

## RESUMEN ANALÍTICO

La eficiencia de la distribución del agua potable y el saneamiento en las poblaciones, es un tema sometido cada vez más al escrutinio de los reguladores, los políticos, las empresas y la comunidad investigadora, potencializando su relevancia. En Colombia a través del Sistema General de Participaciones se destinan recursos invertidos en el servicio; sin embargo, el departamento de Bolívar muestra una cobertura en acueducto del 75% con una continuidad de 11.22 horas/día; además, solo 12 municipios cuentan con servicio de alcantarillado con una cobertura no mayor al 60%, siendo la cobertura más baja del país. Esta investigación plantea la evaluación de la eficiencia y los cambios de productividad en la cobertura de agua potable y saneamiento básico para los 46 municipios del departamento de Bolívar para el periodo 2007-2010, empleando el Análisis Envolvente de Datos y el Índice de Malmquist, a partir de la información sobre la inversión total acumulada y el promedio mensual del número de horas de prestación del servicio, tomada del Departamento Nacional de Planeación; encontrando que: para alcanzar niveles óptimos de eficiencia en la cobertura de agua potable y saneamiento básico en los municipios del departamento de Bolívar se hace necesario disminuir tanto el número de horas sin prestación de servicio así como reorientar la inversión realizada en el sector, y, a su vez, aumentar el número de metros cúbicos de agua producidos junto a la cantidad de usuarios; además, los cambios en la productividad, se ven afectados en primera medida por el comportamiento en el componente de la eficiencia técnica.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA



### REMISIÓN DE PROYECTOS

FECHA : Cartagena, 9 de diciembre de 2013.  
DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN  
PARA : Doctor(es):  
1).EFRAÍN MANUEL CUADRO GUZMÁN  
2).ÁLVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOZA

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remito a usted(es) proyecto(s) de Grado titulado(s): "EFECTIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR".

AUTOR(ES) : ELIANA ESTHER SALAS BARÓN  
FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJÍA

ASESOR(A) : FRANCISCO JAVIER MAZA ÁVILA - Prog. Admón.  
Industrial.

Sírvase remitir el concepto respectivo marcando con una X los términos de:

APROBADO

MERITORIA

No aprobado

APLAZADA

Atentamente,

AMAURY JIMÉNEZ MARTÍNEZ  
Director  
PROGRAMA DE ECONOMÍA

Reciben Evaluador(es):

FIRMA - FECHA

1. ÁLVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOZA

P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el día 28 de enero de 2014.

Anexo: Formato de Observaciones.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMÍA



### REMISIÓN DE PROYECTOS

FECHA : Cartagena, 9 de diciembre de 2013.  
DE : COMITÉ DE GRADUACIÓN  
PARA : Doctor(es):  
1).EFRAÍN MANUEL CUADRO GUZMÁN  
2).ÁLVARO ANDRÉS ESCOBAR ESPINOZA

Cordial saludo:

Para su consideración y estudio remito a usted(es) proyecto(s) de Grado titulado(s): "EFECTIVIDAD Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR".

AUTOR(ES) : ELIANA ESTHER SALAS BARÓN  
FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJÍA

ASESOR(A) : FRANCISCO JAVIER MAZA ÁVILA - Prog. Admón.  
Industrial.

Sírvase remitir el concepto respectivo marcando con una X los términos de:

APROBADO

MERITORIA

No aprobado

APLAZADA

Atentamente,

AMAURY JIMÉNEZ MARTÍNEZ  
Director  
PROGRAMA DE ECONOMÍA

Reciben Evaluador(es):

FIRMA - FECHA

1. EFRAÍN MANUEL CUADRO GUZMÁN

P.D: El plazo máximo para la entrega de este concepto es hasta el día 28 de enero de 2014.

Anexo: Formato de Observaciones.

Cartagena de Indias, 06 de diciembre de 2013

Señores  
**COMITÉ DE GRADUACIÓN**  
**Programa de Economía**  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Cartagena

Referencia:  
CONCEPTO DE TRABAJO DE GRADO

Respetado Comité de Graduación:

Por medio de la presente les participo que he dirigido el desarrollo del presente Concepto de trabajo de grado titulado "EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR" elaborado por los estudiantes del Programa de Economía **ELIANA ESTHER SALAS BARÓN** y **FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJÍA**, con códigos 430910011 y 0430910031 respectivamente, con el fin de presentarlo a su consideración y de los jurados para realizar las sugerencias y/o recomendaciones que consideren pertinentes en pro de mejorar la calidad académica del mismo.

Agradecemos de antemano su atención.

Atentamente

  
\_\_\_\_\_  
**FRANCISCO JAVIER MAZA ÁVILA**  
Doctor (c) en Ciencias Sociales y Jurídicas

Cartagena de Indias D. T. y C., 04 de febrero de 2014

Señores  
**COMITÉ DE GRADUACIÓN**  
**Programa de Economía**  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Cartagena

Referencia:  
CONCEPTO DE TRABAJO DE GRADO

Respetado Comité de Graduación:

Con la presente hacemos entrega del Concepto de trabajo de grado titulado **"EFICIENCIA Y PROUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR"** elaborado bajo la asesoría del investigador **FRANCISCO JAVIER MAZA ÁVILA** con el fin de someterlo a su aprobación y/o sugerencias que sean consideradas pertinentes para esta investigación.

Agradecemos de antemano su atención.

Atentamente,

*Eliana Esther Salas Barón*

ELIANA ESTHER SALAS BARÓN

Estudiante

*Fernando Salcedo Mejía*

FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJÍA

Estudiante

**EFICENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

**EFICENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

**ELIANA ESTHER SALAS BARON  
FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJIA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMIA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2014**

**EFICENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y  
SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

**ELIANA ESTHER SALAS BARÓN  
FERNANDO ENRIQUE SALCEDO MEJÍA**

**Proyecto de grado presentado  
como requisito para obtener el  
título de Economista**

**Asesor:  
FRANCISCO JAVIER MAZA AVILA  
Doctor en Ciencias Sociales y Jurídicas**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
PROGRAMA DE ECONOMIA  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.  
2014**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Cartagena de Indias, D. T y C, 4 febrero de 2014**

## CONTENIDO

0	INTRODUCCION .....	11
0.1	DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA .....	11
0.1.1	Descripción del problema .....	11
0.1.2	Formulación del problema .....	13
0.2	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION .....	13
0.2.1	Objetivo general .....	13
0.2.2	Objetivos específicos .....	13
0.3	JUSTIFICACION.....	14
0.3.1	Relevancia científica .....	14
0.3.2	Relevancia académica .....	15
0.3.3	Relevancia social.....	15
0.4	DELIMITACION.....	15
0.4.1	Delimitación espacial .....	15
0.4.2	Delimitación temporal.....	16
0.5	MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	16
0.5.1	Estado del arte .....	16
0.5.2	Marco teórico .....	27
0.5.3	Marco legal.....	39
0.6	DISEÑO METODOLOGICO .....	40
0.6.1	Tipo de investigación .....	40
0.6.2	Definición y operacionalización de las variables.....	41
1	CONTEXTUALIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	42
1.1	GENERALIDADES.....	42
1.2	ASPECTOS FÍSICOS .....	44
1.3	ORGANIZACIÓN JURÍDICA .....	45
1.4	DEMOGRAFÍA .....	48
1.5	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	51

1.5.1	Actividades económicas.....	51
1.5.2	Educación.....	54
1.5.3	Pobreza.....	56
1.6	SECTOR DEL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.....	60
1.6.1	Marco institucional.....	60
1.6.2	Situación en materia de acueducto del departamento de Bolívar .....	62
1.6.3	Situación en materia de alcantarillado del departamento de Bolívar .....	67
1.6.4	Inversión en infraestructura.....	70
2	MODELO DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	74
2.1	GENERALIDADES.....	74
2.2	FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBERTURA DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BÁSICO .....	77
2.3	MODELO CONCEPTUAL FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBERTURA DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BÁSICO .....	80
3	EFICIENCIA Y LOS CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL PERIODO 2007-2010.....	83
3.1	GENERALIDADES.....	83
3.2	MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN BOLIVAR EMPLEANDO DEA	83
3.2.1	Resultado del cálculo de la eficiencia técnica para los municipios de Bolívar	86
3.2.2	Mejora potencial de los municipios ineficientes.....	89
3.3	EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO.....	97
3.4	RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA Y LA PRODUCTIVIDAD EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO EN BOLIVAR .....	100
4	CONCLUSIONES.....	102
5	BIBLIOGRAFIA .....	105

## TABLAS

Tabla 1. Sistema de variables.....	41
Tabla 2. Zonas Especiales de Desarrollo Económico y Social (ZODES).....	43
Tabla 3. Esquema para la categorización de los municipios de Colombia.....	46
Tabla 4. Valor máximo de los gastos de funcionamiento de los distritos y municipios, según categorización municipal en Colombia. ....	47
Tabla 5. Indicadores poblacionales: índice de Sundbarg y estructura de la población activa. ....	50
Tabla 6. Estructura poblacional: índices de dependencia y envejecimiento. ....	51
Tabla 7. Usos del suelo en el departamento de Bolívar, 2012. ....	53
Tabla 8. Distribución en percentiles de la proporción de población con NBI total y discriminado por zonas. ....	57
Tabla 9. Estudios seleccionados sobre la eficiencia del uso del agua potable y saneamiento básico usando DEA. ....	78
Tabla 10. Descripción de las variables de la función de producción Aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio.....	81
Tabla 11. Resumen estadístico de las variables inputs y outputs, Bolívar 2007-2010.....	85
Tabla 12. Correlaciones simples de las variables inputs y outputs, Bolívar 2007-2010.....	86
Tabla 13. Eficiencias BBC con orientación a Input, función de producción. Bolívar 2007-2010. ....	87
Tabla 14. Cambios en la condición de eficiencia, Bolívar 2007-2010.....	89
Tabla 15. Número de municipios de mayor eficiencia por ZODES.....	91
Tabla 16. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2007. ....	93
Tabla 17. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2008. ....	94
Tabla 18. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2009. ....	95
Tabla 19. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2010. ....	96
Tabla 20. Eficiencia, cambio técnico e Índice de Malmquist, Bolívar 2007-2010....	98

## GRÁFICOS

Gráfico 1. Representación gráfica de la eficiencia relativa. ....	30
Gráfico 2. Medición de la eficiencia para una función de producción no conocida.	31
Gráfico 3. Población urbana y rural en el departamento de Bolívar. Comparativo 2005 - 2012. ....	49
Gráfico 4. Cambios en la estructura poblacional de Bolívar, 2000 - 2012.....	50
Gráfico 5. PIB anual de Bolívar y porcentaje dentro del PIB nacional, 2000-2011.	52
Gráfico 6. Índice de Cobertura bruta y neta en educación para Bolívar, 2002-2012. .....	55
Gráfico 7. Relación de la falta de acceso de agua potable y saneamiento básico entre la población rural y urbana para los municipios de Bolívar, 2011.....	59
Gráfico 8. Distribución de la cobertura de agua potable en los municipios de Bolívar, 2011. ....	64
Gráfico 9. Porcentaje de municipios con agua potable, Bolívar 2010 - 2012.....	65
Gráfico 10. Fuentes de abastecimiento de agua potable, Bolívar promedio 2007 - 2012.....	66
Gráfico 11. Cobertura de agua vs Horas de servicio de agua al día para los municipios de Bolívar, 2011. ....	67
Gráfico 12. Distribución de la cobertura de alcantarillado en los municipios de Bolívar, 2011. ....	68
Gráfico 13. Cobertura de agua vs inversión en infraestructura para municipios de Bolívar, 2011. ....	71

## MAPAS

Mapa 1. Localización geográfica y división política del Departamento de Bolívar-Colombia.....	42
Mapa 2. Magnitud de la inversión municipal, Bolívar 2012. ....	54
Mapa 3. Desempeño fiscal, Bolívar 2012.....	54
Mapa 4. Cobertura total de acueducto, Bolívar 2012.....	63
Mapa 5. Cobertura total de alcantarillado en los municipios de Bolívar, 2012. ....	69

## **0 INTRODUCCION**

### **0.1 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA**

#### **0.1.1 Descripción del problema**

La crisis mundial de acceso al agua y de saneamiento básico representa un freno en el desarrollo humano, pues afecta principalmente a la población pobre, vulnerable e insegura. Por sólo mencionar algunos datos, en el año 2006, aproximadamente 1.100 millones de habitantes de países en desarrollo carecían de un acceso adecuado al agua y 2.600 millones no disponían de servicios de saneamiento básico, es decir, únicamente el 62% de la población mundial utilizaban sistemas que aseguraban la higiénica separación de los excrementos y las aguas residuales del contacto humano (PNUD & Watkins, 2006).

Esta relación se intensifica cuando se vincula con distintas dimensiones de la pobreza, como la salud, aumentando la aparición de enfermedades y reduciendo las expectativas de vida; la educación, generando impacto sobre la asistencia escolar; y el ingreso, reduciendo la potencial generación de ingresos por falta de salud o falta de oportunidades para dedicarse a actividades que requieran el uso del agua (Bosch, Hommann, Rubio, Sadoff, & Travers, 2000). Los países de América Latina, partiendo de las abundantes fuentes hídricas con que cuentan, han realizado diversos esfuerzos por aumentar la cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento, pero la situación aún es precaria, lo que permite suponer que el déficit de cobertura obedece a bajos niveles de inversión en infraestructura (Jouravlev, 2004).

Colombia cuenta con una gran riqueza hídrica compuesta por, entre otras fuentes, aguas lluvias, aguas superficiales, aguas subterráneas, aguas termales, aguas marinas, oceánicas y de alimentación glacial. Ante las riquezas hídricas existentes en el país, cobra vital importancia el abastecimiento eficiente de este recurso a todos los habitantes, hecho legitimado en el artículo 365 de la Constitución Política, donde se establece como responsables de la prestación eficiente de los servicios públicos a los entes municipales y departamentales. Por tanto, dichos entes deben gestionar mecanismos que garanticen la sostenibilidad económica y ambiental, utilizando como principal fuente de financiación para tal fin los recursos del Sistema General de Participaciones, desembolsados por el Estado, que como

gasto público social tienen prioridad sobre cualquier otra asignación (Maza, Navarro, & Puello, 2012).

Dado lo anterior, los entes territoriales se ven obligados a rendir cuentas periódicas acerca de la eficiencia en el manejo y aplicación de los recursos invertidos en saneamiento básico al Departamento Nacional de Planeación. En el departamento de Bolívar, es la Secretaria de Agua Potable y Saneamiento Básico departamental la encargada de velar por la correcta formulación y ejecución de los planes, programas y proyectos concernientes a esta temática para lograr el incremento de la cobertura y calidad de estos servicios, a través de la correcta ejecución del plan contenido en el Plan de Desarrollo del Departamento el cual, en la actualidad, busca llevar agua potable a 210.000 habitantes urbanos que carecen de ella, y proveer a 56.348 habitantes del Carmen de Bolívar del servicio de acueducto, para contrarrestar los bajos niveles de cobertura, continuidad y calidad de los servicios (Gobernación de Bolívar, 2012).

Cabe anotar que, si bien por medio del Sistema General de Participaciones se garantizan los recursos económicos para mejorar tanto la cobertura como la calidad del agua en todos los departamento colombianos, el caso de Bolívar resulta preocupante: aunque el 75% de la población bolivareña cuenta con redes de acueducto, el 80% no cuenta con concesión para el aprovechamiento de fuentes de agua; el servicio de agua potable muestra una continuidad de apenas 11.22 horas/día durante 6.2 días/semana y 33 municipios no cuentan con planta para el tratamiento de aguas. Solo 12 municipios cuentan con servicio de alcantarillado con una cobertura no mayor al 60%, siendo la cobertura más baja del país (Empresa Aguas de Bolívar S.A. E.S.P, 2012). De hecho, existen municipios como Turbana y El Carmen de Bolívar que padecen la falta de agua potable de manera dramática. Incluso han tenido que aliarse con municipios vecinos para conformar acueductos regionales, sin que esto haya dado frutos positivos (Maza, Navarro, et al., 2012).

Ante lo anterior, esta investigación plantea la evaluación de la eficiencia y los cambios de productividad en la cobertura de agua potable y saneamiento básico en el Departamento de Bolívar para el periodo 2007-2010, empleando para ello el Análisis Envolvente de Datos, metodología sugerida por el Departamento Nacional de Planeación para este tipo de investigaciones, así como el Índice de Malmquist, útil para descomponer la productividad en sus dos principales elementos: cambios en la eficiencia y cambios Tecnológicos. Se parte del 2007 por ser el año en el

cual se ha obtenido la mejor calidad en la información a utilizarse en la construcción del modelo y el 2010 por ser el último año con información disponible.

### **0.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de eficiencia en la cobertura del servicio de agua potable y saneamiento básico en los municipios del departamento de Bolívar en el periodo 2007-2010?

¿Cuáles algunos determinantes de los cambios en la productividad en la cobertura del servicio de agua potable y saneamiento básico en los municipios del departamento de Bolívar para el periodo 2007-2010?

## **0.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **0.2.1 Objetivo general**

Analizar la eficiencia y los cambios en la productividad de los recursos financieros invertidos para la cobertura de agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar.

### **0.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el estado actual del sector agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar, en términos de inversión, niveles cobertura e infraestructura.
- Definir el modelo de producción (variables de insumo y producto) del proceso agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar.
- Estimar la eficiencia y los cambios en la productividad del proceso agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar, para el periodo 2007-2010.

- Formular recomendaciones encaminadas a incrementar la eficiencia en la inversión de los recursos en agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar.

### **0.3 JUSTIFICACION**

En Colombia, más específicamente en el departamento de Bolívar, existe un precario abastecimiento del recurso de agua potable y saneamiento básico, el cual es un elemento indispensable para la preservación, desarrollo y potencialidad de la vida humana (PNUD & Watkins, 2006); lo que se evidencia al encontrar casos de municipios que no cuentan con los mínimos requerimientos de cobertura y calidad, aun contando con fuentes hídricas importantes como humedales y ciénagas asociadas a éstos, quebradas y arroyos naturales con corrientes continuas, además de un sistema de ciénagas estuáricas (Contraloría Distrital de Cartagena de Indias, 2009); y recursos específicos que garanticen, desde el Estado, la prestación universal de los mismos.

Lo anterior puede obedecer, entre otros factores, a la existencia de ineficiencias tanto en la ejecución de los recursos destinados por el Estado a través del Sistema General de Participaciones como en el aprovechamiento de las fuentes hídricas, causando problemas en la prestación del servicio. Por lo antes expuesto resulta necesario establecer el nivel de eficiencia y los cambios en la productividad del sector de agua potable y saneamiento básico para cada uno de los municipios que conforman el departamento de Bolívar, tratando de estimar –en el periodo de estudio considerado- cuáles son los municipios más productivos y eficientes en el manejo de recursos en el sector, así como aquellos menos eficientes y productivos, con la finalidad de formular recomendaciones que contribuyan al diseño de estrategias encaminadas a asegurar un manejo más eficiente de los recursos del Estado, que garanticen un mayor acceso al agua por parte de los habitantes de los municipios bolivarenses.

#### **0.3.1 Relevancia científica**

La realización de la investigación propuesta enriquecerá a la ciencia aplicada, debido a que considera la utilización de metodologías poco utilizadas en la medición de eficiencia de los servicios públicos en Colombia.

### **0.3.2 Relevancia académica**

Alimentará el estado del arte referente a estudios de eficiencia implementado la metodología de Análisis Envolvente de Datos (DEA) e Índice de Malmquist a recursos destinados a garantizar la cobertura y calidad de servicios públicos que se brindan a una población.

### **0.3.3 Relevancia social**

El impacto social que generaría este estudio va encaminado a enmarcar los factores que determinan la ineficiencia de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico, resultados que permitirán la formulación de políticas que contribuyan a extender la cobertura del servicio a una mayor proporción de la población del departamento de Bolívar, conllevando a la mejora de su bienestar.

## **0.4 DELIMITACION**

### **0.4.1 Delimitación espacial**

Esta investigación, titulada “EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR” tomará como objeto de estudio a Bolívar, uno de los 8 departamentos que conforman la Región Caribe de Colombia, el cual se encuentra conformado por 45 municipios y un Distrito Turístico y Cultural, a los cuales está dirigida esta investigación, esos municipios son:

- Achí
- Altos del Rosario
- Arenal
- Arjona
- Arroyohondo
- Barranco de Loba
- Calamar
- Cantagallo
- Cartagena
- Cicuco
- Clemencia
- Córdoba
- El Carmen de Bolívar
- Norosí
- Pinillos
- Regidor
- Río Viejo
- San Cristóbal
- San Estanislao
- San Fernando
- San Jacinto
- San Jacinto del Cauca
- San Juan Nepomuceno
- San Martín de Loba
- San Pablo
- Santa Catalina

- El Guamo
- El Peñón
- Hatillo de Loba
- Magangué
- Mahates
- Margarita
- María La Baja
- Mompós
- Montecristo
- Morales
- Santa Rosa
- Santa Rosa del Sur
- Simití
- Soplaviento
- Talaigua Nuevo
- Tiquisio
- Turbaco
- Turbaná
- Villanueva
- Zambrano

#### **0.4.2 Delimitación temporal**

El marco temporal de las variables contempladas en esta investigación, titulada “EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA COBERTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR”, iniciará desde 2007, año a partir del cual se encuentra disponible la información por cada municipio para realizar la estimación de la eficiencia y la productividad, y el 2010, último año con información disponible.

### **0.5 MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **0.5.1 Estado del arte**

En el siguiente listado se presenta un resumen de las publicaciones que han servido de referencia a esta investigación. Dichas publicaciones, tomadas de las principales bases de datos científicas como SCOPUS, ScienceDirect, EBSCO HOST y Dialnet, así como de las publicaciones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), tienen como característica común la implementación del Análisis Envolvente de Datos –DEA y del Índice de Malmquist especialmente en el sector público, tanto a nivel nacional como internacional, característica principal de la investigación a efectuar.

- **Giuffrida, A. (1999). Productivity and Efficiency Changes in Primary Care: A Malmquist Index Approach. HealthCare Management Science, 2(1), 11-26.**

El trabajo de investigación aborda los efectos de las reformas del sistema de salud nacional en el Reino Unido introducidos en 1990, que dio lugar a cambios

sustanciales en la atención médica primaria. En este trabajo se analiza la eficiencia de la prestación de atención primaria en English Family Health Service Authorities (FHSAs) durante el período 1990/91-1994/95. El autor utilizó el análisis envolvente de datos para medir eficiencia y el índice de Malmquist para cambios en la productividad, lo que luego, se descompone en los índices cambio eficiencia técnica pura, el cambio la eficiencia de escala y el cambio tecnológico. Los resultados del análisis indica que hay una pequeña mejora en la productividad a lo largo período de considerado. El aumento se atribuyó a la mejora de la eficiencia técnica pura y el cambio positivo en la eficiencia de escala, mientras que la tecnología no muestra cambios significativos. Finalmente el análisis sugiere que existe un margen muy limitado para aumentar la productividad en este sector.

