resultado la demanda estimada de agua para uso pecuario, expresada en metros cúbicos año.

De esta forma se obtuvo una demanda de agua para uso pecuario de 482.534 m<sup>3</sup>/año dentro del distrito de Cartagena de Indias, reflejando un consumo bajo debido a la alta tendencia urbanística del distrito, lo cual reduce su capacidad de producción dentro de la economía primaria, donde se encuentra el sector pecuario.

## DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO

La estimación de la demanda de agua para riego se basó en la información de CARDIQUE sobre las concesiones de agua que la Corporación ha otorgado desde el año 2006 hasta el mes de agosto de 2009 en el distrito de Cartagena de Indias, bajo estas concesiones se destaca el horizonte temporal que para cada una aplica de acuerdo con los requerimientos de los solicitantes de la concesión y la entidad otorgante de la concesión, que para el caso en estudio es CARDIQUE.

Debe especificarse que no todas las solicitudes de concesión de agua para riego son aprobadas por CARDIQUE, explicado en gran medida por las disposiciones y los impactos ambientales que esto genera sobre el territorio bajo la jurisdicción de la Corporación.

Así mismo, la longevidad de las concesiones otorgadas está limitada a las articulaciones que la Corporación especifique sobre estas, lo cual está ligado a los lineamientos legales y jurídicos a los que están sujetas cada una de las concesiones, donde para el caso de estudio la longevidad de cada concesión termina en el año 2009.

Acorde con las resoluciones donde se determina la aprobación de una concesión de agua por parte de CARDIQUE, se definió la siguiente tabla:

**TABLA NO. 25. CONCESIONES PARA CONSUMO DE AGUA SUPERFICIAL, OTORGADAS POR CARDIQUE, CARTAGENA DE INDIAS, PERIODO 2006-2009**

Municipio	Tipo de Riego	N° de Resolución	Fecha Resolución	Consumo de Agua m <sup>3</sup> /año	Años de Concesión	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009
Cartagena de Indias	Riego de Carbon y Coque	0645	14/08/2006	44.119	5	44.119	44.119	44.119	44.119
	Riego zonas verdes	0738	04/07/2007	1.267	5		1.267	1.267	1.267
	Riego de Pasto	1421	18/12/2007	146.000	5		146.000	146.000	146.000
	Riego zonas verdes	0711	26/06/2007	1.626	5		1.626	1.626	1.626
	Riego de Pasto	0622	17/07/2008	19.900	5			19.900	19.900
<b>Total demanda de agua para riego en el distrito de Cartagena de Indias, año 2009</b>						<b>44.119</b>	<b>193.012</b>	<b>212.912</b>	<b>212.912</b>

*Fuente: Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique - CARDIQUE*

Debido a que el año 2009 corresponde al contexto temporal del estudio, la demanda de agua para riego en el distrito de Cartagena de Indias alcanzó los 212.912 m<sup>3</sup> para este año; reflejando que este tipo de demanda no genera una fuerte presión sobre la disponibilidad de recurso hídrico debido a la baja actividad agrícola presente en el distrito, lo cual obedece a las connotaciones de alto desarrollo urbanístico que la ciudad comprende.

### DEMANDA TOTAL DE AGUA EN LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009

Con el fin de calcular la demanda total de agua en el distrito de Cartagena de Indias durante el año 2009, se sumaron cada unas de las demandas de agua anteriormente estimadas dando como resultado la siguiente tabla:

**TABLA NO. 26. DEMANDA TOTAL DE AGUA ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**

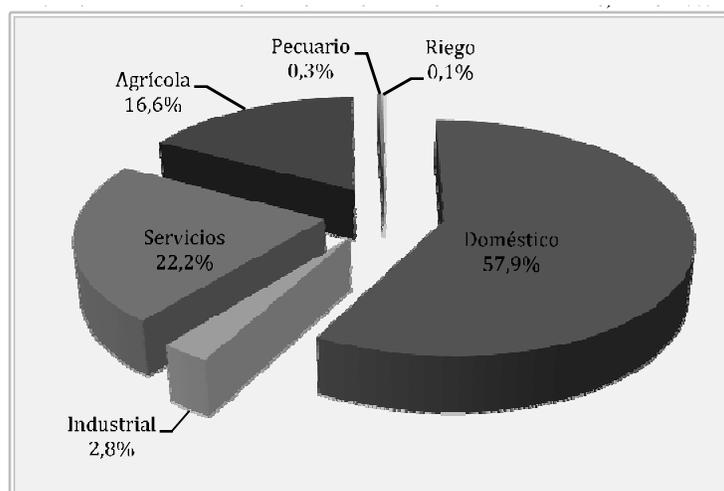
DEMANDAS DE AGUA	SIGLAS	M <sup>3</sup> /AÑO	%
Demanda de Agua para Uso Doméstico	DUD	95.593.518	57,95%
Demanda de Agua para Uso Industrial	DUI	4.606.649	2,79%
Demanda de Agua Sector Servicios	DUS	36.633.589	22,21%
Demanda de Agua para Uso Agrícola	DUA	27.433.246	16,63%
Demanda de Agua para Uso Pecuario	DUP	482.534	0,29%
Demanda de Agua para Riego	DPR	212.912	0,13%
<b>DEMANDA TOTAL DE AGUA DE CARTAGENA AÑO 2009</b>	<b>DT</b>	<b>164.962.448</b>	<b>100,00%</b>

*Fuente: Cálculo de los autores*

Acorde con la tabla anterior, se tiene que la demanda total de agua para el distrito de Cartagena de Indias durante el año 2009 ascendió a los 164.962.448 m<sup>3</sup>/año, reflejándose un alto nivel de demanda, si se compara por el registrado en ACUACAR como volumen captado para dotación de agua potable que ascendió a 86.212.393 m<sup>3</sup>/año durante el año 2008.

Esta diferencia significativa de 60.750.055 m<sup>3</sup>/año entre la demanda total de agua estimada y el volumen de agua captado por ACUACAR para suministro de agua potable, está explicada principalmente por la rigurosidad en el cálculo de la demanda de agua por categorías de uso, lo cual le añade una connotación de austeridad en la determinación de los datos obtenidos y las conclusiones que de este se derivan, al tener en cuenta sectores que juegan un papel determinante en la demanda de agua y que no son tenidos en cuenta por los registros de ACUACAR debido a sus características especiales de uso, dentro de los cuales se destacan los sectores agrícolas, pecuario y de riego.

**GRÁFICA NO. 4. DISTRIBUCIÓN POR CATEGORÍAS DE USO DE LA DEMANDA TOTAL DE AGUA ESTIMADA EN EL DISTRITO DE CARTAGENA DE INDIAS, AÑO 2009**



*Fuente: Cálculo de los autores*

Se subraya el fuerte impulso que sobre la demanda total juegan sectores como el doméstico, servicios y agrícola; donde el sector servicios es el que toma una alta importancia frente a estudios anteriores en donde su participación era mínima, mientras que para el distrito de Cartagena de Indias representa hoy (2009) un 22% de la demanda total de agua. Esta importante participación porcentual se explica por el fuerte dinamismo de las actividades relacionadas con el de la hotelería, Turismo y comercio.

## CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

- Estudios que anteceden a este aporte investigativo, registran que la demanda nacional de agua por sectores económicos, está liderada por el sector agrícola con registros entre un 59% y 61% del total, seguido por el sector doméstico con registros entre 26 % y 27% del total de demanda en el país. Es importante destacar también que Bolívar, aparece en puesto 3° entre los Departamento del país con mayores volúmenes de agua demandada.
- Los resultados encontrados en esta investigación para Cartagena, en cuanto a participación por sectores, se apartan de las tendencias nacionales por diversas razones: los datos antes citados son de los años 2004 y 2005, mientras que los cálculos de los autores son estimados para el año 2009, cuando las tendencias han cambiado. De otra parte, distinta razón de peso es que la estructura socioeconómica de Cartagena de Indias es muy diferente a la estructura del país en su conjunto.
- Por estas razones el sector agrícola de Cartagena de Indias solo representa el 16,6% del total demandado, mientras que el doméstico llega a ser el mayor con un 57% de la demanda de agua en Cartagena. En contraste, el sector servicios, representó en los cálculos, el 22,2% del total, siendo el de mayor participación después de los hogares. El sector industria causó sorpresa por su baja participación (solo 2,8% del total), pero se debe tener presente que el año 2009 ha sido y será uno de los de menores tasas de crecimiento económico debido a la recesión que ha vivido el mundo, Colombia y por tanto Cartagena no se pueden abstraer de este entorno, y precisamente uno de los sectores más afectados ha sido la industria, la cual demanda insumos directamente proporcional al comportamiento de la economía, bajo esquemas de menor contaminación medioambiental que somete al sector a demandar menos recursos naturales.
- El consumo de agua per cápita en la zona rural del distrito de Cartagena de Indias resultó alto en comparación con el consumo per cápita de la zona urbana, explicado principalmente por los altos costos del agua potable en zonas de alto impacto urbanístico; esta situación repercute sobre la necesidad de generar mayores mecanismos de control que disminuyan el consumo en la zona rural. No obstante, no se deben escatimar los esfuerzos para mantener estable el consumo urbano, siempre y cuando no se afecte la calidad de vida de los habitantes.

- La problemática del agua para consumo humano en el mundo, es necesario abordarla tanto desde la oferta como de la demanda. En principio, y solo como una forma de provocar el debate constructivo que lleve a mayor claridad en el tema, los autores, después de revisar las características de la demanda y oferta de este bien, y sin desconocer la gravedad que encierra el creciente incremento de la demanda de este precioso líquido, consideran que el mayor problema está del lado de la oferta de agua, y más específicamente en el sentido del rompimiento de la gradualidad y estabilidad de la oferta de agua, a consecuencia de los desequilibrios ambientales causados por el calentamiento global y la contaminación ambiental, que generación tras generación se ha venido acumulando en el mundo, originando que las fuentes, los manantiales, las cuencas y otros cuerpos de agua se encuentren en acelerada vía de extinción, sumado a los cambios de clima y de suelo así como la mayor frecuencia en los procesos de sequías y desertización.
- No se quiere aquí minimizar el problema de la demanda de agua en el mundo ni en Cartagena en particular, pero se deja el siguiente ejemplo para ilustrar lo antes planteado. “Es una realidad que, a pesar de no contar con los datos precisos y de buena fuente, la cantidad de agua que potencialmente debe salir del Canal del Dique y que debería entrar al torrente de agua procesada (a la empresa ACUACAR) y que es demandada para el consumo de todos los sectores económicos en Cartagena, la cual asciende a 164.962.448 millones de metros cúbicos año 2009, es relativamente baja en comparación con la cantidad de agua que vierte este canal a la bahía de la misma ciudad.”
- No obstante, es preciso que se afinen los controles y se difundan buenos hábitos de consumo de agua, para poder seguir contando con este líquido y no hacer mal uso del mismo. Pero la mayor atención, regulación y control debe recaer sobre los agentes que más han contribuido al calentamiento global y a la contaminación, y con ello a desajustar el equilibrio que garantiza la regular o gradual oferta de agua en la naturaleza.
- Debe generarse por parte de los gobiernos mayor dinamismo en las políticas que permitan el adecuado control, regulación y adecuación del recurso hídrico, en vista de la constante disminución de este último a causa del crecimiento de la población, de la contaminación y del cambio climático. Lo cual sumado a la falta de consciencia sobre la magnitud del problema, la inercia de los dirigentes y las actitudes y conductas inapropiadas explican el deterioro progresivo de la situación y la razón de por qué no se adoptan las medidas que se necesitan.