- **Nupia, O., & Sánchez, F. (2001). Eficiencia de los hospitales públicos de Bogotá. Desarrollo y Sociedad, 48, 101–136.**

En este trabajo investigativo se aborda la eficiencia de los 31 hospitales públicos de Bogotá, utilizando la información de la producción e insumos de los hospitales en 1999. Mediante el uso de la técnica DEA (Data Envelopment Analysis) , de ella se obtienen medidas de eficiencia, tanto técnicas como asignativas, usando funciones de producción multiproducto y uniproducto, respectivamente, con diferentes supuestos de rendimientos a escala. Los autores para explicar sus determinantes, se utilizan modelos de regresión lineal con técnicas de componentes principales, con la inclusión de variables exógenas que recogen aspectos de la estructura de ingresos y gastos de los hospitales, la estructura de mercado, la estructura laboral, la demanda de servicios y la localización geográfica. Los resultados de la investigación sugieren que aproximadamente la mitad de los hospitales del distrito poseen ineficiencias de tipo técnico y la gran mayoría afronta ineficiencias de tipo asignativo. Según el estudio las causas de tal situación se encuentran la estructura sindical, de contratación y de subsidios a la oferta.

- **Jouravlev, A. (2004). Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL.**

Con el objeto de analizar el estado de los servicios de agua potable y saneamiento en los países de América Latina y el Caribe al inicio del siglo XXI, este artículo estudia el acceso a los servicios y la calidad de los mismos y las

reformas efectuadas por los países de la región en los años recientes. De lo cual, concluye que en la sub región persisten deficiencias en el acceso a los servicios a pesar del avance alcanzado en términos de cobertura, además se demuestran los avances en materia de legislación en la mayoría de los países en estudio, así como en el ámbito normativo para la garantía de la sostenibilidad económica-financiera del servicio.

- **Valdmanis, V., Kumanarayake, L., & Lertiendumrong, J. (2004). Capacity in Thai public hospitals and the production of care for poor and nonpoor patients. HealthServicesResearch, 39(6 Pt 2), 2117-2134.**

Los autores colocan como objetivo de la investigación evaluar la capacidad de los hospitales públicos tailandeses, mirando la necesidad de expandirse la proporción servicios a los pobres y los no pobres. La forma de lograrlo es mediante la medición de la producción de los servicios prestados a los pobres, en relación a los no pobres, los pacientes y la planta la capacidad de los hospitales públicos individual para atender a la carga de pacientes.

El establecimiento del estudio son los Hospitales públicos tailandeses que operan en 1999, la toma de esa fecha obedece a la crisis económica cuando se requerían los hospitales públicos para el tratamiento de todos los pacientes, independientemente de su capacidad de pago. Los datos de entrada y de salida para 68 hospitales fueron recolectados a través de bases de datos y encuestas de cuestionario. El análisis se llevó a cabo por el análisis envolvente de datos (DEA), un enfoque de programación lineal no paramétrica utilizada para derivar estimaciones de la eficiencia y la productividad. Los autores llegaron a resultados que sugieren que algún aumento de la atención hospitalaria pública se puede lograr mediante la reasignación de recursos a los hospitales con menos uso a los más altamente utilizados, dado a las limitaciones del presupuesto. Sin embargo, la expansión y el aumento en el acceso a servicios de salud se requerirán inversiones de plantas. Finalmente se sugiere la metodología DEA como medio para la planificación de servicios de salud.

- **Odeck, J. (2005). Evaluating Target Achievements In The Public Sector: An Application Of A Rare Non-Parametric DEA And Malmquist Indices. Journal Of Applied Economics, 8(1), 171-190.**

En el presente documento el autor proporciona una evaluación de los objetivos fijados por las autoridades públicas, mediante sus unidades operativas. El autor

utiliza la DEA y posteriormente Malmquist. Los índices se aplicaron a los datos de 19 unidades durante un período de cuatro años, de 1996 a 1999. El resultado de los índices de eficiencia demuestra que los objetivos de eficiencia logrados a través de los años de la muestra, son moderados ubicándose en el intervalo de 0,81 a 0,93. Además el progreso de la productividad media de la muestra a través de los años ha sido del 26 por ciento. Finalmente el autor resalta que los resultados ilustran la utilidad de la DEA incluso cuando no hay insumos y, el índice de Malmquist para descomponer la productividad es un activo para la exploración de las causas del crecimiento de la productividad.

- **Pombo, C. & Taborda, R. (2006). Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: Effects of the 1994 reform. Energy Economics, 28(3), 339–369**

Los autores evaluaron la evolución en el rendimiento, la eficiencia y la productividad de los servicios públicos de distribución de energía de Colombia, antes y después de la reforma normativa del 1994, que introdujo las actividades del mercado de la electricidad para el sector energético en 12 empresas de distribución de 1985 a 2001. La metodología empleada se centró en evaluar los cambios de contraste en la media y la mediana de la suma de rangos de Wilcoxon y pruebas de Pearson en los indicadores de desempeño financiero y de otro tipo. La eficiencia técnica es medida por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA), y la estimación del índice de productividad de Malmquist y su evolución en el tiempo.

Los resultados de la investigación mostraron que una recuperación después de la reforma de los principales indicadores de desempeño como la rentabilidad, la productividad parcial de entrada y salida. La eficiencia y la productividad de las plantas aumentaron después de la reforma, y según el método, sobre todo en los servicios públicos más grandes se utilizan como puntos de referencia en las puntuaciones de las medidas de eficiencia DEA. Mientras tanto, las empresas de distribución de energía menos eficientes no mejoraron después de la reforma y no fueron capaces de llevar a cabo la reestructuración de la planta para ponerse al día en la eficiencia, con respecto a las asignaciones de entrada eficientes de Pareto. Finalmente los autores señalan que los resultados econométricos sobre los índices de eficiencia DEA sugieren un efecto positivo de la reforma política.

- **Garcia-Valinas, M. A., & Muniz, M. A. (2007). Is DEA Useful in the Regulation of Water Utilities? A Dynamic Efficiency Evaluation (a Dynamic Efficiency Evaluation of Water Utilities). Applied Economics, 39(1-3), 245-252.**

El objetivo de esta investigación era contribuir a la mejora de la distribución del agua mediante el estudio de la proceso productivo, centrándose en analizar los posibles ahorros en los costos correspondientes a la etapa final de distribución de agua, con el fin de aplicarse a la regulación de precios en este sector, e introducir incentivos para conseguir mejoras en la productividad. Para este propósito, se dispuso de datos sobre algunos servicios de agua españoles bajo diferentes sistemas de provisión, durante el período de 1985 a 2000. Para ello se implementó el Análisis Envolvente de Datos (DEA), por el que se estimó un ahorro potencial de costos en este contexto.

- **Pulina, M., Detotto, C., Paba, A. (2010). An investigation in to the relationship between size and efficiency of the Italian hospitality sector: A window DEA approach. European Journal of Operational Research, 204(3), 613-620.**

En el trabajo se analiza la eficiencia de los hoteles en todas las 20 regiones de Italia por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA). Los resultados empíricos indican que Cerdeña puede considerarse como una región "Atrasada", mientras que algunas regiones del norte y centro de Italia, pueden ser considerados como "Avanzada". Se usó la isla de Cerdeña, como caso de estudio, aproximadamente 150 empresas se analizan en detalle en el lapso de tiempo 2002-2005. A través de la DEA, se calculan tanto la eficiencia como la escala técnica. Además realizan una comparación de la eficiencia entre hoteles clasificados por tamaño y municipio. Por último, las implicaciones políticas son atraídas a partir de los resultados empíricos que aconsejan cómo mejorar los hoteles que alcanzaron puntajes bajos de eficiencia.

- **Varela, P., Martins, G., & Fávero, L. (2010). Production efficiency and financing of public health: an analysis of small municipalities in the state of São Paulo — Brazil. Health Care Management Science, 13(2), 1012-123.**

En esta investigación los autores midieron las variaciones en el rendimiento de los pequeños municipios en el Estado de São Paulo, Brasil, en cuanto a la eficiencia técnica en el uso de fondos públicos en las acciones de atención primaria de la salud pública sobre la reseña de la financiación, en un escenario

de federalismo fiscal. La eficiencia técnica como parámetro de evaluación del desempeño del sector público se midió por medio del Análisis Envolvente de Datos (DEA), además se utilizó el análisis de correlación de la puntuación DEA para verificar posibles asociaciones entre la eficiencia técnica y el perfil de la financiación de los gastos con la salud. Los resultados mostraron que el 6,41% de los municipios se consideran eficientes. También mostraron que el nivel municipal de la dependencia de las subvenciones para fines generales e intergubernamentales y los fondos de donaciones para fines específicos nacionales de salud, tienen una correlación negativa con los índices de eficiencia.

- **Gómez, D. (2010). Eficiencia de la industria del agua potable en Colombia: Una aproximación a partir del Análisis Envolvente de Datos con factores ambientales (Economía aplicada). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.**

Este trabajo de investigación plantea como objetivo principal estimar los índices de eficiencia técnica de un conjunto de empresas de agua potable y alcantarillado, teniendo en cuenta la influencia en el nivel de eficiencia de algunas variables ambientales; para lograrlo utilizó datos de panel conformado por una muestra de 78 empresas que prestan los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia entre 2003-2008. El método de la investigación se desarrolló en tres etapas. En la primera parte se estiman los índices de eficiencia utilizando Análisis Envolvente de Datos (DEA). En segundo lugar se realiza un análisis de regresión para determinar el papel de los factores ambientales de la ineficiencia técnica relativa de las unidades productivas. Finalmente se calculó el índice de cambio de la productividad total de los factores de Malmquist.

Los resultados indicaron que existe un grado significativo de ineficiencia en la industria. Parte de la ineficiencia productiva está afectada para variables como región, calidad del agua y cantidad de pueblos operados por una misma empresa. Así mismo hace recomendaciones mencionando lo importante en el avance de este tipo de estudio, para alcanzar una mayor identificación de las características de las empresas que son más eficientes en relación con las que tienen los índices más bajos, para generar mecanismos de política que permitan alcanzar mayores niveles de eficiencia en toda la industria y poder solucionar en parte, los problemas de calidad y acceso que aquejan a una parte importante del sector.

- **Ferro, G., Lentini, E., & Romero, C. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 385, 58.**

Este documento aborda cómo la profesión económica ha hecho frente en forma práctica al problema de medición y evaluación de la eficiencia en empresas prestadoras de servicios públicos, en especial los de agua potable y alcantarillado, enfatizando en: qué se hace, cómo se hace, cuál es la experiencia a la fecha, qué mejores prácticas se registran, qué problemas concretos aparecen y cómo se les resuelve en la práctica y para qué se pueden utilizar los resultados. Para ello se explica de forma didáctica y aplicada a la teoría y a la práctica, la utilidad y el potencial de las técnicas para la medición del desempeño comparativo de eficiencia desde varias perspectivas como la eficiencia en términos físicos y la eficiencia económica y financiera, indicadores de productividad parcial y costos medios, análisis envolvente de datos (DEA) y estimaciones econométricas de fronteras de eficiencia.

A manera de conclusión el estudio pone de manifiesto la necesidad de que exista un mecanismo coordinado de recolección y selección de datos, que unifique y homogenice las fuentes de información disponibles de modo tal que mejore la calidad de la misma, con fines no solo analíticos si no regulatorias para hacer frente a la asimetría informativa entre regulador y regulado.

- **Abbott, M., Cohen, B., & Chun Wang W. (2012). The performance of the urban water and wastewater sectors in Australia. Utilities Policy, 20 (1), 52–63.**

Los autores abordan la reforma estructural que se ha producido en los sectores de agua y saneamiento de las principales zonas urbanas de Australia durante las últimas dos décadas. Esta reforma ha supuesto la mercantilización de los bienes públicos y una cierta separación vertical y horizontal. El trabajo analiza el rendimiento de estos sectores a mediados de 1990. En particular, se utiliza el Índice de Malmquist y Análisis Envolvente de Datos (DEA) para determinar los diferentes niveles de mejora de la productividad y la eficiencia en este período. Los resultados del estudio apuntan a que existe una modesta ganancia de productividad en los centros urbanos más grandes, independientemente de la estructura del sector. Además, se pone en consideración la necesidad de tener en cuenta los factores exógenos que pueden influir en los resultados de

productividad como el monopolio del sector y la disponibilidad de fuentes de agua.

- **Maza, F., Vergara, J., & Navarro, J. (2012). Eficiencia de la inversión en el régimen subsidiado en salud en Bolívar - Colombia. Investigaciones ANDINA, 14(24), 386-400.**

El artículo realiza un análisis de eficiencia de los municipios de Bolívar (Colombia), con relación a la afiliación de personas al Régimen Subsidiado en Salud durante el periodo 2007 – 2008. La metodología utilizada en la investigación fue el Análisis Envolvente de Datos a los 45 municipios del departamento de Bolívar (Colombia), a partir de la información suministrada sobre el número de afiliados, total de recursos asignados y gastos ejecutados. Finalmente el resultado de la investigación mostró que: menos del 25% de los municipios bolivarenses se encuentran en la frontera de eficiencia, por lo tanto, según los autores, los recursos destinados para la atención en salud no han sido utilizados de forma correcta con relación a las labores de focalización de los grupos poblacionales más vulnerables, así como para el aseguramiento y seguimiento a dicho régimen por parte de estos municipios, lo que trae consigo deficiencias en la afiliación de un mayor número de personas.

- **Falagario, M., Sciancalepore, F., Costantino, N., & Pietroforte, R. (2012). Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. European Journal of Operational Research, 218 (2), 523–529.**

El documento aborda el tema de la selección de proveedores en la contratación pública. De acuerdo con las directivas europeas, cuando las licitaciones se adjudican a través de la “Most Economically Advantageous Tender”(MEAT), el comité de adjudicación tiene que decidir los criterios de evaluación de las ofertas presentadas para avanzar. Los autores proponen una herramienta de toma de decisión que tiene como objetivo ayudar al comité de adjudicación y al mismo tiempo, mantener un procedimiento transparente, de conformidad con gubernamental normas de contratación, así como garantizar la evaluación justa y equitativa de todas las ofertas. El problema de decisión de selección de proveedores se dirige mediante la aplicación de una extensión de la metodología DEA (Data Envelopment Analysis). La evaluación transversal eficiencia se utiliza para seleccionar el mejor proveedor de entre los candidatos elegibles.

Los resultados indicaron que a diferencia del método de selección MEAT, el enfoque presentado puede clasificar a los licitadores sin la necesidad de juicios subjetivos, con un aumento importante de la transparencia. Además, el enfoque tiene en cuenta la distinción entre los recursos requeridos y los beneficios generados (teniendo en cuenta el ratio) como criterio de hacer una oferta. Con estas características, el procedimiento propuesto aborda positivamente algunos de las limitaciones que son típicos de los otros métodos para la selección de proveedores.

- **Maza, F., Navarro, J., & Puello, J. (2012). ¿Fue eficiente la asignación de recursos en el suministro de agua potable en el departamento de Bolívar - Colombia en el periodo 2007-2008? revista entramado, 8(1), 58-70.**

Este artículo analiza la eficiencia de los municipios del departamento de Bolívar en el suministro de agua potable a sus habitantes en el periodo 2007-2008, por medio de la implementación del Análisis Envolvente de Datos (DEA) a partir de información reportada por estos al Departamento Nacional de Planeación. Los resultados obtenidos permitieron realizar una comparación de los cambios de eficiencia así como de las mejoras potenciales entre ambos años de estudios; concluyendo que el desempeño a nivel municipios ha sido insuficiente en la asignación de recursos destinados a lograr la eficiencia en los servicios mencionados, siendo entonces el 20% de los 45 municipios que hacen parte del departamento en estudios los únicos que alcanzan tal nivel. Lo que deja evidencia la necesidad optimizar el aprovechamiento de los recursos destinados para tal fin.

- **Rosano-Peña, C., Albuquerque, P., & Daher, C. (2012). Dinâmica da Produtividade e Eficiência dos Gastos na Educação dos Municípios Goianos. (Portuguese). RAC - Revista De Administração Contemporânea, 16(6), 845-865.**

El artículo escrito por Rosano-Peña, Albuquerque y Daher trata de evaluar la evolución de la productividad y la eficiencia del gasto en educación para los municipios de Goiás, en los años 2005, 2007 y 2009 a través del Índice de Productividad Malmquist combinado con el método de análisis envolvente de datos (DEA) y la técnica de las cadenas de Markov. Los resultados ponen en manifiesto los avances en los niveles de productividad y de sus causas: las variaciones en la eficiencia productiva y el cambio tecnológico. Ellos también muestran que si la red la educación sigue las dinámicas que se presentan en el

período analizado, el número de estados iniciales de la eficiencia debería mantenerse. La tendencia no forma clases cerradas, todos los estados son accesibles y comunican. Las deducciones mostraron que el método podría ser una alternativa interesante para evaluar el comportamiento dinámico de las finanzas públicas y de apoyo a las decisiones.

- **Sala-Garrido, R., Hernández-Sancho, F., & Molinos-Senante, M. (2012). Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach *Environmental Science & Policy*, 18, 34–44.**

El incremento del número de plantas de tratamiento de aguas residuales, WWTPS por sus siglas en inglés, ha vuelto más relevante el estudio de la economía asociada con su gestión. La evaluación de la eficiencia es una herramienta útil para la reducción de costes, por lo que los autores consideran que el Análisis Envolvente de Datos (DEA) es una técnica muy adecuada para su cálculo, ya que en su enfoque holístico el rendimiento de indicadores agregados en un solo índice. Sin embargo, uno de las críticas más comunes de los modelos DEA es que no se proporciona información sobre las estimaciones de incertidumbre. Para superar esta limitación, se evaluó la eficiencia mediante el uso de un modelo de la DEA con tolerancias estadísticas para las entradas y salidas. Este modelo se aplica a una muestra de las WWTPS españolas.

Los resultados de la investigación muestran que los índices de eficiencia WWTPS cambian cuando se incorporan las modificaciones de datos. Además, que se comprueba que no todos los WWTPS tienen la misma sensibilidad con respecto a los cambios en los insumos y salidas. Esta aplicación empírica ilustra que la combinación de la DEA modelo con las evaluaciones de la incertidumbre proporciona resultados más robustos, lo que más fiable conclusiones que la DEA tradicional. Los autores resaltan que desde una perspectiva política, la incorporación de la incertidumbre en el modelo DEA con tolerancias permite que el rendimiento futuro de las WWTPS permita ser predicho y calificado, lo que demuestra la utilidad de este enfoque.

- **Worthington, A. C. (2010). A review of frontier approaches to efficiency and productivity measurement in urban water utilities (*Discussion Papers in Economics No. economics: 2010*). Griffith University, Department of Accounting, Finance and Economics.**

Este documento ofrece una visión sinóptica de los análisis empíricos relativamente pocos de fronteras eficiencia y la medición de la productividad en los servicios de agua urbanos en Australia, Reino Unido, España, EE.UU., México, Brasil, Canadá, Alemania, Italia, Malasia, Eslovenia entre otros. Tanto la estimación y técnicas de medición y los determinantes estructurales no discrecionales y reglamentarios de la eficiencia y la productividad son examinados. El autor aborda los estudios logrando identificar diferentes metodologías empleadas estando el Análisis Envolvente de Datos (DEA), Análisis de Frontera Estocástica (SFA), Índices de Malmquist (IM).

Finalmente el artículo concluye que existe una cantidad pequeña pero en aumento de trabajos utilizando técnicas de frontera de eficiencia se ha dirigido a los servicios de agua urbanos, principalmente en el Reino Unido, pero también en Australia, EE.UU., España y otros países. El conjunto de trabajos de reconocimiento, de este artículo ha proporcionado por lo menos algunas ideas útiles sobre la eficiencia de este importante sector y cómo estas herramientas funcionan en entornos cada vez más desregulados y exigente.

- **Kulshrestha, M., & Vishwakarma, A. (2013). Efficiency evaluation of urban water supply services in an Indian state. *Water Policy*, 15, 134-152.**

Los servicios de agua de los órganos locales urbanos o municipales son en su mayoría percibidos como insatisfactorios y el sector es ampliamente percibido como mal gobernado con gran número pérdidas financieras. Por lo anterior este documento intenta desarrollar un marco para evaluar las deficiencias relativas de los servicios de abastecimiento de agua y se aplica un enfoque no paramétrico, el análisis envolvente de datos (DEA), a 20 centros urbanos en el estado de Madhya Pradesh en la India, mediante la aplicación de tres modelos diferentes. Los resultados del análisis indican que existen deficiencias significativas entre los distintos municipios que abastecen de agua. El autor encontró que las grandes ciudades presentan una mejor eficiencia que los más pequeños, que requieren intervenciones políticas. Sin embargo, incluso los municipios más grandes necesitan reestructuración y reducción de sus operaciones para ser más eficientes. Efectuando el análisis de los resultados del estudio en el contexto de las políticas relevantes de los países en desarrollo.

- **Sav, G. (2013). Four-Stage DEA Efficiency Evaluations: Financial Reforms in Public University Funding. *International Journal Of Economics And Finance*, 5(1), 24-33.**

El artículo aborda las reformas financieras de la educación superior pública de EE.UU. utilizando fórmulas de financiación apoyadas en modelos basados en el desempeño, en parte, por las tasas de graduación. Sin embargo, el autor sostiene que no se tienen en cuenta las limitaciones de recursos internos y la eficiencia de gestión asociados a producción. Por otra parte, las tasas de graduación se ven afectadas por factores externos fuera del control de la universidad. Por lo tanto el artículo se ocupa de estas cuestiones y utiliza un análisis envolvente de datos de cuatro etapas (DEA) para evaluar el rendimiento de la tasa de graduación universitaria. Los resultados indicaron que mientras que las universidades son favorablemente eficientes de acuerdo a estimaciones de una sola etapa, las ganancias de eficiencia adicionales de cerca de tres puntos porcentuales se presentan después de la contabilidad de los efectos ambientales externos. El número de universidades eficientes se encuentra a más de doble, lo que indica cambios significativos en el ranking de eficiencia de las universidades.

## **0.5.2 Marco teórico**

Es menester precisar conceptos de eficiencia y productividad así como en los diferentes medios existentes para cuantificarlas.

### **0.5.2.1 La noción de eficiencia**

El concepto de eficiencia más conocido, tal vez, sea el óptimo de Pareto, este establece que si se puede encontrar una forma de mejorar el bienestar de alguna persona sin empeorar el de ninguna otra, se tiene una mejora en el sentido de Pareto, sin embargo si puede ser mejorable en el sentido de Pareto, esta asignación se denomina ineficiente en el sentido de Pareto; si no puede ser mejorable en el sentido de Pareto, esta asignación se puede denominar eficiente en el sentido de Pareto (Varian, Rabasco, & Toharia, 2003), es decir, una asignación de recursos es preferida sobre otra si con esta no es posible modificarla para mejorar la situación de alguien sin empeorar la de otros. Fuentes (1987; citado por (Fuentes, 2002)) afirma que la existencia de este concepto garantiza el cumplimiento del término eficiencia productiva, eficiencia asignativa y eficiencia global. La primera se cumple cuando existen iguales relaciones marginales técnicas de sustitución entre los recursos empleados para generar los outputs. La segunda, cuando la relación marginal de sustitución entre los bienes son las mismas para todos los consumidores y, la tercera, necesita de la igualdad

entre las relaciones marginales de sustitución entre pares de bienes y su relación marginal de transformación para la totalidad de los individuos.

Para el caso de la eficiencia productiva, el uso racional de los recursos productivos lleva a las empresas a comportarse de forma optimizadora, y por lo tanto eficiente. Para que una empresa sea eficiente debe cumplir con la optimización del beneficio condicionada a alcanzar el punto en el que un incremento adicional de la producción no altera los beneficios, es decir cuando el ingreso marginal y el coste marginal son iguales (Pindyck & Rubinfeld, 1998). Lo anterior indica que la empresa, situada en un nivel de producción óptimo, tomará aquella combinación de factores que minimizan el coste de producción, y utilizará cantidades de factor variable hasta cuando el ingreso del producto marginal sea igual al precio del factor (Pindyck & Rubinfeld, 1998). Además la empresa debe producir con una cantidad mínima de insumos posibles, eso ocurre cuando la misma se encuentra en el punto mínimo de la relación marginal de sustitución técnica (Nicholson, 2004).

Dadas las anteriores condiciones, puede concluirse que existen tres tipos de eficiencia productiva, la eficiencia de escala que es cuando una empresa está produciendo en una escala de tamaño óptima, que le permite maximizar el beneficio. Una eficiencia asignativa que es la combinación de inputs en la producción que permite un mínimo coste. Y una eficiencia técnica que es la maximización del output con la combinación de input utilizada. Sin embargo realmente la empresa no podría ser eficiente, dado a que esa condición depende de varios factores, es decir la empresa puede cumplir la eficiencia de escala y la técnica pero no la asignativa u otra combinación de (in)eficiencia (Álvarez, 2001).

#### **0.5.2.1.1 Medición de la eficiencia.**

Dado la importancia de la función de producción para el concepto de eficiencia, es axiomático que se intente conocer, especialmente, que en ella se encuentra la relación técnica entre factores y producto. Santín (2009), explica que suele identificarse a Koopmans y fundamentalmente a Debreu, como los primeros autores en plantearse el problema de la construcción de una función de producción empírica basada en los datos observados, y medir la eficiencia de cada unidad productiva en relación con aquella. Debreu (1951, citado por (Santín, 2009) sugirió una medida consistente de eficiencia con su concepto de “coeficiente

de utilización del recurso”; de igual forma apuntó que una medida natural de la eficiencia productiva es la ratio del coste del nivel de inputs óptimo y observado.

Ratio del coste del nivel de inputs óptimo y observado

$$\frac{px^*}{px^0}$$

Donde  $p$  es el precio de los inputs utilizados en el proceso, junto  $x^*$  que es el nivel óptimo de inputs y  $x^0$  el nivel de inputs observado. Si bien la ventaja de este método es que es independiente de las cantidades y sus escalas dado que su valor se establece entre cero y uno siendo este último el más eficiente; como además mide indirectamente el coste de la ineficiencia productiva. El problema principal de este índice es que necesita un sistema intrínseco de precios que homogeneice las magnitudes de bienes comparadas, lo cual afectaría la posibilidad de calcular los índices de eficiencia en sectores en los que, como el público, habitualmente no operan con precios es difícil establecer a partir de datos empíricos el nivel óptimo de inputs (Fuentes, 2002).

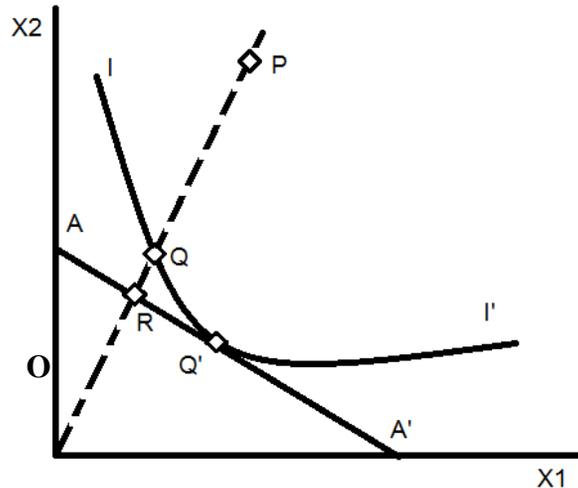
Por su parte Koopmans (1951, citado por (Fuentes, 2002)) fue más genérico al demarcar un principio de eficiencia más amplio, evitando así la limitación de la idea de eficiencia de Debreu. Partiendo de un modelo similar al input-output de Leontief, define a un punto eficiente como aquella combinación de producto neto, que siendo factible, posee la propiedad de que cualquier incremento en una de sus coordenadas puede ser lograda sólo a costa de disminuir al menos una de las restantes.

Si bien Debreu y Koopmans intentaron medir la eficiencia, sus postulados requerían que el investigador tuviere un conocimiento perfecto del mundo en que se desenvuelve la empresa para poder establecer un punto óptimo de comparación; no será hasta los trabajos de Farrell (1957) que se desarrolle un método para el cálculo empírico de estos índices basándose en la comparación entre empresas parecidas, intentando construir un marco de referencia llamado frontera, que es construida por aquellas mejores empresas y que se comparan de forma relativa con el resto de empresas determinando así su eficiencia.

El trabajo de Farrell contiene dos grandes aportaciones. Por un lado, desarrolla un método para el cálculo empírico de esos índices relativos de eficiencia y por otro, separa los componentes técnico y asignativo de la eficiencia (Álvarez, 2001). El

razonamiento de Farrell (1957) se sintetiza de forma geométrica a través del siguiente gráfico:

**Gráfico 1. Representación gráfica de la eficiencia relativa.**



Fuente: Tomado de Farrell, 1957.

En el gráfico anterior la curva II' es la isocuanta unitaria asumiendo la existencia de rendimientos a escala, de modo que representaría las distintas combinaciones eficientes de inputs para producir una unidad de output.

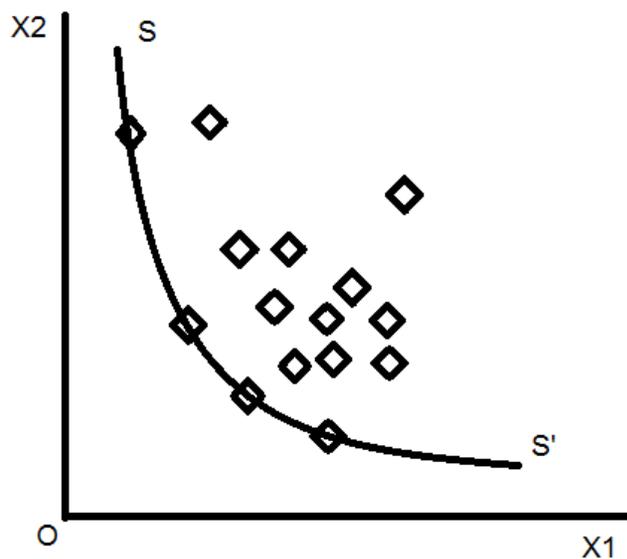
De este modo, Q será una combinación eficiente mientras que P no, pues emplea más insumos para lograr el mismo producto. En este sentido, la eficiencia de Q vendría dada por el ratio  $OQ/OP$ , por lo tanto  $1-OQ/OP$  mide la ineficiencia del punto P. Sin embargo no se han tenido en cuenta los precios de los factores, que se representan en la recta AA' y que su pendiente es la relación entre los precios de los recursos. En ese caso la asignación eficiente sería el punto Q' y no el punto R, debido a que si bien ambos puntos son eficientes técnicamente solo el punto Q' tiene la combinación de recursos con el mínimo coste posible. Finalmente Farrell (1957) definió la eficiencia global o económica como el tipo de eficiencia que presentaría una eficiencia técnica y asignativa es decir  $(OR/OP) = (OQ/OP) \cdot (OR/OQ)$ .

Además, Farrell (1957) estableció el modo de medición de la eficiencia y su interpretación geométrica para el caso de una función de producción no conocida. Este obtuvo una medida de eficiencia relativa bajo la hipótesis de convexidad de

las isocuantas, rendimientos constantes a escala y pendiente negativa de la isocuanta.

El gráfico 2 muestra la curva  $SS'$  que especifica el conjunto de observaciones a ser considerada eficientes, dado que representan diferentes combinaciones de factores utilizadas para generar una unidad de producto. Como se observa la isocuanta  $SS'$  estaría constituida por el conjunto de puntos más cercanos al origen y las combinaciones convexas entre ellos, puesto que cualquier vector de recursos fuera de la isocuanta emplearía más de al menos uno de los inputs para obtener la misma cantidad unitaria de outputs.

**Gráfico 2. Medición de la eficiencia para una función de producción no conocida.**



Fuente: Tomado de Farrell, 1927.

Para poder medir la eficiencia de un conjunto de unidades productivas es necesario conocer la función de producción o el conjunto de producción y la frontera de eficiencia. Para ello se han establecido dos grupos de métodos, los métodos paramétricos y los determinísticos. Los métodos paramétricos se caracterizan por especificar una forma funcional concreta para la frontera, estimando sus parámetros mediante programación matemática o técnicas econométricas. Para los determinísticos asumen que la distancia de la unidad analizada a la frontera es fruto de la ineficiencia e ignora cualquier efecto exógeno (Álvarez, 2001).

Debido a que la aproximación no paramétrica no necesita partir de una forma funcional concreta, la estimación de la frontera no estaría sesgada ni forzada, debido a que los índices de eficiencia son sensibles a las especificaciones de la forma funcional (Álvarez, 2001).

### **Análisis Envolvente de Datos (DEA)**

El Análisis Envolvente de Datos (DEA) por sus siglas en inglés, es una técnica de programación matemática que permite calcular el índice de eficiencia técnica relativa, resolviendo un programa lineal para cada unidad productiva (DMU por Decision Making Unit, en la literatura anglosajona), sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs. Inicialmente introducida por (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978) quienes le dieron el nombre de Data Envelopment Analysis. Fundamentalmente, este método sigue los conceptos básicos de Farrell (1957), sin embargo la principal diferencia radica en que Farrell no utiliza la programación matemática para el cálculo de la frontera, si no de forma algebraica, sin embargo, los resultados de ambas aproximaciones son equivalentes.

La ventaja del DEA es que no asume ninguna forma funcional acerca de la tecnología que relaciona factores productivos y los resultados, con supuestos poco restrictivos como convexidad, isotonicidad, libre disposición de inputs y outputs e imposición de rendimientos a escala. Además no requiere de entrada y salidas de los precios, algo de gran utilidad para el caso del sector público ante la dificultad o imposibilidad de conocer los niveles de precios de los factores y/o productos. Por otra parte, algunas debilidades de la técnica es que es muy sensible a la presencia de datos extremos, no permite ni el cálculo de elasticidades output-input ni predicciones de resultados, no es fácil trabajar con variables categóricas y su alta flexibilidad en las ponderaciones, puede llevar a no considerar en la evaluación de unidades productivas algunos de sus inputs y outputs (Santín, 2009).

La siguiente formalización del modelo se tomó de Maza, Navarro, et al. (2012). Asumiendo que hay  $n$  DMU a ser evaluadas, cada una de las cuales consumen  $m$  inputs diferentes para producir  $s$  outputs también diferentes. La DMU utiliza un monto  $X_j = x_{ij}$  inputs para  $i = 1, \dots, m$  y produce un monto de  $Y_j = y_{kj}$  productos siendo  $k = 1, \dots, s$ . La matriz  $s \times n$  de medida del producto es asignada por  $Y$ , y la

$m \times n$  la medida de los inputs se designan por  $X$ . Se asume además que  $x_{ij} \geq 0$  y  $y_{kj} \geq 0$ .

Matriz de inputs

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdot & \cdot & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdot & \cdot & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdot & \cdot & x_{mn} \end{pmatrix}$$

Matriz de outputs

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdot & \cdot & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdot & \cdot & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdot & \cdot & y_{mn} \end{pmatrix}$$

Al considerar la evaluación de eficiencia de una DMU cualquiera, la que se identificará como  $DMU_0$ , se construye el siguiente modelo a ser optimizado:

$$MAX \frac{\sum_{k=1}^s u_{k0} y_{k0}}{\sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0}}$$

s.a :

$$\frac{\sum_{k=1}^s u_{kj} y_{kj}}{\sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij}} \leq 1 \quad \forall j \tag{1}$$

$$u_{kj} \geq \varepsilon > 0 \quad \forall k, j$$

$$v_{ij} \geq \varepsilon > 0 \quad \forall i, j$$

Donde  $v_{ij}$  y  $u_{kj}$  son, respectivamente, los pesos correspondientes a cada entrada y cada salida;  $m$  el número total de entradas consideradas y  $s$  el número de salidas de la DMU;  $\varepsilon$  es un número infinitesimal (no arquimediano), que garantiza que ninguna DMU asignará valor cero como peso de algún input o output.

La primera restricción del modelo (1), conocido como forma ratio (Charnes et al., 1978), indica que la razón output virtual a input virtual no puede exceder la unidad para cada DMU, lo que está de acuerdo con el precepto económico de que los outputs generados no pueden ser mayores que el total de recursos que entran al proceso. Al linealizar dicho modelo, maximizando el numerador mientras el denominador se deja constante, se obtiene la siguiente estructura:

$$\begin{aligned}
 & MAX \quad \sum_{k=1}^s u_{k0} y_{k0} = h_0 \\
 & s.a : \\
 & \sum_{k=1}^s u_{kj} y_{kj} - \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq 0 \quad \forall j \\
 & \sum_{i=1}^m v_{i0} x_{i0} = 1 \\
 & v_{kj} \geq \varepsilon > 0 \quad \forall k, j \\
 & u_{ij} \geq \varepsilon > 0 \quad \forall i, j
 \end{aligned} \tag{2}$$

El modelo (2) se conoce como forma multiplicativa del modelo CCR-input; la optimización produce un conjunto de valores positivos o nulos  $u^*, v^*$ , que generan el  $h_0^* = 1$ , sólo si la DMU evaluada es eficiente. Sin embargo es más frecuente utilizar la forma dual de (2), conocida como la forma envolvente del modelo CCR-input, para analizar los resultados; el dual del modelo es:

$$\begin{aligned}
 & MIN \quad \theta_0 - \varepsilon \left[ \sum_{k=1}^s h_k^+ + \sum_{i=1}^m h_i^- \right] \tag{a} \\
 & s.a : \\
 & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{i0} \theta_0 - h_i^- \quad \forall i \tag{b} \\
 & \sum_{j=1}^n y_{kj} \lambda_j = y_{k0} + h_k^+ \quad \forall k \tag{c} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \tag{d} \\
 & \lambda_j, h_i^-, h_k^+ \geq 0 \quad \forall j, i, k \\
 & \theta_0 \text{ irrestricta}
 \end{aligned} \tag{3}$$

En este caso, las soluciones del modelo son:  $\theta_0, \lambda_j, h_i^-, h_k^+$ ; la variable  $h_k^+$  corresponde a los valores obtenidos para las holguras de los outputs y  $h_i^-$  representa las holguras de los inputs. Si la DMU alcanza un valor  $\theta_0 = 1$  y sus holguras son cero, la unidad es eficiente.

El modelo (3) es conocido ampliamente como DEA BCC (por las iniciales de sus desarrolladores Banker - Charnes - Cooper) orientado a los Inputs, El objetivo del modelo DEA BCC orientado a los inputs es minimizar el nivel de inputs de la DMU analizada ( $DMU_0$ ), manteniendo constante su nivel de outputs observados y asumiendo rendimientos de escala variables.

La función objetivo (a) del modelo (3) minimiza la proporción del nivel de inputs de la  $DMU_0$ , representada por la variable  $\theta_0$ , que puede ser usada para producir por lo menos el mismo nivel de outputs. La restricción (b) garantiza la reducción proporcional de los inputs hasta alcanzar la frontera eficiente. La restricción (c) impide que la DMU compuesta produzca menos outputs que la  $DMU_0$ . Finalmente, la restricción de convexidad (d) garantiza que las DMUs ineficientes sólo sean comparadas con DMUs que producen un nivel de outputs similar al de ellas (González & Sánchez, 2011).

### **0.5.2.2 Noción de productividad**

La productividad o producto medio de un factor, se define en la teoría microeconómica como el total de output producidas por cada unidad de factor empleado, sin embargo la utilización de la productividad como criterio de eficiencia está condicionada a que deba existir unicidad referente al coeficiente de tecnología, ya que de otra forma no se tendría en cuenta las posibilidades de sustitución entre inputs. Por lo anterior se cree más conveniente la utilización del concepto de productividad total de los factores (PTF), definida como el cociente de la suma ponderada de outputs y la suma ponderada de inputs (Álvarez, 2001)

Los antecedentes de la teoría de la productividad se remontan según la recopilación de (Martínez, 1998) a la obra de Quesnay *“Analyse de la formule arithmétique du Tableau Économique de la distribution des dépenses annuelles d'une Nation agricole”*, pionero del pensamiento económico, quien afirmó que la regla de conducta fundamental es lograr la mayor satisfacción con el menor gasto o fatiga. Posteriormente señala a Adams Smith que, en su obra *“Una investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones”*, trata los conceptos de

productividad cuando analiza las causas y repercusiones de la división del trabajo, donde resalta que la destreza de los trabajadores, el ahorro del tiempo debido a que no se cambia de actividad y a la invención de maquinaria, facilita y abrevia el trabajo. Por su parte, David Ricardo, en su obra *Principios de economía política y tributación*, en el marco de las ventajas comparativas y absolutas, relacionó la productividad con la competitividad de los países en el mercado internacional, a su vez, incorporó la idea de los rendimientos decrecientes en el uso de los factores. De igual forma, en otra línea de pensamiento Karl Marx en su obra *El Capital, tomo 1* define la productividad del trabajo como un incremento de la producción a partir del desarrollo de la capacidad productiva del trabajo sin variar el uso de la fuerza de trabajo, en tanto que la intensidad del trabajo es un aumento de la producción a partir de incrementar el tiempo de trabajo.

A finales del siglo XIX, diferentes autores profundizaron en términos teóricos el concepto de productividad y realizaron trabajos de medición a nivel nacional, en la industria manufacturera y en el sector servicios. Sin embargo, es en el siglo XX cuando un número importante de economistas desarrollan teórica y metodológicamente el concepto de productividad, así como realizaron ejercicios de medición incrementándose cuantitativa y cualitativamente la investigación en el área (Martínez, 1998).

A partir del trabajo pionero de Solow (1957), sobre la contabilidad del crecimiento, ha sido común medir el cambio en la productividad total de los factores PTF como una forma de buscar las causas del crecimiento. El real aporte del trabajo de Solow es describir una forma de separar las variaciones en el producto per cápita debidas al cambio técnico y la disponibilidad de capital per cápita. Por lo tanto para cualquier tipo de cambio en la función de producción, aceleraciones, desaceleraciones, las mejoras en la educación de la mano de obra y todo tipo de cosas van a aparecer como cambio técnico (Solow, 1957), es decir que todo lo que altera la relación entre los factores medidos y la producción medida, lo recoge la productividad total de los factores (Mankiw, 2001). Solow (1957), además, nombra como cambio técnico neutral al incremento de la producción a insumos dados, manteniendo la tasa marginal de sustitución constante, a través del tiempo.

Los autores Kendrick y Creamer (1961, citado por (Martínez, 1998)) que han trabajado extensamente la productividad, postularon que los cambios en la productividad de una empresa se obtienen midiendo y analizando los índices de productividad total junto con los de productividad parcial, afirmando que cada una de las medidas de productividad parcial es útil para indicar los ahorros logrados a

través del tiempo en cada uno de los insumos por unidad de producción. A su vez en el corto plazo, un incremento en la productividad total puede significar mejores tasas de utilización de la capacidad, hasta la tasa más eficiente. Por el contrario a largo plazo, los avances en la productividad total reflejarían, principalmente, un progreso tecnológico debido a la reducción de costos; la inversión en investigación y desarrollo, en educación y en capacitación de la fuerza de trabajo.

#### **0.5.2.2.1 Medición de la eficiencia productiva y el cambio técnico: el índice de Malmquist<sup>1</sup>**

El índice Malmquist mide el cambio en la productividad entre dos períodos (t y t+1) a partir del cálculo de funciones de distancia con respecto a esos dos períodos, utilizando como referencia la tecnología existente en uno de los dos. Este índice fue introducido a la literatura económica por Sten Malmquist (1953) en el contexto de la teoría del consumidor. Posteriormente Caves et. al. (1982) aplicaron este índice por primera vez a la medición de la productividad en contexto de funciones de producción. Más adelante, Fare, Grosskopf, Lindaren y Roos (1989) lo adaptaron al tema de la productividad en un contexto no paramétrico (DEA); aunque Fare, Grosskopf, Norris, & Zhang (1994) fueron quienes finalmente lo popularizaron.

Es una ventaja este índice dado que solamente se necesitan datos relativos a cantidades, no es necesario realizar supuestos sobre la forma funcional de la función de producción y permite descomponer la productividad total de los factores de una unidad productiva en el cambio debido a la mejora de la eficiencia técnica (y ésta a su vez en eficiencia pura y eficiencia de escala) y el debido al cambio técnico o progreso tecnológico. Es por ello que ha sido extensamente utilizado en el sector público (Santín, 2001).

Siguiendo la metodología propuesta por Fare et al. (1994), que permite descomponer el crecimiento de la productividad total de los factores (PTF) en dos componentes: cambios en la eficiencia técnica y en la tecnología a lo largo del tiempo. Esta estimación parte de la definición del índice de Malmquist basado en el output, en el que se supone que en cada período  $t=1, \dots, T$ , la tecnología en producción  $S^t$  modela la transformación de inputs,  $X^t \in \mathbb{R}_+^N$  en outputs,  $Y^t \in \mathbb{R}_+^M$ .

---

<sup>1</sup> Esta sección fue tomada de (Quesada, Vergara, & Maza, 2012)

$$S^t = \{(X^t, Y^t) : X^t \text{ puede producir } Y^t\}$$

Para elaborar el índice de Malmquist es preciso definir funciones de distancia con respecto a dos períodos diferentes. La función de distancia del output en t se especifica como:

$$D_0^t(X^t, Y^t) = \inf \{ \phi : (X^t, Y^t / \phi) \in S^t \} = \left( \sup \{ \phi : (X^t, \phi Y^t) \in S^t \} \right)^{-1} \quad (4)$$

Esta función se define como el recíproco de la máxima expansión proporcional del vector de output  $Y^t$ , dados los inputs  $X^t$ , y caracteriza completamente la tecnología. En particular,  $D_0^t(X^t, Y^t) \leq 1$  si y solo si  $(X^t, Y^t) \in S^t$ . Adicionalmente,  $D_0^t(X^t, Y^t) = 1$  si y solo si  $(X^t, Y^t)$  está en la frontera tecnológica. En la terminología de Farrell (1957) este último caso ocurre cuando la producción es técnicamente eficiente.