- Para finalizar, se llama la atención sobre lo siguiente: La demanda total de agua en el distrito de Cartagena de Indias, calculada por los autores (164.962.448 m<sup>3</sup>/año), resultó ser 1,9 veces mayor que los volúmenes de agua captados por ACUACAR para suministro de agua potable en la ciudad (86.212.393 m<sup>3</sup>/año), lo cual se explicó por los consumos rurales y otras deficiencias en el registro de los datos por parte de la empresa suministradora de agua potable a la ciudad. Por lo tanto, es importante que exista mayor convergencia entre estos dos datos de demanda potencial de recurso hídrico, con el fin de evitar desabastecimientos originados por consumos de agua no estimados.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM [sede Web]. Bogotá; 2009. Indicadores Socioeconómicos. [acceso 25 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/socio10.htm#>.
2. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - UNESCO. Tercer Informe sobre Desarrollo Mundial del Agua de la Organización de la Naciones Unidas - ONU. V Foro Mundial del Agua [informe en Internet] 2009 [acceso 31 de agosto de 2009]. Disponible en: [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index_es.shtml).
3. Rivera-Herbert G. Evolución de las políticas mundiales en el manejo integral de los recursos hídricos. [Diapositivas en Internet]. Cartagena: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM; 2007 [acceso 31 de Agosto de 2009]. Disponible en: [http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/Pon\\_Fulbright/Cartagena%20Fulbright/Cartagena%20Politicasy%20escasez.pdf](http://www.uninorte.edu.co/extensiones/IDS/Ponencias/Pon_Fulbright/Cartagena%20Fulbright/Cartagena%20Politicasy%20escasez.pdf).
4. Guzmán E, García A, Mora J, Fortis M, Valdivia R, Portillo M. La Demanda de Agua en la Comarca Lagunera, México. Agrociencia [artículo en Internet] 2006. [acceso 31 de agosto de 2009]; [11]. Disponible en: <http://redalyc.uacmex.mx/redalyc/pdf/302/30240611.pdf>.
5. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Oferta y Demanda del Recurso Hídrico en Colombia. VI jornada del Conaphi - Chile [artículo en Internet] 1996. [acceso 31 de agosto de 2009]; [29]. Disponible en: <http://www.unesco.org.uy/phi/libros/VIjornadas/A13.pdf>.

6. Marín R. Colombia: Potencia Hídrica [artículo en Internet] 2003 [15]. [acceso 24 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/06colo.pdf>.
7. Domínguez-Calle E, Rivera-Herbert G, Vanegas-Sarmiento R, Moreno P. Relaciones Demanda-Oferta de agua y el Índice de Escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano [artículo en Internet] 2004. [acceso 31 de agosto de 2009]. Disponible en: [http://74.125.47.132/search?q=cache:LmKcmHpog\\_sJ:www.accefyn.org.co/PublicAcad/Periodicas/Volumen32/123/195-212.pdf+DOM%3%8DNGUEZ+CALLE,+Efra%3%ADn+Antonio+Relaciones+Demanda-Oferta+de+agua+y+el+%3%8Dndice+de+Escasez+de+agua+como+herramientas+de+evaluaci%3%B3n+del+recurso+h%3%ADdrico+colombiano&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://74.125.47.132/search?q=cache:LmKcmHpog_sJ:www.accefyn.org.co/PublicAcad/Periodicas/Volumen32/123/195-212.pdf+DOM%3%8DNGUEZ+CALLE,+Efra%3%ADn+Antonio+Relaciones+Demanda-Oferta+de+agua+y+el+%3%8Dndice+de+Escasez+de+agua+como+herramientas+de+evaluaci%3%B3n+del+recurso+h%3%ADdrico+colombiano&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co).
8. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Estudio Nacional del Agua – Relaciones de Demanda de Agua y Oferta Hídrica. Informe Anual sobre el estado del Medio Ambiente y los Recursos naturales Renovables en Colombia. 2008; 1-162.
9. Population Reports. Soluciones para un mundo con escasez de agua. Population Information Program [revista en Internet] 1998 [acceso 24 de agosto de 2009]; 26 (1). Disponible en: <http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14edsum.shtml>.
10. Obregón-Herrera E. Modelos de Estimación de Demanda de Agua. Usuarios domésticos de agua potable. [Diapositivas en Internet]. 2003 [acceso 24 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://74.125.47.132/search?q=cache:gaOUDabb9EgJ:www.mty.itesm.mx/egap/centros/caep/imagenes/DDAseminarioEGAP-CAEP.ppt+Modelos+de+estimaci%3%B3n+de+demand+de+agua&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co>.
11. Sumpsi J, Garrido A, Blanco M, Varela C, Iglesias E. Economía y política de gestión del agua en la agricultura. Mundi-Prensa, Madrid. 1998
12. Riesgo-Álvarez L, Gómez-Limón J. Mercados del Agua, Análisis de las Opciones Elegidas para su aplicación en España. Departamento de Economía Agraria [artículo en Internet] 1999 [acceso 24 de agosto de 2009]. Disponible en [http://www.infoagro.com/riegos/mercados\\_agua.htm](http://www.infoagro.com/riegos/mercados_agua.htm).
13. Adopción de la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales. Resolución N° 0865/2004 de 22 de julio. Bogotá. D.C.: El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, (22-07-2004).

14. Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Water Reports. [Internet] 2006. [acceso 31 de agosto de 2009]; N° 33: [277]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/i0314c/i0314c00.htm>.
15. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. Censo General de 2005 Nivel Nacional. Bogotá: DANE; 2005.
16. Ministerio de Desarrollo Económico. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000. Sección II, Título B, Sistemas De Acueducto. Bogotá; 2000.
17. República de Colombia. Censo General de Población departamento de Bolívar. Bogotá: Contraloría General de la República; 1938.
18. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. Censo de Población de 1951 departamento de Bolívar. Bogotá: DANE; 1956.
19. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. XII Censo de Población y II de Edificios y Viviendas departamento de Bolívar. Bogotá: DANE; 1964.
20. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. XIV Censo de Población y III de Vivienda departamento de Bolívar. Bogotá: DANE; 1973.
21. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. XV Censo de Población y IV de Vivienda departamento de Bolívar. Bogotá: DANE; 1986.
22. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. XVI Censo de Población y V de Vivienda departamento de Bolívar. Bogotá: DANE; 1993.
23. Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. Encuesta Anual Manufacturera - EAM 2001. Barranquilla: seccional DANE; 2008. Información estadística.
24. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Informe de instituciones educativas y centros hospitalarios del departamento de Bolívar 2007. Barranquilla: seccional DANE; 2008. Información estadística.
25. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE. Cuentas Nacionales Departamentales (Base 2000) [base de datos en Internet]. Bogotá, Colombia [actualizada en julio 2009; acceso 30 de julio de 2009]. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=129&Itemid=86](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=129&Itemid=86).

26. Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial SIG-OT [base de datos en Internet]. Bogotá: IGAC [actualizada en agosto 2009; acceso 25 de agosto de 2009]. Disponible en: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>.
27. HIDROCONSULTORES Ltda. Investigación de campo sobre cultivos agrícolas en el departamento de Bolívar – jurisdicción CARDIQUE 2009. Cartagena: CARDIQUE, estudios ambientales; 2009.
28. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje [estudio en Internet] 2006. [acceso 31 de agosto de 2009]; N° 56: [277]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>.
29. Mailxmail [sede Web]. Cursos de Animales y Naturaleza; 2005 [acceso 25 de julio de 2009]. Galeano Rojas, R. Informaciones Útiles en sanidad Animal, Consumo de Agua. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-informaciones-utiles-sanidad-animal/consumo-agua-1>.