La función de distancia correspondiente a (4) mide el máximo cambio proporcional en outputs requerido para conseguir que  $(X^{t+1}, Y^{t+1})$  sea factible en relación con la tecnología en t. De forma similar, se puede definir la función de distancia que mida la máxima proporción de cambio en output necesaria para que la combinación  $(X^t, Y^t)$  sea factible con relación a la tecnología en t+1, que se denomina  $D_0^{t+1}(X^t, Y^t)$ . Así pues el índice de productividad en output de Malmquist se define como:

$$M^t = \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \quad (5)$$

En el que la tecnología en t es la tecnología de referencia. Alternativamente, es posible definir un índice de Malmquist basado en el período t+1:

$$M^{t+1} = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \quad (6)$$

La elección de una u otra tecnología de referencia resulta una cuestión relevante. Por este motivo, para resolver el problema que puede representar la consideración de una tecnología fija, Fare et al. (1994) definen el índice de Malmquist de cambio en productividad basado en el output como la media geométrica de los índices de Malmquist (5) y (6), especificados con anterioridad:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left[ \left( \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \right) \left( \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (7)$$

O, en forma equivalente:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \frac{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^t(X^t, Y^t)} \times \left[ \left( \frac{D_0^t(X^{t+1}, Y^{t+1})}{D_0^{t+1}(X^{t+1}, Y^{t+1})} \right) \left( \frac{D_0^t(X^t, Y^t)}{D_0^{t+1}(X^t, Y^t)} \right) \right]^{1/2} \quad (8)$$

La expresión (8) permite desagregar la evolución que sigue la productividad en dos componentes. El primero hace referencia al cambio en la eficiencia, cuyas mejoras se consideran evidencia de “catching-up”, es decir, de acercamiento de cada una de las DMU a la frontera eficiente, si es mayor que uno, la producción en el período s es más eficiente que la producción en el período t. Si es igual a uno, la distancia respecto a la frontera es la misma. Si es menor que uno, en el período t+1 la producción es menos eficiente que en t. Por su parte, el segundo componente indica cómo varía el cambio técnico, y por tanto, si el desplazamiento de la frontera eficiente hacia el input de cada DMU está generando una innovación en ésta última. Mejoras en el índice de Malmquist de cambio en productividad conducen a valores por encima de la unidad, al igual que sucede con cada uno de sus componentes.

### 0.5.3 Marco legal

En Colombia, según el artículo 365 de la Constitución Política de 1991, los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado, por lo que la prestación eficiente de estos debe ser asegurada. La importancia legal del agua potable para el Estado colombiano, se evidencia en el artículo 366 de la misma, el cual dicta:

“El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable.

Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.”

Es la ley quien fija las competencias y responsabilidades concernientes a la prestación de los servicios públicos, cobertura, financiación, entre otros aspectos, de los mismos; y son los municipios quienes directamente prestarán tales servicios, cuando posean las características técnicas y económicas necesarias. Los departamentos entonces cumplirán como apoyo y coordinadores de los municipios.

Procurando la distribución efectiva de los recursos desinados a la prestación de los servicios públicos, tales como educación, salud, agua potable y saneamiento básico, se crea el Sistema General de Participaciones (SGP), a través de la Ley 715 de 2001. Como apoyo a esta Ley, existen otras que unidas trabajan en pro de la ampliación de la cobertura, entre otros aspectos, del servicio de agua potable y saneamiento básico, las cuales establecen el régimen de los servicios públicos domiciliarios, Ley 142 de 1994 y establecen el programa para el uso eficiente y ahorro de agua, Ley 373 de 1997; así mismo el Decreto 3200 de 2008 dicta las normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento; estos planes son un conjunto de estrategias de planeación y coordinación que procuran la armonización integral de los recursos, así como la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico.

## **0.6 DISEÑO METODOLOGICO**

### **0.6.1 Tipo de investigación**

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relacionan dos o más variables (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006). Por lo tanto este estudio se clasifica como explicativo pues está dirigido a responder cuáles son los determinantes de los niveles de eficiencia y los cambios en la productividad de los recursos invertidos para la cobertura de agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar, a través de herramientas de

origen no paramétrico que permitirán analizar la eficiencia relativa de los distintos municipios del departamento en lo que servicio de agua potable y saneamiento básico se refiere.

## 0.6.2 Definición y operacionalización de las variables

### 0.6.2.1 Sistema de variables

En el siguiente trabajo investigativo se utilizarán como variables independientes o insumo la inversión pública, continuidad del servicio de agua potable y la infraestructura.

La variable que se tomará como independiente o el producto es la cobertura de agua potable y saneamiento básico.

### 0.6.2.2 Operacionalización de las variables

Tabla 1. Sistema de variables.

VARIABLES	INDICADORES	FUENTES
<b>Inversión pública</b>	Recursos invertidos en agua potable y saneamiento básico	Sistema de Captura de Ejecución Presupuestal municipal –SICEP-
<b>Cobertura de agua potable</b>	Nº de usuarios del servicio de acueducto	
	Metros cúbicos de agua producida	
<b>Continuidad del servicio de agua potable</b>	Nº de horas de prestación del servicio de agua potable (promedio)	

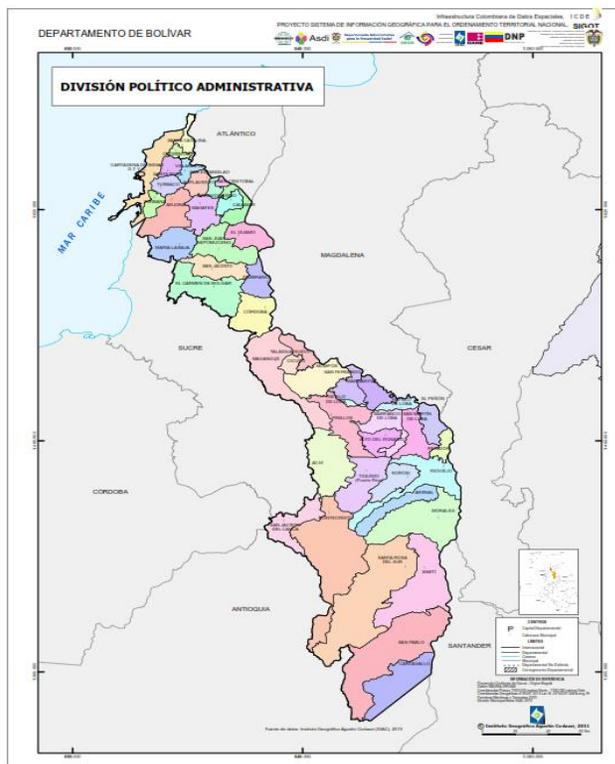
Fuente: elaboración de los autores con base al DNP.

# 1 CONTEXTUALIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

## 1.1 GENERALIDADES

En la región Caribe de Colombia, entre los meridianos 07°00'03" y los 10°48'37" de latitud y los 73°45'15" y los 75°42'18" de longitud al oeste, se encuentra el departamento de Bolívar. Al norte, el departamento limita con el Mar Caribe y la República de Jamaica; al oriente sus fronteras son el departamento del Atlántico, Magdalena, Cesar y Santander; sus fronteras por el occidente son el departamento de Sucre, Córdoba y Antioquia; este último departamento también es su frontera en el sur. Con una extensión de 26.392 Km<sup>2</sup>, Bolívar se convierte en el séptimo departamento más grande del país, ocupando el 2,3% del territorio nacional, además, es el departamento de mayor tamaño de la macroregión del Caribe Colombiano al ocupar el 20% de la misma (Gobernación de Bolívar, 2013).

Mapa 1. Localización geográfica y división política del Departamento de Bolívar- Colombia



Fuente: Gobernación de Bolívar

El departamento de Bolívar se divide en 45 municipios y 1 distrito turístico y cultural; éstos se reagrupan según su diversidad geográfica, económica, social y cultura en seis Zonas Especiales de Desarrollo Económico y Social (ZODES) (ver Tabla 2), con el objetivo de lograr una adecuada articulación territorial de la población y de los distintos sectores productivos, así como una coordinación y planeación que garantizara su crecimiento y desarrollo (Maza, Vergara, Herrera, Agámez, & Mejía, 2012).

**Tabla 2. Zonas Especiales de Desarrollo Económico y Social (ZODES).**

ZODES	MUNICIPIOS	CUALIDADES
<b>MONTES DE MARIA</b>	María la Baja San Juan Nepomuceno El Guamo San Jacinto El Carmen de Bolívar Zambrano Córdoba	Región con distrito de riego, suelos fértiles, vacación agroindustrial, ganadera, forestal y artesanal, posee una cultura agroexportadora.
<b>MOJANA</b>	Magangue Pinillos Tiquicio Achí Montecristo San Jacinto del Cauca	Región con gran dotación de recursos naturales y biodiversidad, posee vocación minera y agropecuaria y un gran potencial acuícola.
<b>DEPRESION MONPOSINA</b>	Cicuco Talaigua Nuevo Mompox San Fernando Margarita Hatillo de Loba	Región con excelentes suelos, vocación ganadera y artesanal con un gran potencial turístico, orfebrería y ebanistería.
<b>LOBA</b>	Altos del Rosario Baranco de Loba San Martin de Loba El Peñon Regidor Rioviejo Norosi	Región con vocación agropecuaria y minera, posee gran potencial para desarrollar importantes proyectos mineros auríferos y agroindustriales (palma, cacao).

ZODES	MUNICIPIOS	CUALIDADES
<b>MAGDALENA MEDIO</b>	Arenal Cantagallo Morales San pablo Santa Rosa del Sur Simití	Región rica en dotación de recursos naturales y biodiversidad, con vocación agropecuaria, minera, presenta un gran potencial agro exportador y minero aurífero.
<b>DIQUE</b>	Cartagena Turbaco Arjona Calamar Arroyo Hondo Clemencia Mahates San Cristobal San Estanislao de Kostka Santa Catalina Santa Rosa de Lima Turbana Villanueva Soplaviento	Región de soporte y despensa agropecuaria de Cartagena y Barranquilla, tiene un potencial marítimo y acuícola.

Fuente: Gobernación de Bolívar.

## 1.2 ASPECTOS FÍSICOS

Según la Gobernación de Bolívar (2012), los principales aspectos físico-ambientales del departamento de Bolívar, en su morfología se evidencian paisajes como montañas, lomerío, piedemonte, valle y planicie. El departamento cuenta con elevaciones de tierra, entre las más importantes son la Serranía de San Jacinto o Montes de María y la Serranía de San Lucas; además de sabanas, como Arbolada, de pajonal y de Matorrales; y áreas de manglares. En términos generales, Bolívar, es una llanura rodeada de dos cordilleras (Occidental y Central) las cuales regulan el clima y la hidrografía del departamento. En este último elemento, su hidrografía, el ente territorial cuenta con dos cuencas hidrográficas principales:

- La cuenca del río Cauca: ubicada en el suroccidente del departamento, drena las aguas de la vertiente occidental de la serranía de San Lucas, a través del río Tigüi y el río Caribona. Esta cuenca termina en la afluencia del río Cauca con el brazo de Loba, difluente principal del río Magdalena.
- La cuenca del río Magdalena: consta de 4 sectores:
  - Vertiente oriental de la serranía de San Lucas: sus principales corrientes son los ríos Tamar y Cimitarra.
  - Depresión Momposina: las aguas de los brazos del río Magdalena: Loba, Mompóx, Chicagua y Violo, unidos a los ríos Cauca y San Jorge forman un sistema extenso de ciénagas.
  - Vertiente oriental de la Serranía de San Jacinto: se destacan los arroyos Mancomoján, Alférez, Grande y Guamo.
  - Canal del Dique: deposita parte de las aguas del río Magdalena, sus principales afluentes son los arroyos de Malagana, Caimán, Matuya y Grande.

### 1.3 ORGANIZACIÓN JURÍDICA

La Constitución Política Colombiana (CPC) establece, en su artículo N° 1, que Colombia: *“es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista...”*. Posteriormente en concordancia con las cualidades descritas de descentralización y autonomía territorial, en el *Titulo XI. De la Organización Territorial*, la CPC define como entidades territoriales a los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas. Así mismo, establece que dichas entidades territoriales gozan, dentro de los límites constitucionales y legales, de autonomía para la gestión de sus intereses, es decir, podrán gobernarse por autoridades propias; ejercer las competencias que les correspondan; administrar los recursos y establecer los tributos necesarios para el cumplimiento de sus funciones; participar en las rentas nacionales, entre otros (Maza, 2012).

El régimen político, administrativo y fiscal municipal de Colombia, Ley 136 de 1994, define a los municipios como *“la entidad territorial fundamental de la división político - administrativa del Estado, con autonomía política, fiscal y administrativa,*

dentro de los límites que le señalen la Constitución y la ley colombiana y cuya finalidad es el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población en su respectivo territorio”. Esta misma ley categoriza a los municipios en seis escalafones, basados en el número de habitantes e ingresos corrientes de libre destinación. Así mismo, crea una categoría “especial”, que agrupa a aquellos municipios que albergan una población superior a los 500 mil habitantes y poseen ingresos de libre destinación por encima de los 400.000 s.m.m.l.v. (salarios mínimos mensuales legales vigentes) (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Esquema para la categorización de los municipios de Colombia.**

<b>CATEGORÍA</b>	<b>POBLACIÓN (Hab.)</b>	<b>INGRESOS DE LIBRE DESTINACIÓN (s.m.m.l.v.)</b>	<b>INPORTANCIA ECONOMICA</b>
<b>ESPECIAL</b>	Más de 500.000	Más de 400.000	Uno
<b>PRIMERA</b>	Entre 100.001 y 500.000	Más de 100.000 y hasta 400.000	Dos
<b>SEGUNDA</b>	Entre 50.001 y 100.000	Más de 50.000 y hasta 100.000	Tres
<b>TERCERA</b>	Entre 30.001 y 50.000	Más de 30.000 y hasta 50.000	Cuatro
<b>CUARTA</b>	Entre 20.001 y 30.000	Más de 25.000 y hasta 30.000	Cinco
<b>QUINTA</b>	Entre 10.001 y 20.000	Más de 15.000 y hasta 25.000	Seis
<b>SEXTA</b>	Hasta 10.000	Hasta 15.000	Siete

Fuente: Elaboración de los autores con base Maza, (2012).

La Constitución Política Colombiana establece que, en cuanto a la estructura administrativa, cada municipio contará con alcalde, que hará las veces de jefe de la administración local y de representante legal, y que será elegido popularmente para períodos de cuatro años, no reelegible para el período siguiente. Así mismo, establece que cada municipio contará con un “Concejo Municipal”, cuyos miembros también serán elegidos popularmente para períodos de cuatro años, e integrado por no menos de siete, ni más de veintiún miembros según lo determine la ley, de acuerdo con la población respectiva. Los Concejos tienen la potestad de emitir Acuerdos de obligatorio cumplimiento en su jurisdicción territorial. De igual forma, se regulan por los reglamentos internos del mismo, en el marco de la Constitución y demás leyes. Su equivalente a nivel departamental es la Asamblea.

Entre sus funciones se encuentra la aprobación de los proyectos de los alcaldes y la realización del respectivo control político.

La Ley 1454 de 2011, “*Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones*” establece que, entre otras, las competencias en materia de ordenamiento del territorio de un municipio son:

- Formular y adoptar los planes de ordenamiento del territorio
- Reglamentar de manera específica los usos del suelo, en las áreas urbanas, de expansión y rurales, de acuerdo con las leyes
- Optimizar los usos de las tierras disponibles y coordinar los planes sectoriales, en armonía con las políticas nacionales y los planes departamentales y metropolitanos<sup>2</sup>.

En cuanto al endeudamiento y ajuste fiscal municipal se refiere, la Ley 617 del 2000 establece que, durante cada vigencia fiscal, los gastos de funcionamiento de los departamentos no podrán superar, como proporción de sus ingresos corrientes de libre destinación, los siguientes límites:

**Tabla 4. Valor máximo de los gastos de funcionamiento de los distritos y municipios, según categorización municipal en Colombia.**

<b>CATEGORIA</b>	<b>LIMITE AL ENDEUDAMIENTO (%)</b>
<b>ESPECIAL</b>	50
<b>PRIMERA</b>	65
<b>SEGUNDA Y TERCERA</b>	70
<b>CUARTA, QUINTA Y SEXTA</b>	80

Fuente: Tomado de Maza, 2012.

Como una forma de apoyar el proceso de descentralización que ha llevado Colombia entre sus departamentos y municipios, con la finalidad de corregir los

---

<sup>2</sup> La Constitución Política Colombiana establece que todos los entes territoriales deben adoptar de manera concertada entre ellas y el gobierno nacional, una vez posesionado el mandatario elegido popularmente, un plan de desarrollo que contiene el programa de gobierno que se desarrollará en los cuatro años de elección, es decir, los programas, subprogramas, proyectos y metas por alcanzar, con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la ley.

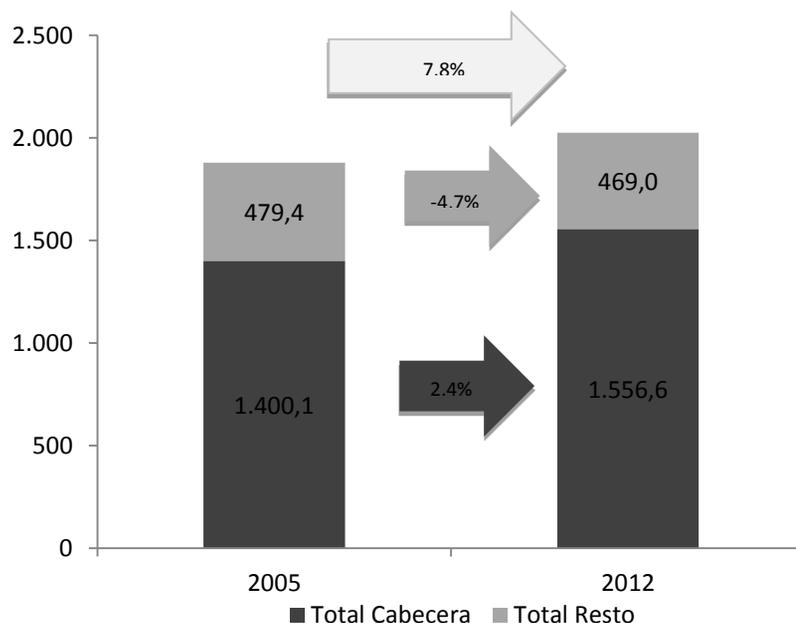
desequilibrios financieros a nivel municipal y departamental, la Ley 715 de 2001 *“Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros”* se ampara en el Sistema General de Participaciones- SGP, mecanismo creado mediante la Ley 715 de 2001, normativa para el manejo de los recursos de transferencia a las entidades territoriales destinadas a educación, salud y agua potable y saneamiento básico.

Como mecanismo para ejercer control social a las acciones municipales, La ley 715 de 2001 también prescribe que las Secretarías de Planeación de cada departamento, o quien haga sus veces, deben hacer una evaluación periódica de la gestión y la eficiencia en la asignación presupuestaria, con indicadores de resultado y de impacto de la actividad local en materia. Varios son los momentos de evaluación del desempeño que, en virtud de la Ley 715 de 2001, se han establecido: evaluación de la eficacia municipal, evaluación de la eficiencia, evaluación de la gestión, evaluación de requisitos legales y evaluación del entorno.

#### **1.4 DEMOGRAFÍA**

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) el departamento de Bolívar para el año 2012 disponía de una población de 2.025.573 habitantes, un 7,8% más de habitantes que los registrados en el censo 2005. La descripción demográfica del departamento expone que para dicho año, la concentración de bolivarenses ubicados en zonas urbanas era de un 76,8%, dejando el 30,1% restante de la población localizada en zonas rurales. Si se contrasta esta información con la población del 2005 se observa que la población del departamento que se encuentra en la zonas urbanas creció un 2.4%. Sin embargo, en las zonas rurales tuvo un decrecimiento poblacional de 4.7% (ver gráfico 3)

**Gráfico 3. Población urbana y rural en el departamento de Bolívar. Comparativo 2005 - 2012.**

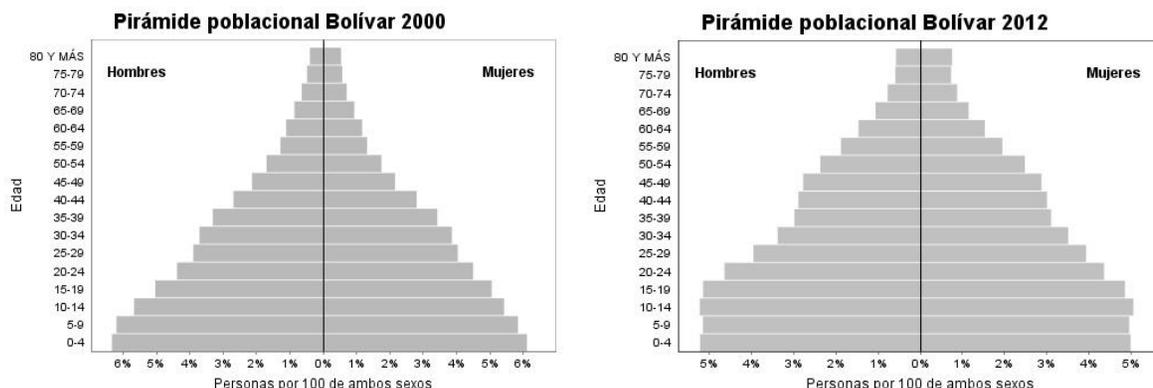


**Fuente: DANE – Elaboración de los autores.**

Según los datos de las proyecciones poblacionales del DANE para el año 2012, la ZODES Dique ostenta la mayor proporción de la población con un 67,69%, teniendo un incremento de 5,33%; seguido por ZODES Mojada con una proporción del 10,99%, un 0,21% menos población que en 2005, caso parecido tiene la ZODES Montes de María con un porcentaje 10,17%, un 0,21% menos. Estas tres zonas contienen el 88,86% de la población bolivareña, un 4,67% más que en el último censo. En general, y de acuerdo con las cifras de crecimiento en la población de las cabeceras contra la disminución de la población que viven en el resto lo soporta, la población bolivareña sigue una tendencia a urbanizarse.

El gráfico 4 muestra la pirámide poblacional del departamento de Bolívar para los años 2000 y 2012; en ellas puede observarse una estructura típica, es decir, ancha en la base y angosta a medida que se asciende en las edades. Así mismo, puede observarse que en una década la estructura pasa de ser más angosta a engrosarse en la parte media de la misma.

**Gráfico 4. Cambios en la estructura poblacional de Bolívar, 2000 - 2012.**



Fuente: DANE – Elaboración de los autores.

También se hace necesario conocer a través de índices poblacionales que permiten establecer una mejor descripción de la población en cuestión, cual es la situación de la población en el tiempo. Se observa que el índice de Sundbardg (ver tabla 5), va disminuyendo, por lo tanto da pie a afirmar que la población bolivarense es tendiente al envejecimiento. Sin embargo, se puede considerar que es progresiva dado que el índice aún no se acerca a la unidad en los próximos años.

**Tabla 5. Indicadores poblacionales: índice de Sundbarg y estructura de la población activa.**

<b>Años</b>	<b>Sundbarg(1)<sup>3</sup></b>	<b>Sundbarg(2)<sup>4</sup></b>	<b>Sundbarg (1/2)</b>	<b>Estructura de la población activa</b>	<b>Reemplazamiento de la población activa</b>
<b>2000</b>	69.79%	26.40%	2.64	43.95%	22.59%
<b>2012</b>	59.50%	35.37%	1.68	58.24%	29.95%
<b>2020</b>	51.35%	42.73%	1.20	62.33%	43.47%

Fuente: DANE – Cálculo de los autores.

El índice de estructura de la población en edades activas, muestra el grado de envejecimiento de este sector de la población. En la tabla 5 se aprecia que la población económicamente activa es más madura, solo para el 2012 es de

<sup>3</sup> Relación población de 0-14 años con respecto a la población de 15-49 años.

<sup>4</sup> Relación población de <50 años con respecto a la población de 15-49 años.

58,24%, es decir, casi seis de cada diez se encuentra en edades mayores de 40 años y para el 2020 será seis de cada diez, como complemento se aprecia que existe un incremento en el reemplazamiento de la población activa.

Los índices de dependencia demográfica (ver tabla 6) ponen en relación la población mayor y/o joven con la población adulta. El caso de Bolívar muestra que efectivamente, la relación de la base y cúspide de la distribución etaria ha ido disminuyendo respecto al componente medio de la pirámide poblacional. Pudiendo significar la formación de un bono poblacional<sup>5</sup>.

El índice de envejecimiento, un indicador de estructura más sensible al proceso de envejecimiento de una población, conformado por la razón entre la población mayor y la población joven<sup>6</sup>, Para el caso en estudio, la evolución del índice muestra, que es evidente su aumento, mostrando que es cada vez mayor la participación de la población mayor sobre la población joven, es decir cómo se detalló en las pirámides, existe una tendencia a reducir la base y anchar la cima.

**Tabla 6. Estructura poblacional: índices de dependencia y envejecimiento.**

<b>Años</b>	<b>Dependencia total</b>	<b>Dependencia en jóvenes</b>	<b>Dependencia en mayores</b>	<b>Envejecimiento</b>
<b>2000</b>	68.65%	59.99%	8.66%	14.43%
<b>2012</b>	58.82%	48.49%	10.32%	21.29%
<b>2020</b>	52.68%	40.40%	12.28%	30.41%

Fuente: DANE – Cálculos de los autores.

## **1.5 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

### **1.5.1 Actividades económicas**

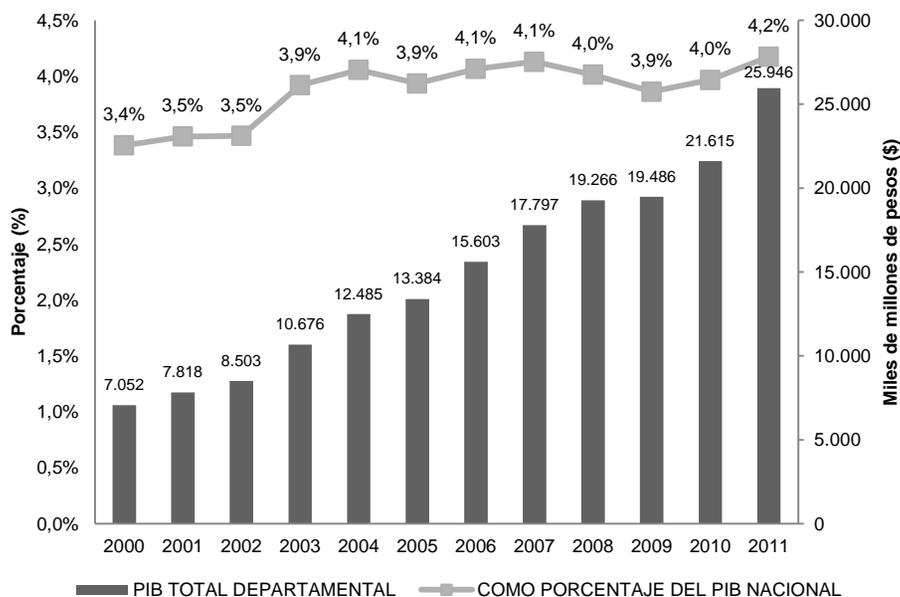
Según la cifras de las cuentas nacionales departamentales, en la primera década del presente siglo el departamento de Bolívar ha representado en promedio el 3,9% del Producto Interno Bruto -PIB- de Colombia. Para el año 2011, el PIB del

<sup>5</sup> Definido como una situación en la que en una población las edades adultas es extraordinariamente numerosa, en términos absolutos y relativos, resultado de la alta fecundidad anterior y el progresivo descenso de la mortalidad prematura (Xunta de Galicia & OPS, 2011).

<sup>6</sup> En este apartado se definió como población joven aquella comprendida entre 0-14 años y la población mayor la comprendida entre 65 años y más.

departamento era de \$25.946 miles de millones de pesos, cifra que ha crecido en este lapso a una tasa promedio del 12,8%, superando el nivel de crecimiento nacional en 2,3 puntos porcentuales (ver gráfico 5).

**Gráfico 5. PIB anual de Bolívar y porcentaje dentro del PIB nacional, 2000-2011.**



**Fuente: DANE – Elaboración de los autores. Precios corrientes.**

Dentro de las actividades que componen el PIB de Bolívar, las actividades industriales distintas a las concernientes a la elaboración de alimentos, bebidas y tabacos, son las mayores aportantes, representando el 23,3% del total en los últimos 10 años, otras actividades que caracterizan la economía del departamento son los servicios (excepto financieros e inmobiliarios) los cuales representaron en 2011 el 5,6% del PIB, la administración pública y defensa; seguridad social de afiliación obligatoria (4,3%), la actividad hotelera (3,5%), la extracción de petróleo crudo y de gas natural (3,2%) y el cultivo de productos agrícolas (2,3%). Cabe resaltar que en el departamento de Bolívar no resulta fácil hablar de una base económica dadas las condiciones de heterogeneidad que se presentan, donde las actividades económicas que caracterizan a Cartagena, la capital del mismo, son distintas a las que se presentan en el resto del municipio; en la primera sobresalen las actividades industriales, turísticas y portuarias, mientras en el resto priman las actividades agropecuarias, mineras y artesanales (Pérez, 2005).

En lo referente a las actividades agrícolas y agropecuarias, según la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de 2012, el uso del suelo, entendiendo como la

ocupación de la tierra en términos de actividades productivas, muestra que la actividad pecuaria utiliza el 83,3% del suelo, seguida de la agrícola con 6,6%. Estas actividades, en conjunto son el 90%, indicando así que el departamento se utiliza el suelo para actividades del primer sector de la economía (ver tabla 7).

**Tabla 7. Usos del suelo en el departamento de Bolívar, 2012.**

Uso del suelo	Bolívar	
	Área (ha)	Cve
<b>Total</b>	<b>1.455.727</b>	<b>1,5</b>
<b>Agrícola</b>	96.350	15,2
<b>Pecuaria</b>	1.213.187	2,7
<b>Bosques</b>	80.273	27,0
<b>Otros usos</b>	65.918	17,9
<b>Área perdida</b>	-	-
<b>Cantidad de UP</b>	31.918	8,5

Fuente: DANE – ENA 2012

Dentro de la actividad agrícola se diferencian dos tipos de cultivos, permanentes y transitorios, dentro de los transitorios; en Bolívar para ambos tipos de cultivos, las principales plantaciones por área son: maíz (amarillo y blanco), yuca, arroz tradicional, tabaco; tanto en cultivos sembrados como cosechados. Por otra parte, en los cultivos permanentes están: plátano, cacao, caña, café, mango, naranja.

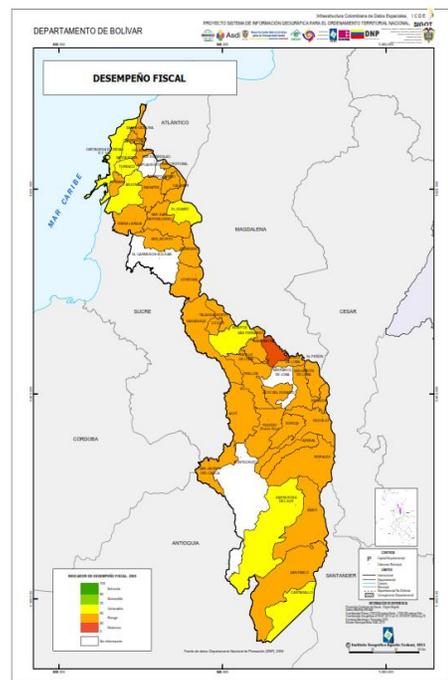
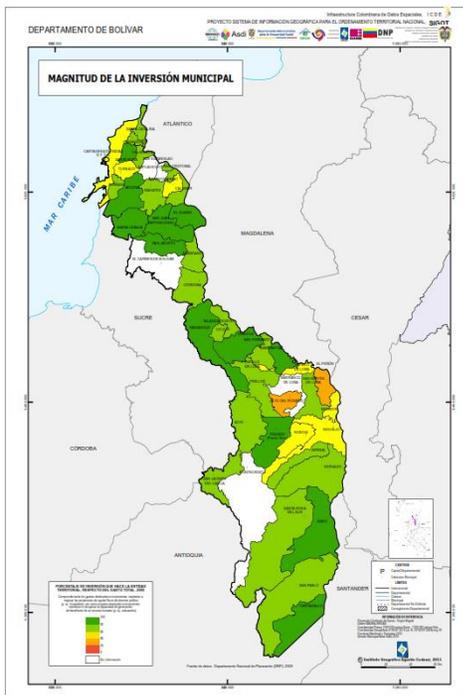
Respecto a las actividades pecuarias, los tipos de ganado más relevantes son el bovino, porcino y avícola. Cabe resaltar que actividades económicas que se desarrollan en los municipios que se encuentran en el área de influencia del Canal del Dique (excluyendo a Cartagena) son, en mayor medida, agropecuarias y acuícolas. La ganadería bovina de doble propósito se encuentra entre las actividades de mayor producción en la economía de estos municipios; en tanto que la de mayor vinculación de mano de obra es la agricultura y la pesca. Tanto es así que en 2011 el 80% de las hectáreas destinadas a algún uso productivo en el departamento de Bolívar se dedicaban a la ganadería, mientras que el 9% a la agricultura (Maza, Vergara, Herrera, et al., 2012)

La situación económica del departamento es apremiante, sus falencias se observan a través de los indicadores económicos. A pesar de que el departamento, a nivel municipal, evidencia altos niveles de inversión como porcentaje del gasto total, dado que el 67% de los municipios invierte el 85% (ver

mapa 2) o más, de los gastos que realiza; la capacidad de ahorro muestra un comportamiento opuesto, el 69% de los mismos cuentan con menos del 40% de excedentes para generar inversión. En cuanto al desempeño fiscal (ver mapa 3), los municipios del departamento son considerados riesgosos, además, la dependencia de los mismos a las transferencias y regalías en relación a sus fuentes de financiación es muy alta, oscilando entre el 80% y el 100%, representando estas el 53% de total de los ingresos del departamento para el cierre fiscal del año 2011<sup>7</sup>; y, a su vez, la generación de recursos propios es insuficiente siendo en su mayoría de menos del 10%.

**Mapa 2. Magnitud de la inversión municipal, Bolívar 2012.**

**Mapa 3. Desempeño fiscal, Bolívar 2012.**



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

## 1.5.2 Educación

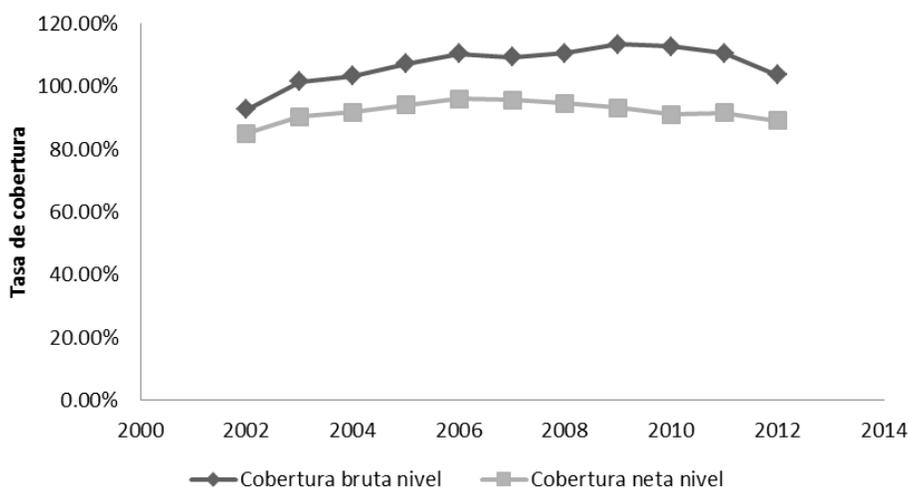
Una primera característica observable de la población del departamento de Bolívar en lo que a educación se refiere, es el porcentaje de personas que sabe leer y escribir; teniendo como referencia la Encuesta de Calidad de Vida (ENCV) a 2012,

<sup>7</sup> Cierre 2011

esta población<sup>8</sup> está estimada en 1.582.175 personas, es decir, el 87,85% del total de la población bolivarenses. Por otro lado, 218.768 personas, es decir, el 12,14% de la población no sabe leer ni escribir.

En cuanto a la cobertura de educación, del departamento presenta un porcentaje de cobertura bruta en educación básica y media de 103,53% para 2012, si bien el indicador a través de tiempo ha mostrado un crecimiento, pasando de 92.42% en 2009 hasta llegar a una cobertura de 113,14% en 2010 -la más alta de los últimos 11 años-, actualmente presenta la misma cobertura en educación básica y media del año 2004, con porcentaje en cobertura bruta de 103.21%. Por su parte, la cobertura neta en educación básica y media presenta un decrecimiento del 7%, pasando de 95,78% en 2006 -el mejor indicador de los últimos 11 años- a pasar en 2012 a un 88.87% (ver gráfico 6).

**Gráfico 6. Índice de Cobertura bruta y neta en educación para Bolívar, 2002-2012.**



**Fuente: Min. Educación – Elaboración de los autores**

La evolución de la cobertura neta muestra los cambios que ya se empiezan a sentir en la demanda por educación, expresados en el estancamiento o reducción de la matrícula de algunos niveles. Lo anterior es explicado por los cambios al interior de la población en edad escolar.

<sup>8</sup> La metodología de la Encuesta de Calidad de Vida (ENCV), en lo referente a educación, solo contempla la población de 5 años y más.

### 1.5.3 Pobreza

Una de las formas de medir un fenómeno como lo es la pobreza en una población, es a través de indicadores basados en información primaria, que por medio de ciertos parámetros clasifican a una persona u hogar como pobre o no pobre. El análisis de la pobreza en el departamento de Bolívar se puede abordar en primera instancia a través de la línea de pobreza e indigencia. Según la Encuesta de Medición de la Pobreza y la Desigualdad del DANE - 2012 el departamento tiene 185.353 hogares en situación de pobreza, es decir el 37,3% y 54,057 hogares en situación de indigencia, equivalente al 10,9%.

Discriminando por cabecera y resto, el 36,6% de los hogares es pobre y vive en las cabeceras del departamento, mientras que los hogares que están en las zonas rurales el 39,2% está en condición de pobreza. A su vez, los hogares en condición de indigencia, el 9,3% de los hogares de las cabeceras municipales, está en condición de indigencia, mientras que en los hogares localizados en el resto, el 15,6% viven en condición de indigencia. Los datos, muestran que la peor situación, en términos de pobreza monetaria la tienen los hogares que están en las zonas rurales del departamento.

En términos de ingresos un hogar en el departamento de Bolívar se encuentra en condición de pobreza, si no supera los \$203.807 mensuales, y estará en condición de extrema pobreza si sus ingresos están por debajo de \$93.114 mensuales. Sin embargo, la línea de pobreza, como es de esperarse, varía si se discrimina por cabecera y resto. Para el primer caso la línea de pobreza se establece en los \$226.418 mensuales, y de pobreza extrema en los \$98.067 mensuales. En el caso del resto o rural, la línea de pobreza se ubica en los \$133.505 y, la de extrema pobreza en \$77.713 mensuales.

En lo que respecta a las Necesidades Básicas Insatisfechas -NBI-, en el 25% de los municipios de Bolívar, el 58,83% de la población presenta al menos una necesidad básica insatisfecha, el 75% restante manifiesta que como mínimo el 58,83% de la población con alguna necesidad básica insatisfecha. A su vez, tan solo el 5% de los municipios tienen menos del 50% de su población con al menos una necesidad básica insatisfecha, algo que contrasta si se compara con el 5% de los municipios con mayor NBI, en estos al menos el 91,89% de su población posee una necesidad básica insatisfecha. Es decir, el 5% de los municipios con mayor proporción de la población con NBI tiene casi dos veces el nivel de necesidades

básicas insatisfechas del 5% de los municipios con menor proporción de la población con alguna necesidad básica insatisfecha.

El análisis de NBI se puede enfocar por cabeceras y resto haciendo un análisis dentro de los grupos y entre grupos que evidencia considerables discrepancias. Para el caso de las cabecera municipales, el 25% de las ellas presenta una proporción de la población máxima con alguna necesidad básica insatisfecha de 51.61%, es decir, el 75% del resto de las cabeceras municipales presenta una proporción de la población con NBI a partir del 51.61%. Sin embargo, si se observa el resto de la población, se tiene que el 25% de la parte rural de los municipios tienen el 61,89% de su población con alguna necesidad básica insatisfecha y el 75% restante, como mínimo, tienen el 61,89% de su población con NBI.

A primera vista, es apreciable que entre el 25% de la población de las cabeceras y rurales presenta diferencia, que son más acentuadas en los 75% restantes para cada categoría; estas discrepancias se profundizan si se observa que el 5% de las cabeceras municipales con mayor proporción de la población con NBI tiene casi 3 veces el nivel de necesidades básicas insatisfechas del 5% de las cabeceras municipales con menor proporción. De igual manera, si se observa que el 5% de los asentamientos rurales con mayor proporción de la población con NBI tiene casi 2 veces el nivel de necesidades básicas insatisfechas del 5% de los asentamientos rurales con menor proporción (ver tabla 8).

**Tabla 8. Distribución en percentiles de la proporción de población con NBI total y discriminado por zonas.**

<b>Percentil</b>	<b>% Población Cabecera</b>	<b>% Población Resto</b>	<b>% Población Total</b>
<b>5%</b>	34.39	45.69	48.33
<b>10%</b>	42.48	46.90	51.62
<b>25%</b>	51.61	61.90	58.83
<b>50%</b>	60.07	73.86	67.27
<b>75%</b>	70.23	81.42	76.03
<b>90%</b>	88.31	88.37	88.81
<b>95%</b>	96.18	89.94	91.90

Fuente: DANE – Cálculos de los autores.

### 1.5.3.1 El NBI y los servicios

La metodología de NBI se basa en algunos indicadores simples seleccionados, estos son: viviendas inadecuadas, viviendas con hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. El presente análisis, se concentrará en viviendas con servicios inadecuados; este indicador expresa en forma más directa el no acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas. En el departamento, los cinco municipios con mayor proporción de la población que no tiene acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas, son: San Jacinto, quien presenta un 87,17% de su población bajo esta condición; Santa Rosa, con un 82,17%; El Carmen de Bolívar, con un 78,72%; Villanueva, con 75,56% y San Jacinto del Cauca, con un 69,80% de su población sin acceso. En contraparte, los cinco mejores municipios, en lo que a cantidad de población sin servicios vitales y de saneamiento se refiere, son: San Cristóbal, con 8,30%, seguido de la capital Cartagena con un 8,72%, posteriormente Córdoba, con un 9,74%, San Fernando con 12,26% y Mompos con 14,35% de la población con carencia.

El indicador se diferencia en cabecera y rural; para las cabeceras, comprende las viviendas sin sanitario o que careciendo de acueducto se provean de agua en río, nacimiento, carrotanque o de la lluvia. En el resto, dadas las condiciones del medio rural, se incluyen las viviendas que carecen de sanitario y acueducto y que se aprovisionen de agua en río, nacimiento o de la lluvia. La discrepancia de accesibilidad a los servicios entre las cabeceras y rurales, se acentúa más para los municipios de Cantagallo, Arenal, Santa Rosa del Sur y Achí, para estos, la población que presenta mayor falta de accesibilidad es la rural, presentando una discrepancia respecto a la cabecera de 50,87; 38,88; 36,50; 30,38 puntos porcentuales respectivamente. Para los municipios de Villanueva, El Carmen de Bolívar, San Jacinto y Santa Rosa, la situación de acceso a los servicios es más precaria para las cabeceras, con diferencias de 67,35; 65,63; 63,65 y 53,08 puntos porcentuales respectivamente. Cabe anotar que esta situación es mucho más frecuente, dado que el 60,9% de los municipios presentan mayores problemas en la disponibilidad de servicios en las cabeceras.

El gráfico 7 permite agrupar los municipios a través de cuadrantes, delimitados por la media de los datos para cada eje, el denominando tercer cuadrante, es el sector donde se encuentran los municipios que están por debajo del promedio del porcentaje de carencia de servicio tanto para la cabecera como el área rural, en él



## **1.6 SECTOR DEL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

### **1.6.1 Marco institucional**

El marco legislativo aplicado al sector del agua potable y saneamiento básico vigente en Colombia se caracteriza por ser abundante, por lo que se mencionarán las normas más importantes. Desde la Constitución política de 1991, en su artículo 365 se le atribuye al Estado colombiano, como una de sus finalidades inherentes, el velar por el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población; para lograr tal fin se hace preciso que las necesidades básicas de la misma sean satisfechas, por lo que es deber de las instituciones del Estado asegurar la prestación eficiente de los servicios públicos a todos los habitantes del territorio nacional, siendo un objetivo fundamental el saneamiento ambiental y el agua potable (Maza, Navarro, et al., 2012).

El agua es considerada un bien nacional por la legislación Colombiana, aunque esto no ha imposibilitado la participación del sector privado en la provisión del recurso; la ley 142 de 1994, es decir, el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios, propicia la participación privada en la prestación del servicio, además, formaliza la regulación, la inspección, vigilancia y control del mismo (Cardona, 2011). Es la ley quien fija las competencias y responsabilidades concernientes a la prestación de los servicios públicos, cobertura, financiación, entre otros aspectos, pero son los municipios quienes directamente prestarán los mismos, cuando posean las características técnicas y económicas necesarias. Los departamentos entonces cumplirán como apoyo y coordinadores de los municipios.

Procurando la distribución efectiva de los recursos desinados a la prestación de los servicios públicos, tales como educación, salud, agua potable y saneamiento básico, se crea el Sistema General de Participaciones (SGP) a través de la Ley 715 de 2001, la cual fija los montos y los procesos de destinación de los recursos destinados en tal materia para los entes territoriales de la siguiente manera: 58.5% corresponde al sector educativo, al sector salud le corresponderá el 24.5% y a propósitos generales corresponderá un 17.0%; de los cuales el 41% es será destinado al desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico; es decir, el 6,97% de los recursos girados por el Sistema General de Participación. Este 6.97% será destinado a la financiación de infraestructura y a cubrir los subsidios a los estratos subsidiables; y solo se podrá

cambiar la destinación de los mismo si, entre otras condiciones, los entes territoriales presentan coberturas reales de acueducto superiores a 90% y superiores a 85% en el caso del alcantarillado Congreso de la República de Colombia (2001).

Según Departamento Nacional de Planeación (2013), el año 2012, los recursos destinados a agua potable y saneamiento a través del SGP ascendieron a \$78.771.395, ubicándolo como el segundo departamento con más recursos destinados a este rubro, 6,03% del total; desde el año 2008 el monto se ha incrementado en un 47%. Con relación a los municipios, el municipio que más recursos dispone son: Cartagena (25,8%); Magangué (4,3%); El Carmen de Bolívar (4,1%); Turbaco (3,2%) y Arjona (2,8%). Agrupando los municipios por ZODES, se observa que quien posee mayor participación es Dique con un 43%, explicado porque 3 de los 5 municipios que más reciben recursos para agua potable y saneamiento se encuentra en esta categoría, inclusive, si se excluye a Cartagena, sigue siendo la ZODES con la más alta participación dentro del departamento.

Como apoyo a esta Ley, existen otras que unidas trabajan en pro de la ampliación de la cobertura, entre otros aspectos, del servicio de agua potable y saneamiento básico, las cuales establecen el programa para el uso eficiente y ahorro de agua, Ley 373 de 1997; así mismo el Decreto 028 de 2008 evalúa y realiza un seguimiento de las destinación de estos recursos por medio de indicadores municipales; además, el Decreto 3200 de 2008 dicta las normas sobre Planes Departamentales para el Manejo Empresarial de los Servicios de Agua y Saneamiento; estos planes son un conjunto de estrategias de planeación y coordinación que procuran la armonización integral de los recursos, así como la implementación de esquemas eficientes y sostenibles en la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico.

El fin último del marco jurídico en el tema referente al agua potable y al saneamiento básico, es lograr de manera conjunta aumentar la cobertura y la calidad del servicio, aprovechando la riqueza hídrica con la que cuenta la nación.

### **1.6.2 Situación en materia de acueducto del departamento de Bolívar<sup>9</sup>**

El departamento de Bolívar, según las cifras del Plan Departamental de Aguas de 2011, en lo referente al servicio de acueducto, cuenta con una cobertura del 75%, es decir, se encuentra por debajo del promedio nacional, que es del 87,3%. El 69% de los municipios del departamento reportaron que por lo menos el 50% de las viviendas tienen acceso al servicio, mientras San Jacinto del Cauca, Achí, Tiquisio, Pinillos, Barranco de loba, San Martín de Loba, El Peñón, El Carmen de Bolívar, San Jacinto, María la Baja, San Juan Nepomuceno, Santa Rosa, Villanueva y Clemencia tienen niveles de cobertura inferiores al 50% (Gobernación de Bolívar, 2011); municipios que presentan un alto porcentaje de población sin acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas, a su vez los municipios de San Jacinto del Cauca, Santa Rosa y El Carmen de Bolívar presentan inaccesibilidad en sanidad básica tanto en la cabeceras como en la parte rural. Al ser el componente de sanidad básica parte del NBI, se hace necesario alcanzar los mejores niveles de eficiencia del recurso hídrico que incuestionablemente mejoraría este indicador de pobreza.

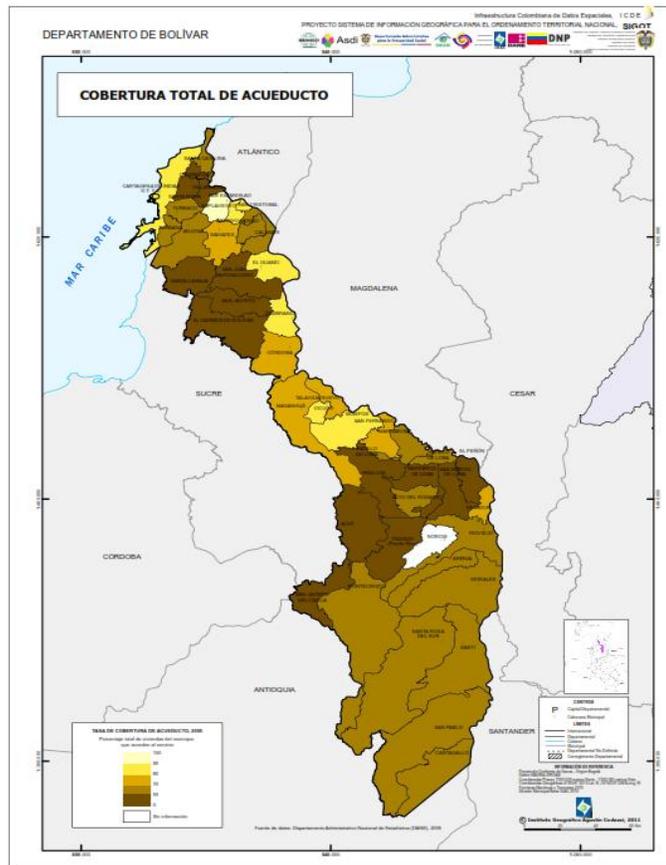
La información utilizada en las siguientes secciones de este capítulo es extraída del Plan Departamental de Agua del año 2011 y del Sistema Único de Información de Servicios Públicos –SUI-, se hace necesario resaltar que los datos de la primera es considerada la fuente oficial, dado que está avalada por la gobernación departamental y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, esta no precisa el método por el cual se obtuvieron los mismos, haciéndolos cuestionables; mientras la segunda fuente se caracteriza por presentar vacíos en la información dado que esta es obtenida directamente de los entes territoriales, los cuales no reportan oportunamente.

A pesar de que actualmente ha habido un incremento generalizado en la cobertura de acueducto en los municipios del departamento de un 25%, situándose el 35% de ellos por encima del promedio de cobertura del departamento; este aumento no se ha visto acompañado de mejoras en la calidad del servicio ni de la calidad del agua suministrada. Según el Plan Departamental de Agua, en promedio, los municipios cuentan con 10 horas del servicio de acueducto y 27 de los 45 municipios incluidos en el estudio, reportan una condición “no apta” de potabilidad (ver mapa 4).

---

<sup>9</sup> Los análisis que se llevan a cabo se exceptúan a Cartagena de Indias, por presentar altos porcentajes respecto a los demás municipios pudiendo distorsionar las comparaciones.

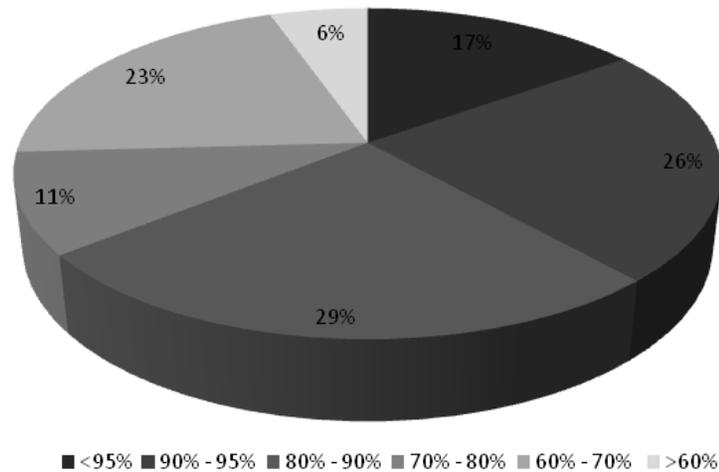
**Mapa 4. Cobertura total de acueducto, Bolívar 2012.**



**Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.**

La distribución de las coberturas de los municipios, muestra que el 29% poseen entre el 80% y un 90% de esta, seguido por el rango de cobertura de 90% a 95% con un 26%; el 23% de los municipios se ubican en el rango de cobertura de 60% a 70%. En el máximo rango está el 17% de los municipios, que contrasta con el 6% que está por debajo del 60% de cobertura de agua potable (ver gráfico 8).

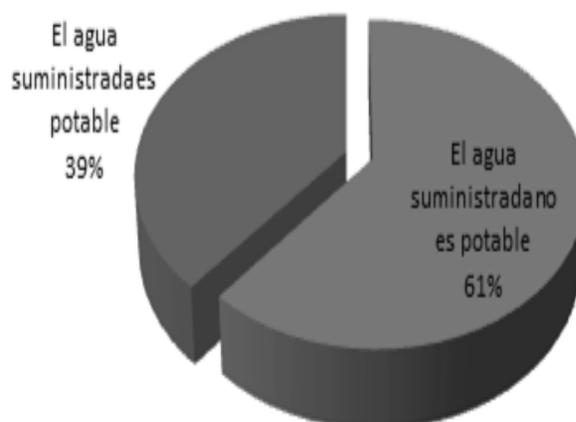
**Gráfico 8. Distribución de la cobertura de agua potable en los municipios de Bolívar, 2011.**



**Fuente: Plan Departamental de Agua 2011 – Elaboración de los autores.**

En el año 2011, el 87% del total de los municipios de Bolívar reportaron al Sistema Único de Información de Servicios Públicos -SUI- (40 municipios) tener por lo menos una empresa prestadora del servicio de acueducto. El porcentaje de municipios que enviaron reportes entre los años 2010 y 2012 al SUI sobre la condición de potabilidad del suministro de agua, refleja que el 39% de los municipios declararon tener agua potable, mientras que el 61% afirmaron no estar contando con un suministro de agua en su sistema de acueducto (ver gráfico 9). Se puede decir entonces que a pesar de contar con las empresas necesarias para la prestación del servicio, estas no alcanzan los mínimos estándares de potabilidad. Como se observa, la situación del departamento en la materia es apremiante, más si se describen las fuentes de abastecimiento con que cuentan los municipios.

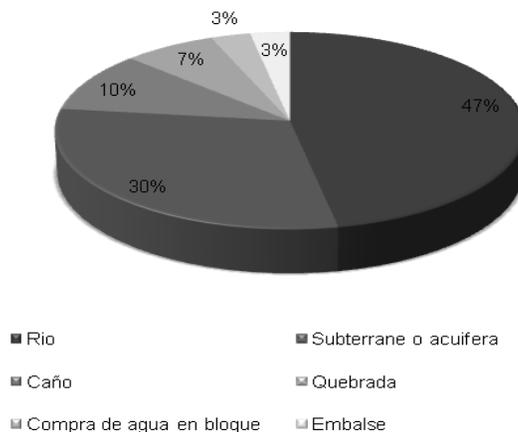
**Gráfico 9. Porcentaje de municipios con agua potable, Bolívar 2010 - 2012.**



**Fuente: SUI – Elaboración y cálculos de los autores.**

En la actualidad el 32 de los municipios abastecen sus sistemas de acueducto con aguas superficiales, los 13 municipios restantes obtienen el agua de fuentes subterráneas aun teniendo fuentes cercanas de agua superficial, tales como las del río Magdalena. Datos más específicos tomados del SUI muestran que el 46.7% de los municipios se abastecen de agua provenientes de un río, el 30% se abastecen desde fuentes subterráneas o acuíferas, un 10% de los municipios del departamento tiene como fuente de abastecimiento caños, otros municipios se abastecen por medio de quebradas (7%) y, finalmente, otros municipios suplen la necesidad del líquido por medio de fuentes como compra de agua en bloques o en embalses, con un 3% del total para cada fuente (ver gráfica 10).

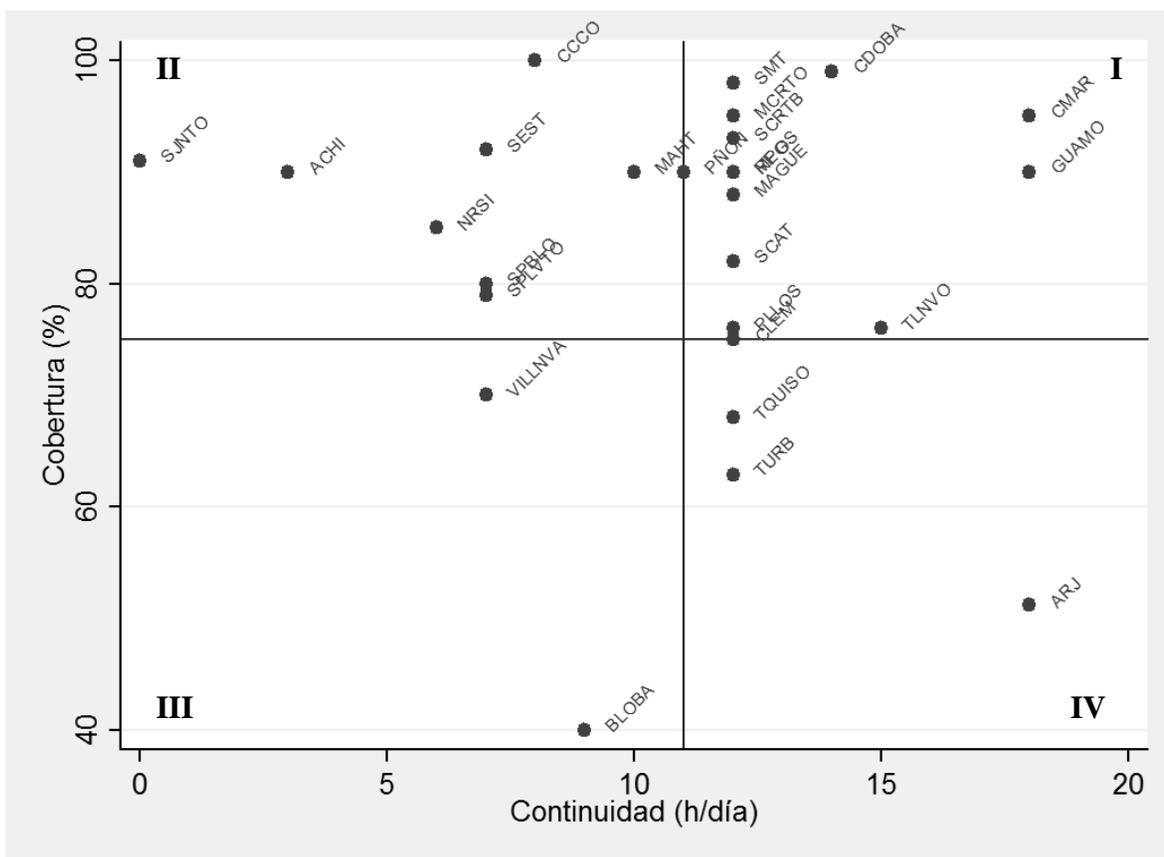
**Gráfico 10. Fuentes de abastecimiento de agua potable, Bolívar promedio 2007 - 2012.**



**Fuente: SUI – Elaboración y cálculos de los autores.**

Aunque la cobertura promedio de agua potable del departamento sea del 75%, se debe tener presente las horas de prestación de servicio por día, si se observa la gráfica 9, el promedio de horas de servicio de agua potable en el departamento es de aproximadamente 11 horas al día; el uso de los promedios permite la sectorización de los municipios ubicados en cuadrantes. El primer cuadrante se caracteriza por estar encima del promedio en cobertura de acueducto y por encima del promedio de horas de servicio al día, es decir, los municipios que se encuentren en este cuadrante, serán los que presenten mejor situación en estas dimensiones; encontrando a: Calamar, el mejor posicionado, seguido de El Guamo, Córdoba, Simití, Montecristo, San Cristóbal, entre otros. En contraparte, el tercer cuadrante, presenta una baja cobertura y una baja continuidad del servicio por día, encontrando los municipios que están por debajo de ambos promedios, como: Barranco de Loba, con la situación más precaria seguido de Villanueva. Por último, el segundo y cuarto cuadrante, agrupan los municipios que superan al menos uno de los promedios, resaltando el caso de Arjona que si bien está muy por encima del promedio en continuidad de acueducto, está a su vez considerablemente por debajo del promedio de cobertura; por otro lado, San Jacinto presenta una cobertura importante, encima del promedio, pero un continuidad en el servicio casi nula (ver gráfico 11).

**Gráfico 11. Cobertura de agua vs Horas de servicio de agua al día para los municipios de Bolívar, 2011.**



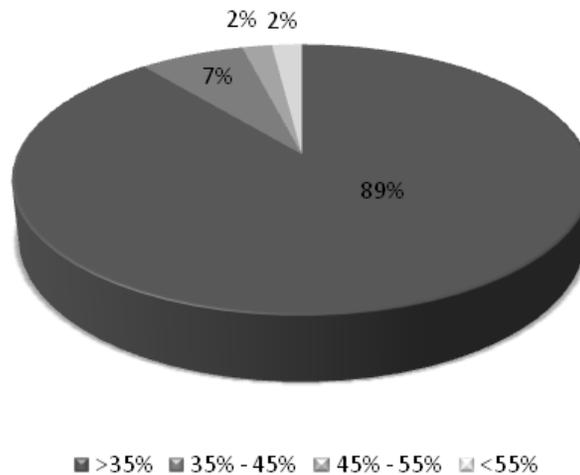
Fuente: SUI y PDA – Elaboración de los autores. Excluyendo a Cartagena.

### 1.6.3 Situación en materia de alcantarillado del departamento de Bolívar

La situación del departamento en materia de alcantarillado se caracteriza por la insuficiencia en el acceso al servicio, únicamente en 13 municipios (Magangué, Santa Rosa del Sur, Morales, Talaigua Nuevo, Mompox, San Marín de Loba, San Fernando, Cantagallo, Pinillos, Río Viejo, San Pablo, Turbana y Cartagena) cuentan con alcantarillado, no siendo superior al 60% en promedio. Para 2005, según la información del Censo realizado por el DANE; el panorama del departamento sobre la cantidad de viviendas que contaban con el servicio de alcantarillado era de 44,4%, estando disponible el servicio principalmente en el 58,14% de las cabeceras urbanas, en contraste con el resto del departamento que contaba con 2,52%. La distribución de las coberturas en el departamento a 2005

era de esta forma: el 89% de los municipios no alcanzaban el 35% de cobertura en el servicio de alcantarillado, que equivaldría a 40 municipios, un 7% tenían una cobertura entre el 35% y el 45%, siendo estos San Pablo, Morales y Cantagallo; además, el 2% de los municipios tuvieron una cobertura comprendida entre el 45% y el 55%, siendo este Santa Rosa del Sur, y finalmente, con un 2% está Cartagena, la capital de departamento, con una cobertura del 77% (ver gráfico 12).

**Gráfico 12. Distribución de la cobertura de alcantarillado en los municipios de Bolívar, 2011.**

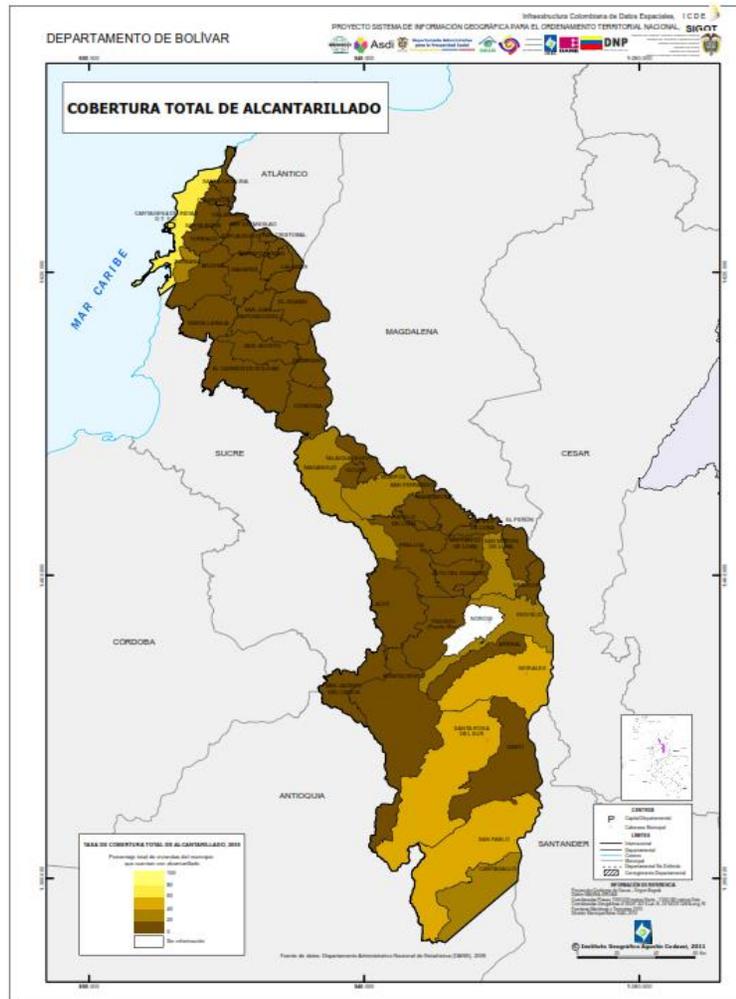


**Fuente: Plan Departamental de Aguas, 2012 – Elaboración de los autores.**

La Encuesta de Calidad de Vida de 2012 realizada por el DANE, muestra el tipo de servicio sanitario con que cuenta el hogar, de los 505,688 hogares que estima la encuesta para el departamento de Bolívar, el 52,1% está conectado al alcantarillado, aproximadamente 7,7% más que en 2005. Por otra parte, el 25,8% de los hogares está conectado a un pozo séptico, y el 17,8% no tiene servicio sanitario.

La cobertura promedio de alcantarillado es de las más bajas en el país, siendo 18,6%, casi 57 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional y, sólo el 27,97% de la población del Departamento de Bolívar cuenta con redes de alcantarillado (Gobernación de Bolívar, 2011).

**Mapa 5. Cobertura total de alcantarillado en los municipios de Bolívar, 2012.**



**Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.**

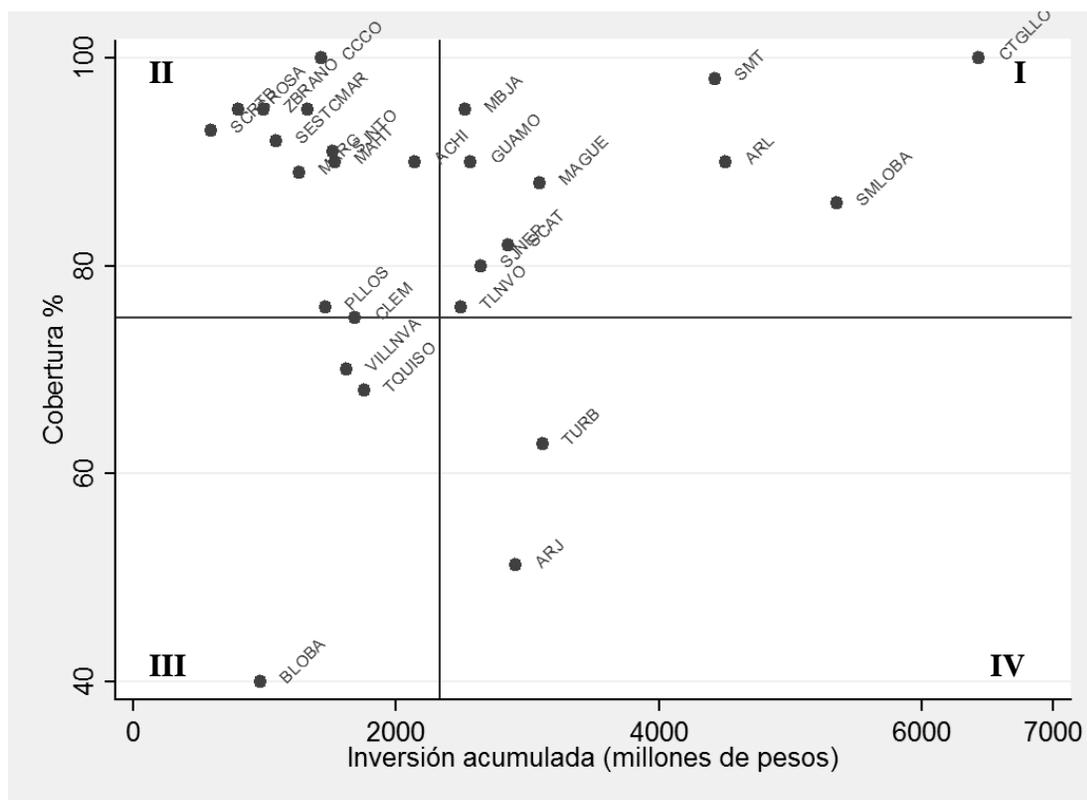
A primera vista la situación de alcantarillado que predomina en el departamento es de una cobertura de 0 % a 20%, destacando que la totalidad de la ZODES Montes de María y gran parte de la ZODES Dique cae dentro de esta categoría, así, son 35 municipios los que se encuentra en tal situación, representando el 77,7%; solo Cartagena muestra una cobertura entre el 60% y 80%, siendo así el municipio con la mejor situación. En el resto de los municipios, la cobertura de alcantarillado oscila entre el 20% y el 60% (ver mapa 5).

#### **1.6.4 Inversión en infraestructura.**

De los recursos de la nación girados por medio del Sistema General de Participación hacia los municipios del departamento de Bolívar, para ser usados en planes de inversión para infraestructura de los servicios, se observa que en total, exceptuando a Cartagena, la inversión para el año 2008 fue de \$9,741,797,306.50 de pesos, quienes resaltan los municipios de Achí con \$833,702,000 de pesos; seguido por Mompos con \$707,359,072 de pesos; a continuación está el municipio de San Martín de Loba con \$703,047,635 de pesos; después de estos les siguen Margarita con \$ 665,033,686 de pesos y Rioviejo con \$574,218,853 de pesos. Entre estos cinco municipios, sus inversiones en infraestructura, equivalen al 36% del total. Sin embargo, estas cifras de inversión de una u otra manera, deben reflejarse en las coberturas disponibles.

En el gráfico 13 se cruza la información entre inversión acumulada de 2009-2011 y la cobertura en agua potable para cada municipio. La relación no es del todo clara, por un lado, se encuentra un cumulo de municipios con altas tasas de cobertura pero con baja inversión en infraestructura como es el caso de San Cristóbal, Cicuco, entre otros. De igual forma, se contemplan municipios que tiene alta inversión y altas coberturas, pero que a la vez, poseen la misma cobertura que aquellos que no hicieron una alta inversión. Una posible explicación, sea que se ha enfocado la inversión hacia municipios que no presentaban una alta cobertura y por lo tanto se encuentran municipios con alta cobertura pero con niveles de inversión diferentes.

**Gráfico 13. Cobertura de agua vs inversión en infraestructura para municipios de Bolívar, 2011.**



**Fuente: SUI, PDA – Elaboración de los autores.**

En resumen, el ‘envejecimiento’ de la población bolivareña impone, por un lado serios retos a la economía para absorber la creciente población en edad de trabajar en el departamento adquirirá mayor relevancia en los próximos años y, al mismo tiempo, este hecho representa una oportunidad para el departamento, puesto que transcurre una fase en la que la proporción de personas en edades potencialmente productivas crece en forma sostenida frente al grupo de personas potencialmente inactivas. Sin embargo, los beneficios de este fenómeno descrito, conocido como bono demográfico, requiere de antemano: La adopción de políticas macroeconómicas que incentiven la inversión productiva en el departamento, aumenten las oportunidades de empleo, más que todo por la futura presión de la oferta laboral y, promuevan un ambiente social y económico estable, propicio para el desarrollo sostenido. En particular, la obtención de estos beneficios requiere fuertes inversiones en capital humano, sobre todo en lo que se refiere a la

educación de los jóvenes, a fin de que aumente su productividad y se refuercen los efectos positivos del bono demográfico (CEPAL, 2010).

El departamento de Bolívar, quien ha tenido incrementado promedio en la producción de un 13% a largo de los últimos 11 años, representó para el 2011 el 3,9% de la producción nacional; esta participación es generada principalmente por actividades relacionadas a la elaboración de alimentos, bebidas y tabacos. A través del análisis de algunos indicadores económicos, se observa que la economía del departamento presenta diversas falencias; Si bien el 67% de los municipios invierte el 85% o más del gasto total; la capacidad de ahorro del 69% de los mismos cuentan con menos del 40% de excedentes de sus ingresos para generar inversión. El 53% de los ingresos del departamento para 2011 fueron por concepto de transferencias demostrando el nivel de dependencia de estos al gobierno central, siendo esta del 80% o superior y, a su vez, la generación de recursos propios es insuficiente siendo en su mayoría de menos del 10%. Por lo anterior, los municipios en estudios son considerados como riesgosos desde el punto de vista del desempeño fiscal.

La situación de insatisfacción de necesidades básicas en los municipios, es sintetizada en el NBI, evidenciando que el 25% de los municipios de Bolívar, el 58.83% de la población presenta al menos una necesidad básica insatisfecha, mientras el 75% restante manifiesta que como mínimo el 58.83%. La alta disparidad es observada en los extremos de la distribución de los municipios, donde el 5% de los municipios con mayor proporción de la población con NBI tiene casi dos veces el nivel de necesidades básicas insatisfechas del 5% de los municipios con menor proporción de la población con alguna necesidad básica insatisfecha. Sin embargo, no es aplaudible, que los mejores municipios del departamento, ostenten un porcentaje de alrededor del 50% de su población con NBI, más aún si este índice es un indicador aproximado del nivel de pobreza.

Una de las necesidades del departamento y sus municipios, es el acceso y disponibilidad del servicio de agua potable y saneamiento básico. La cobertura promedio de acueducto de agua de los municipios del departamento exceptuando a Cartagena, para 2012 era del 75% creciendo un 4% en los últimos siete años; a pesar de que actualmente ha habido un incremento generalizado en la cobertura de acueducto en los municipios del departamento de un 25%, situándose el 16 de ellos por encima del promedio de cobertura del departamento; este aumento no se ha visto acompañado de mejoras en la calidad del servicio ni de la calidad del agua suministrada. Según el Plan Departamental de Agua, en promedio, los

municipios cuentan con 10 horas del servicio de acueducto y 27 de los 45 municipios incluidos en el estudio, reportan una condición “no apta” de potabilidad.

La situación del acceso a la sanidad del departamento, por su parte, se caracteriza por la insuficiencia del servicio, únicamente en 13 municipios cuentan con alcantarillado, no superando el 60% en promedio. La cobertura promedio de alcantarillado para la totalidad de los municipios estudiados es de 18,6%, casi 57 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional y, sólo el 27,97% de la población del Departamento de Bolívar cuenta con redes de alcantarillado.

Por todo lo anterior, y sabiendo que, si bien, la mayoría de los recursos de los municipios del departamento proviene del Sistema General de Participación y, que estos en su mayoría son de destinación específica, teniendo un apartado para agua potable y sanidad; es inevitable indagar sobre la pérdida de eficiencia, si la hubiera, de los recursos invertidos en el servicio, tanto en manejos de recursos, como de resultados de coberturas y prestación del servicio.

## **2 MODELO DE PRODUCCIÓN DEL PROCESO AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR**

### **2.1 GENERALIDADES**

La eficiencia de la distribución del agua potable en las poblaciones, es un tema sometido cada vez más al escrutinio de los reguladores, los políticos, las empresas y la comunidad investigadora, potencializando su relevancia. El generalizado entendimiento del recurso hídrico como un bien escaso que se ajusta a las reglas de eficiencia económica, permite establecer métodos para su medición. El carácter de monopolio natural de distribución de agua, la necesidad de precios justos, y el general, gran número de observaciones ha favorecido la difusión de análisis de eficiencia (Walter, Cullmann, von Hirschhausen, Wand, & Zschille, 2009). En medio de la necesidad de medición de la eficiencia se han hecho uso de distintas técnicas existentes, de las cuales resaltan métodos relacionados con programación matemática, fronteras de producción, análisis de fronteras estocásticas; o la combinación de algunas de las técnicas anteriores (Ferro et al., 2011).

Las investigaciones de Farrell, (1957) sentaron por primera vez el estudio sobre la medición de la eficiencia productiva o eficiencia técnica, entendido como la obtención de la mayor cantidad posible de producto, a partir de un conjunto dado de insumo, sin embargo, no fue hasta que los trabajos de Charnes, Cooper, & Rhodes, (1978), se diseñaron procedimientos satisfactorios para evaluar la eficiencia relativa de las unidades de producción, relacionando entradas y salidas múltiples, metodología que posteriormente fue titulada Análisis Envoltante De Datos (DEA, por sus siglas en inglés). DEA, es una técnica de programación lineal que estima la eficiencia de la organización mediante la medición de la relación entre el total de insumos utilizados para la producción total producida, por cada organización. Esta relación se compara con otros en el grupo de la muestra para obtener una estimación de la eficiencia relativa.

Los modelos DEA se pueden subdividir en términos de rendimientos de escala, mediante la adición de las limitaciones de las ponderaciones. Charnes et al., (1978) propusieron originalmente la medición de la eficiencia de la unidad tomadora de decisiones o DMU (por sus siglas en inglés), por medio de los rendimientos constantes a escala (CRS por sus siglas en inglés) donde todas las DMU están operando a su escala óptima. Más tarde Banker, Charnes, & Cooper

(1984) introdujeron los rendimientos variables a escala (VRS por sus siglas en inglés) modelo que permite la descomposición de la eficiencia en eficiencia técnica y la escala de eficiencia.

La implementación de la metodología DEA en el análisis de la eficiencia de la industria del agua, presenta una clara ventaja, debido a que no necesita de la utilización de los precios, tanto en las entradas como en las salidas, dado que estos son distorsionados por las fuerzas competitivas o las decisiones políticas (Abbott & Cohen, 2009). La primera obra investigativa que contempló el citado método aplicado a la industria del agua, fue la realizada por Byrnes, Grosskopf, & Hayes (1986), la cual se centró en la medición técnica y el cálculo de las escalas de eficiencia, comparando la eficiencia de las industrias de aguas del sector público y privado, concluyendo que no existen diferencias significativas entre las mismas. Los trabajos posteriores con la metodología DEA, donde la producción de agua potable es objeto de estudio, se han caracterizado por su variedad de temas. Se puede resaltar los trabajos de Thanassoulis (2000), que aborda el problema de la distribución del agua y potenciales ahorros de recursos, en las industrias Inglaterra, y Gales en 1994 en el marco de los límites de precio de ajuste; este a su vez, resalta la importancia de la regulación como vehículo de la defensa del interés público en un entorno de privatización de los servicios públicos que operan de forma cuasi monopólica.

El método DEA permitió hacer comparaciones de todo tipo en los que servicios públicos se refiere, entre las empresas públicas o propiedades del Estado y las empresas privadas, como forma de verificar en qué condiciones se podrían afirmar que una u otra realizan una producción eficiente en el sentido económico del término. La industria de suministro de agua no fue la excepción, varios autores han estudiado la eficiencia relativa entre estos dos agentes económicos en distintos países, como en Estado Unidos (Lambert, Dichev, & Raffiee, 1993), Inglaterra y Gales (Cubbin & Tzanidakis, 1998) (Thanassoulis, 2000, 2002), México (Anwandter & Ozuna, 2002) y España (García-Sánchez, 2006).

Después de realizar una revisión bibliográfica que contempla la eficiencia del suministro de agua por medio del método DEA, se encontró que existen tendencias a establecer comparaciones de eficiencia relativa entre grupos de unidades geográficas. Por ejemplo, Kulshrestha & Vishwakarma (2013) aplican el DEA a 20 centros urbanos en el estado de Madhya Pradesh en la India, con el objetivo de desarrollar un marco para evaluar las deficiencias relativas de los servicios de abastecimiento de agua. El artículo discute los resultados del estudio en el contexto de las cuestiones políticas que son relevantes desde la perspectiva

de los países en desarrollo. Halkos & Tzeremes (2012), por su parte, realizan un estudio empírico donde intentan evaluar el efecto del acceso a fuentes mejoradas de agua y saneamiento en la eficiencia y el crecimiento económico de los países del África Subsahariana utilizando DEA, como también enfoques probabilísticos, teniendo como resultado la influencia positiva del acceso de la población tanto en fuentes mejoradas de agua y saneamiento sobre la eficiencia económica de los países del África subsahariana; en el mismo sentido investigativo Abbott et al. (2012), se enfocaron en el rendimiento del agua en zonas urbanas y los sectores de aguas residuales en Australia; de igual forma varios autores han estudiado la eficiencia relativa en el suministro de agua en unidades geográficas, entre estos están los trabajos de Garcia-Valinas & Muniz (2007), Alsharif, Feroz, Klemer, & Raab (2008) y Maza, Navarro, et al. (2012).

Entendiendo el agua como un recursos que necesita de una regulación para su administración, se deben establecer mecanismo legales que determinen o estén en función de las necesidades propias de cada país y los actores que intervienen en el sector del agua, a pesar de que este marco normativo es frecuente que sea pasado por alto al momento de plantear la metodología DEA, es posible que afecte los resultados obtenidos. Por lo tanto, dentro de la revisión realizada se hace necesario resaltar las investigaciones que analizan situaciones similares para Colombia; por ejemplo, Cuncha & Garzón (2007), ante un cambio en la estructura tarifaria del sector de agua potable y saneamiento básico, presentan y discuten el modelo de eficiencia comparativa del desempeño de las empresas que participan en el sector adoptado en Colombia; y concluye que, a pesar de algunos problemas, este es un paso importante hacia la calidad y excelencia del sector del agua colombiano. En la investigación de Gómez (2010) se plantea como objetivo principal estimar los índices de eficiencia técnica de un conjunto de empresas de agua potable y alcantarillado teniendo en cuenta la influencia en el nivel de eficiencia de algunas variables ambientales. Los principales resultados indican que existe un grado significativo de ineficiencia en la industria. Parte de la ineficiencia productiva está afectada para variables como región, calidad del agua y cantidad de pueblos operados por una misma empresa. Por otra parte, Maza et al., (2012) se ciñe más a la norma para plantear la investigación, teniendo como objetivo analizar la eficiencia, a partir la información suministrada por cada ente territorial al Departamento Nacional de Planeación- DNP para el departamento de Bolívar, teniendo como resultado de dicho análisis para el periodo considerado, muestran que menos del 20% de los municipios bolivarenses se encuentran en la frontera de eficiencia.

## **2.2 FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBERTURA DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BÁSICO**

Dentro de la metodología de estudio Análisis Envolvente de Datos, es de gran importancia la etapa de selección de inputs y outputs, debido a que éstos tienen un impacto directo en la puntuación de eficiencia. Al seleccionar las variables, se busca obtener una buena discriminación entre las unidades eficientes e ineficientes, y una frontera que se ajuste de la mejor forma posible a los datos observados.

En la literatura consultada, en referencia a los inputs, se incluyen los gastos de operacionales, que comprenden costos laborales y de mantenimiento (Gómez, 2010; Kulshrestha & Vishwakarma, 2013; Garcia-Valinas & Muniz, 2007; Tupper & Resende, 2004); los gastos administrativos son otro de los inputs utilizados más frecuentemente (Cuncha & Garzón, 2007; Romano & Guerrini, 2011); y los costos de capital, que se refiere a la inversión en infraestructura, lo que se puede entender como la longitud de las tuberías (Gómez, 2010; Maza et al., 2012; Abbott et al., 2012; Halkos & Tzeremes, 2012; Picazo-Tadeo, Sáez-Fernández, & González-Gómez, 2008). Abbott et al. (2012), abordan el problema del capital como insumo, partiendo del hecho que la industria es intensiva en capital y tiende a tener inversiones “bultos”, es decir, varía de un año a otro en función de la aparición de nuevos proyectos; por lo que el nivel de gasto de capital es desaconsejable como variable. Sin embargo, la discusión no especifica la naturaleza de la inversión realizada en el sector, entendiendo que existe una inversión de carácter privado y público. Por todo lo anterior, Byrnes et al. (1986) y Thanassoulis (2002), plantean como alternativa la utilización del enfoque de números de activos utilizados o la valoración de los mismos.

Los outputs o las salidas que se han encontrado con mayor frecuencia en la revisión bibliográfica realizada, han sido: el número de suscriptores al servicio de agua potable y alcantarillado, como también el número de conexiones a los domicilios, la población abastecida; los metros cúbicos de agua producida y tratada; longitud de la red de suministro (Cuncha & Garzón, 2007; Gómez, 2010; Kulshrestha & Vishwakarma, 2013 y Tupper & Resende, 2004) (ver tabla 9).

**Tabla 9. Estudios seleccionados sobre la eficiencia del uso del agua potable y saneamiento básico usando DEA.**

AUTOR(ES)	DATOS UTILIZADOS	ESPECIFICACIONES DEL DEA	INPUTS	OUTPUTS
(Cubbin & Tzanidakis, 1998)	Inglaterra y Gales.	RCE, RVE, orientado a input	Gastos operativos.	Volumen de agua suministrada y longitud de la tubería principal.
(Tupper & Resende, 2004)	Brasil, 27 empresas estatales de agua y saneamiento	RCE, orientado a inputs.	Gastos de trabajo (R\$/año), costos operativos (R\$/año), otros gastos operativos (R\$/año).	Agua producida (1.000 m <sup>3</sup> /día), aguas residuales tratadas (1.000 m <sup>3</sup> /día), población servida de agua, población servida alcantarillado tratado.
(García-Valinas & Muniz, 2007)	España, tres municipios españoles de diferente carácter (Sevilla, Elche y Gijón)	RCE, orientado a inputs.	Costes operativos del periodo y densidad de precipitación.	Cantidad de agua suministrada por periodo (M3), longitud de la red de suministro (Km), población abastecida por el proveedor.
(Cuncha & Garzón, 2007)	Colombia, Grupos de compañías de agua pequeñas (2500 a 25000 consumidores) y grandes (más de 25000 consumidores)	RCE, orientado a inputs.	Costos administrativos	Usuarios del servicio, el número de clientes que ha instalado contadores de agua, número de clientes de los estratos 1 y 2, número de reclamaciones de facturación a favor de los consumidores, densidad de clientes por kilómetro de red.
(Alsharif et al., 2008)	Territorios palestinos, 31 municipios tuvieron existían en 1999, 30 existían en 2000, existían en 2001 27 y 33 existía en 2002.	Orientado a input	Pérdidas de agua, costo agua y energía, costos de mantenimiento y otros, salarios de los trabajadores.	Total ingresos.
(Romano & Guerrini, 2011)	Italia, 43 empresas de servicios públicos	RCE, RVE, orientado a input	Costo de materiales, mano de obra, servicios y arrendamientos.	Agua suministrada.
(Picazo-Tadeo et al., 2008)	España, La ilustración empírica realizada en este trabajo se basa en un conjunto de 38 empresas de agua ubicado en la región española de Andalucía	RVE, orientado a outputs.	Kilómetros de red de entrega, kilómetros de red Alcantarillado, número de trabajadores y gastos de funcionamiento (Miles de euros).	Habitantes servidos (población en miles), agua suministrada (miles de M3), aguas residuales tratadas (miles de M3).
(Hernández-Sancho & Sala-Garrido, 2009)	España, 338 plantas de tratamiento de aguas residuales Vegetales ubicadas en la Comunidad Valenciana	RCE, orientado a inputs.	Costos energéticos, costos laborales, costo de mantenimiento, costos de tratamiento del agua y otros costos.	Kilogramos de contaminación removida.
(Corton & Berg, 2009)	Costa Rica, Honduras, Guatemala, Nicaragua, El Salvador, Datos macro del sector de agua, distintas fuentes	RCE, RVE, orientado a inputs.	Longitud de la red, Numero de trabajadores.	Volumen de agua facturada y número de conexiones.

AUTOR(ES)	DATOS UTILIZADOS	ESPECIFICACIONES DEL DEA	INPUTS	OUTPUTS
Byrnes, J.J. Byrnes, Crase, Dollyer, & Villano, 2010)	Nueva Gales del Sur y Victoria, 52 unidades de observación	RCE, RVE, orientado a inputs.	Total costos operacionales.	Agua potable total suministrada, quejas por cada 1.000 conexiones.
(Gómez, 2010)	Colombia, muestra de 78 empresas que prestan el servicio de acueducto y alcantarillado en Colombia	RVE, orientado a inputs.	Costos operativos anuales reportados por las empresas, número promedio anual de trabajadores del sistema de acueducto y alcantarillado, y longitud de la red de distribución (Km).	Volumen de agua producida al año y número de suscriptores promedio anual de cada firma.
(Maza, Navarro, et al., 2012)	Colombia, 45 municipios del departamento de Bolívar	RVE, orientado a inputs.	Inversión total en agua potable para la prestación del servicio y promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de acueducto en zona urbana.	Metros cúbicos de agua producida y número de usuarios del servicio de acueducto.
(Abbott et al., 2012)	Australia, 6 ciudades incluida la capital de Australia	Orientado a outputs.	Costos operacionales, total activos, longitud de los tubos/tuberías de agua y número de estaciones de bombeo de agua y aguas residuales.	Número de conexiones de agua, número de conexiones de aguas residuales, índice recíproco de pérdidas de agua, índice recíproco de los desbordamientos de alcantarillado.
(Halkos & Tzeremes, 2012)	África sub-sahariana, 41 países de África Sub-sahariana	RCE, RVE, orientado a inputs.	Formación bruta de capital fijo (% del PIB) y fuerza de trabajo.	PIB real, población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua (%) y la población con acceso sostenible a servicios de saneamiento mejorados (%).
(Sala-Garrido et al., 2012)	España, muestra de 45 plantas tratadoras de agua localizadas en la región de valencia	RVE, orientado a inputs.	Costos de operación y mantenimiento.	Sólidos suspendidos, materia orgánica medida como demanda química de oxígeno.
(Cruz, Carvalho, & Marques, 2013)	Portugal, 45 servidores de agua	RCE, RVE, orientado a input	Costo total.	Suscriptores de agua y aguas residuales.
(Kulshrestha & Vishwakarma, 2013)	India, 20 centros urbanos en el estado de Madhya Pradesh	RCE, RVE, orientado a inputs.	Gastos operativos, personal por cada 1000 conexiones, % de agua no facturada.	Número de conexiones, longitud de la red de distribución y producción media de agua limpia diaria.
Nota: RVE : Retornos variables a escala RCE: Retornos constantes a escala				

Fuente: Elaboración de los autores.

### **2.3 MODELO CONCEPTUAL FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBERTURA DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO BÁSICO**

La revisión de artículos de investigación, permitió establecer los inputs -gastos administrativos, gastos operacionales y gastos de capital- y outputs -número de suscriptores al servicio de agua potable y alcantarillado, número de conexiones a los domicilios, metros cúbicos de agua producida y la longitud de la red de suministro- más utilizados al momento de definir la función de producción de cobertura de acueducto y saneamiento básico, utilizando la metodología DEA. Esta misma perspectiva es utilizada para la implementación de un método que permita la evaluación de la eficiencia en la provisión de los servicios básicos de agua potable, por parte del Departamento Nacional de Planeación. El método especifica una función de producción, aprovechamiento, cobertura y continuidad del servicio, que utiliza como insumo o inputs: el promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de Acueducto (Zona urbana y centros poblados) y la inversión total en agua potable para la prestación del servicio de los últimos tres años. Y toma como producto u outputs: los metros cúbicos de agua producida (zona urbana y centros poblados) y el número de viviendas conectadas al servicio de acueducto (zona urbana y centros poblados).

El modelo de función de producción sugerido por el DNP, fue implementado por Maza et al., (2012), para definir las variables de insumo y producto en la medición de la eficiencia en la asignación de recursos en el suministro de agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar, teniendo un enfoque la minimización de insumo es decir, tomo como variables outputs o producto, 1) Metros cúbicos de agua producida (m<sup>3</sup>), que corresponde al agua producida en el sistema de acueducto medida a la salida de la planta de tratamiento de agua en el municipio estudiado durante el año de análisis y 2) Número de Usuarios del Servicio de Acueducto (Usuarios), que corresponde al número de personas naturales o jurídicas que se benefician con la prestación del servicio público de agua potable, bien como propietario del inmueble donde éste se presta, o como receptor directo del servicio; a este último se le denomina también consumidor. Por otra parte, las variables insumo o inputs implementadas en este trabajo fueron: Inversión total en agua potable, entendida como toda la inversión en agua potable y saneamiento básico en que incurre el municipio para desarrollar actividades relacionadas con captación, conducción, tratamiento, distribución y facturación; y Número de horas de prestación del servicio (Horas), que corresponde al promedio

mensual del número de horas de prestación del servicio de agua en cada municipio analizado.

La definición del modelo de producción (variables de insumo y producto) del proceso agua potable y saneamiento básico del departamento de Bolívar, se basará en la metodología del DNP y Maza et al (2012) (ver tabla 10).

**Tabla 10. Descripción de las variables de la función de producción Aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio.**

VARIABLES	ACLARACIONES	FUENTE
Producto 1: Metros cúbicos de agua producida (zona urbana y centros poblados)	<p>Metros cúbicos de agua producida para la zona Urbana y centros poblados, a la salida de la planta de tratamiento.</p> <hr/> <p>M3 de agua producida en un periodo de un (1) año</p>	Sicep Gestión 1301 - Formatos F "Indicadores de Inversión Social" F1: Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Indicador 3.10. "Metros cúbicos de agua producida (a la salida de la planta de tratamiento) al año (zona urbana y centros poblados)". Unidad municipal de servicios públicos, empresas prestadoras del servicio de AAA.
Producto 2: Número de viviendas conectadas al Servicio de Acueducto (zona urbana y centros poblados)	Total de viviendas de la zona urbana y de centros poblados que tienen conexión domiciliaria al servicio.	Sicep Gestión 1301 - Formatos F "Indicadores de Inversión Social" F1: Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Indicador 3.6. "No de viviendas con conexión domiciliaria al servicio de acueducto zona urbana y centros poblados". Unidad municipal de servicios públicos, empresas prestadoras del servicio de AAA. Superintendencia de Servicios Públicos.
Insumo 1: Promedio mensual del número de horas de prestación del servicio de Acueducto (Zona urbana y centros poblados)	El dato reportado no puede ser superior a 720, pues la periodicidad de la variable es mensual. Por lo tanto, se reescalará la variable restando el dato reportado, obteniendo así el Promedio mensual del número de horas sin prestación del servicio de Acueducto.	Sicep Gestión 1301 - Formatos F "Indicadores de Inversión Social" F1: Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Indicador 3.13. "Promedio mensual del No. de horas de prestación del servicio de acueducto (Zona urbana y centros poblados)". Unidad municipal de servicios públicos, empresas prestadoras del servicio de AAA. Superintendencia de Servicios Públicos.
Insumo 2: Inversión total en agua potable y saneamiento básico para la prestación del servicio de los últimos tres años (millones de pesos de 2012).	Inversión para la prestación del servicio de agua potable (subsídios, diseños, construcción, ampliación, etc.) Incluye inversiones del operador privado si lo hay.	DNP-DDTS-SFPT: Formulario FUT: Gastos de Inversión, Cuenta A.3.10 "SERVICIO DE ACUEDUCTO". DNP-DDTS-SFPT: información deflactada con base en lo reportado en el Formulario FUT: Gastos de Inversión, cuenta A.3.10 "SERVICIO DE ACUEDUCTO".

Fuente: elaboración de los autores con base al DNP.

En resumen, la implementación del DEA para la medición de la eficiencia en el suministro de agua potable, ha sido abordada por diferentes autores y desde perspectivas distintas; atendiendo el problema de la distribución del agua y potenciales ahorros de recursos. La tendencia de estos estudios en su principio fue de comparación entre las industrias proveedoras de origen privado contra las de naturaleza pública, para luego ampliarse a distintos escenarios incluyendo la comparación de la eficiencia relativa entre unidades geográficas. Los antecedentes han permitido establecer la selección de las variables que servirán como insumos y productos; su correcta selección es de primera importancia para obtener resultados consistentes, de esta forma, se han adoptado variables que presentan similitud entre los estudios, que para el caso de los inputs se incluyen los gastos de operacionales, que comprenden costos laborales y de mantenimiento, los gastos administrativos y los costos de capital, que se refiere a la inversión en infraestructura. Por otra parte, los outputs de mayor uso, son el número de suscriptores al servicio de agua potable y alcantarillado, como también el número de conexiones a los domicilios, la población abastecida; los metros cúbicos de agua producida y tratada; longitud de la red de suministro.

Para Colombia, el Departamento Nacional de Planeación plantea un modelo para la evaluación de la eficiencia en la provisión de los servicios básicos de agua potable con base a la metodología DEA, cuyas variables están incluidas dentro de la revisión bibliográfica realizada, dándole soporte empírico al método. Este modelo será implementado para estimar la eficiencia y los cambios en la productividad del proceso Agua potable y saneamiento Básico del departamento de Bolívar, para el periodo 2007-2010, desarrollado en el siguiente apartado.

### **3 EFICIENCIA Y LOS CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA FUNCIÓN AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR, PARA EL PERIODO 2007-2010**

#### **3.1 GENERALIDADES**

En este capítulo se mide la eficiencia y los cambios en la productividad de la función de producción de agua potable y saneamiento básico de los municipios del departamento de Bolívar - Colombia, para el periodo 2007-2010. Para la estimación de la eficiencia –primer componente del análisis-, será empleado el Análisis Envolvente de Datos -DEA- el cual, tal como se ha señalado en apartes anteriores, es un procedimiento no paramétrico determinístico, desarrollado por primera vez en el año 1978 (Charnes et al., 1978) y que permite la medición de la eficiencia a partir del conjunto de observaciones que se considere, sin la estimación de ninguna función de producción, es decir, sin necesidad de conocer ninguna forma de relación funcional entre inputs y outputs.

Para la medición de los cambios en la productividad –segundo componente del análisis- se empleará el Índice de Malmquist, presentado por primera vez en la teoría del consumidor (Malmquist, 1953) y posteriormente adaptado por Grosskopf, Lindgren, & Roos (1989) y Fare et al. (1994) para estimar la productividad en un contexto no paramétrico. Una de las principales ventajas del Índice de Malmquist radica en la posibilidad de descomponer la productividad total de los factores de una unidad productiva en el cambio debido a la mejora de la eficiencia técnica (y ésta a su vez en eficiencia pura y eficiencia de escala) y debido al cambio técnico o progreso tecnológico. Es por ello que ha sido extensamente utilizado en el sector público (Santín, 2009).

#### **3.2 MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO EN BOLIVAR EMPLEANDO DEA**

Para la medición de la eficiencia de la función de producción de agua potable y saneamiento básico en los municipios del departamento de Bolívar se acude al modelo BCC orientado a la minimización de los inputs con retornos variables a escala (RVE) (ver modelo 3 de la sección 0.5.2.1.1); según Maza, Navarro, et al.,

(2012), al no existir certeza respecto al tipo de retorno que exhibe la función de producción del proceso aquí tratado, es recomendable acudir al modelo de retornos variables a escala; el cual permite estimar la eficiencia puramente técnica eliminando la influencia que pudiera tener la existencia de economías de escala en la evaluación del ratio de eficiencia de las DMUs. Otro motivo por el cual se utilizó este modelo obedece a que las DMU (los municipios) responsables del proceso considerado, no tienen la discrecionalidad en cuanto a la determinación del monto de los insumos que aplicarán al proceso productivo (Maza, Navarro, et al., 2012), sin embargo, su preocupación radica en la minimización del número de horas sin prestación del servicio, porque se acude a un modelo de minimización de insumos.

La población objeto de estudio está conformada por los 46 municipios que conforman el departamento de Bolívar, uno de los 8 departamentos que conforman la Región Caribe colombiano. La Información de cada municipio utilizada para alimentar las variables del modelo fue obtenida de los datos consolidados y validados para Sistema de Información para la Captura de la Información Presupuestal – SICEP del Departamento Nacional de Planeación, de los años 2007 a 2010. La eficiencia técnica para cada año fue estimada empleando el software Frontier Analisys (licenciado) en su versión 4. Debido a que los responsables de cada municipio, deben reportar la información para ser consolidada y validada por Planeación Departamental, es posible encontrar faltas de la información en el periodo estudiado. Ante esta situación, aquellos municipios que no reportaron información en al menos una de las variables que conforman la función de producción se le asignó el valor de cero (0) en la eficiencia final, a modo de “penalización” dentro del modelo por no permitir el cálculo del índice de eficiencia, lo que no significa que esta sea su eficiencia real. Los municipios con esta situación son 19 para el año 2007, 13 para el año 2008, 4 para el año 2009 y 17 para el año 2010.

En la tabla 11 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables a usar en diferentes año, siendo apreciable la discrepancia entre los máximos y mínimos (rango) haciendo poco representativo los promedios calculados, siendo el caso de los metros cúbicos de agua producida (M3) donde la media, se encuentra entre valores muy distantes, que acompañado de alta desviación de los datos conlleva a altas dispersiones dentro de las muestras anuales, mostrando las diferencias entre los municipios en el sector.

**Tabla 11. Resumen estadístico de las variables inputs y outputs, Bolívar 2007-2010.**

	2007				2008			
	Horas	Inversión	M3	Usuarios	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Observaciones	27 municipios				33 municipios			
Media	468,9	7020,0	12940,0	8476,0	465,3	3628,6	33945,1	9208,5
Mediana	481,0	2846,2	190,0	1015,0	481,0	1834,8	324,0	1718,0
Desviación estándar	147,1	16928,8	52929,7	30460,7	162,0	7815,1	93840,8	33154,5
Mínimo	181,0	1274,5	4,5	351,0	146,0	837,3	4,0	351,0
Máximo	721,0	90259,7	270000,0	160000,0	717,0	45738,4	414720,0	192431,0
	2009				2010			
	Horas	Inversión	M3	Usuarios	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Observaciones	42 municipios				29 municipios			
Media	272,2	2130,1	2398841,3	7632,9	336,1	2520,2	3228993,8	9338,4
Mediana	240,0	1517,3	209988,0	1709,0	330,0	1759,0	205233,0	1553,0
Desviación estándar	163,9	1612,1	11096550,6	29662,7	175,1	1797,8	13256937,2	37549,2
Mínimo	12,0	474,9	319,0	263,0	16,0	591,0	349,0	451,0
Máximo	720,0	7270,8	72075744,0	193896,0	720,0	8410,0	71616749,0	204110,0

Fuente: Cálculo de los autores.

La correlación es una forma empírica de encontrar una relación entre dos variables sin que ella sea necesariamente sinónimo de causalidad; ésta indica la fuerza y la dirección de una relación lineal y proporcionalidad entre dos variables estadísticas. Aclarando esto, se ha encontrado en la matriz de correlaciones simples relaciones lineales proporcionales que varían en la fuerza de asociación durante el periodo de estudio, para el año 2007 y 2008 es apreciable que el grado de asociación lineal entre la inversión acumulada de los últimos 3 años y el número de usuarios conectados al servicio de agua es de 0,99 y 0,96, respectivamente; esta relación proporcional se podría explicar si se tiene en cuenta que la inversión en agua potable y saneamiento básico se refleja en activos como bombas y una mayor red de tuberías, permitiendo realizar mayor números de conexiones a los usuarios finales. Sin embargo, para los años de 2009 y 2010 la correlación más fuerte se observa entre los metros cúbicos producidos de agua y número de usuarios conectados al servicio, esta asociación podría ser explicada a través de la demanda del recurso, consecuencia de la ampliación del número de conexiones por la inversión de los últimos años (ver tabla 12).

**Tabla 12. Correlaciones simples de las variables inputs y outputs, Bolívar 2007-2010.**

2007				
	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Horas	1			
Inversión	0,25329034	1		
M3	-0,07324771	0,18979529	1	
Usuarios	0,31805654	0,98617956	0,19566628	1
2008				
	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Horas	1			
Inversión	0,21646286	1		
M3	0,22616776	0,02678926	1	
Usuarios	0,253537	0,96000765	0,04445525	1
2009				
	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Horas	1			
Inversión	0,24098543	1		
M3	0,44391333	0,4517432	1	
Usuarios	0,44042248	0,46812762	0,990696634	1
2010				
	Horas	Inversión	M3	Usuarios
Horas	1			
Inversión	0,3446747	1		
M3	0,44371271	0,61832316	1	
Usuarios	0,44065379	0,6341445	0,993233078	1

Fuente: Cálculo de los autores.

### **3.2.1 Resultado del cálculo de la eficiencia técnica para los municipios de Bolívar**

Los resultados de la eficiencia técnica de los municipios del departamento de Bolívar muestran que para 2007, de los 27 municipios analizados, 8 municipios son eficientes, entre ellos Achí, Barranco de Loba, Cartagena, Mompós, Montecristo, San Jacinto del Cauca, San Pablo y Turbana. Se consideran eficientes, debido a que su puntaje de eficiencia fue de 100, por lo tanto se sobreentiende que todo municipio se considerará ineficiente de forma si obtiene un puntaje menor. Para el año 2008, de los 33 municipios analizados, fueron eficientes: Barranco de Loba, Calamar, Cartagena, Cicuco Córdoba, San Pablo,

Montecristo y Tiquisio. Por su parte, en el año 2009 los municipios que alcanzaron la máxima eficiencia fueron: Cartagena, Cicuco, Norosí, San Cristóbal, Soplaviento, Talaigua Nuevo y Turbaco. Por último, en el año 2010, Calamar, Cartagena, Cicuco, San Cristóbal y San Jacinto son los municipios considerados como eficientes en el proceso de producción de agua potable y saneamiento básico (ver tabla 13).

**Tabla 13. Eficiencias BBC con orientación a Input, función de producción. Bolívar 2007-2010.**

MUNICIPIOS	2007	2008	2009	2010
Achí	100	64,48	64,15	42,59
Altos del Rosario	91,74	0	0	0
Arenal	59,15	59,72	54,21	29,5
Arjona	68,09	46,36	40,6	39,34
Arroyohondo	64,65	60,03	62,34	0
Barranco de Loba	100	100	77,38	97,86
Calamar	0	100	93,44	100
Cantagallo	50,7	44,13	18,31	20,66
Cartagena	100	100	100	100
Cicuco	0	100	100	100
Clemencia	0	82,06	59,88	78,92
Córdoba	0	100	70,95	0
El Carmen de Bolívar	75,73	0	0	0
El Guamo	83,4	76,11	87,5	52,72
El Peñón	76,86	0	52,94	0
Hatillo de Loba	76,12	66,51	71,81	0
Magangué	58,94	0	38,53	52,02
Mahates	0	0	47,82	57,03
Margarita	55,02	70,2	47,47	73,32
María La Baja	0	52,16	40,42	44,69
Mompós	100	0	95,3	0
Montecristo	100	100	51,22	0
Morales	63,63	63,31	48,72	0
Norosí	0	0	100	0
Pinillos	66,76	60,19	56,42	66,15
Regidor	0	0	60,23	0
Río Viejo	0	45,38	40,77	0
San Cristóbal	69,55	0	100	100
San Estanislao	0	0	78,93	83,79

MUNICIPIOS	2007	2008	2009	2010
San Fernando	0	52,14	14,97	0
San Jacinto	0	0	0	100
San Jacinto del Cauca	100	75,56	56,95	0
San Juan Nepomuceno	42,17	33,3	34,91	43,48
San Martín de Loba	0	79,57	51,45	23,38
San Pablo	100	100	43,05	0
Santa Catalina	82,42	84,5	63,17	43,3
Santa Rosa	0	55,18	0	54,62
Santa Rosa del Sur	0	97,2	45,26	82,42
Simití	55,01	44,11	22,71	28,12
Soplaviento	0	0	100	0
Taligua Nuevo	58,91	0	100	44,54
Tiquisio	0	100	67,29	72,37
Turbaco	0	45,63	100	43,59
Turbaná	100	54,57	58,69	0
Villanueva	49,48	36,28	72,44	75,1
Zambrano	0	81,64	98,21	93,76

Fuente: Cálculo de los autores. El valor cero (0) es asignado a los municipios que no reportaron información en alguna de las variables que permita el cálculo de su eficiencia, por lo que es “penalizado”, lo que no quiere decir que sea su eficiencia real.

El ranking de los más eficientes es cambiante en el tiempo, pues no hay continuidad en la permanencia de los municipios en el grupo, exceptuando el caso de Cartagena. Otros casos que valen la pena mencionar son los municipios de Cicuco y Calamar, el primero presenta un comportamiento similar a Cartagena, permaneciendo como eficiente desde 2008, pero debido a que no hubo información para 2007 fue “penalizado”; sin embargo esto no quiere decir si fue ineficiente o no. Por otro lado, Calamar fue eficiente en 2008 y 2010 e ineficiente en 2009 pero fue amonestado en 2007 por no reportar información. En resumen estos tres municipios se podrían considerar los municipios con continuidad en su eficiencia durante el periodo de estudio (ver tabla 14).

**Tabla 14. Cambios en la condición de eficiencia, Bolívar 2007-2010.**

2007-2008			2008-2009			2009-20010		
Salen	Entran	Se quedan	Salen	Entran	Se quedan	Salen	Entran	Se quedan
San Jacinto del Cauca	Tiquisio	Barranco de Loba	Tiquisio	Turbaco	Cicuco	Turbaco	San Jacinto	San Cristóbal
Mompós	Cicuco	Montecristo	Barranco de Loba	Talaigua Nuevo	Cartagena	Talaigua Nuevo	Calamar	Cicuco
Turbaná	Calamar	San Pablo	Calamar	San Cristóbal		Norosí		Cartagena
Achí	Córdoba	Cartagena	San Pablo	Norosí		Soplaviento		
			Montecristo	Soplaviento				
			Córdoba					

Fuente: Elaboración de los autores.

### 3.2.2 Mejora potencial de los municipios ineficientes

En la metodología DEA se concentra en el análisis de las DMU ineficientes, no sólo concentrándose en su identificación, sino también en determinar el porqué de su ineficiencia, así como la relación insumo-producto que deben alcanzar para lograr el nivel máximo de eficiencia. Las tablas 16, 17 18 y 19 muestran los municipios que resultaron ineficientes para cada año de estudio, en el departamento de Bolívar, es decir, todos aquellos municipios con un nivel de eficiencia inferior a 100%. Para el año 2007, de los 27 municipios analizados, al rededor del 59% de ellos no superan un puntaje de eficiencia de 77%, y el 11% de los mismos esta entre el 80% y el 92% de eficiencia, siendo los que más se acercan al nivel máximo. El municipio que se encuentra en el estado más precario es San Juan Nepomuceno, con una eficiencia de 42,17%. Para el año 2008, se amplió la muestra de municipios analizados, arrojando que más de la mitad de los municipios no superan el 80% de eficiencia, y cerca del 12% de los municipios están cerca de considerarse eficientes, teniendo un marcador entre 80% y 98%, además, nuevamente el municipio de San Juan Nepomuceno es el más ineficiente de la muestra con un puntaje de 33,3% un poco menor que el anterior. Haciendo un análisis similar para el año 2009 se encuentra que el nivel de ineficiencia de los municipios que alcanzaron porcentajes más bajos, encontrando a municipios como San Fernando con un 14,97%; es así como el 74% de los municipios no alcanzan el 80% en eficiencia; por otro lado, el 10% de los municipios se encuentra entre el

rango de 80% y el 99%, siendo los más cercanos al nivel óptimo. Por último, en el año 2010, se observa que el 69% de los municipios presenta un nivel de eficiencia inferior al 80%, mientras el 14% se encuentra en el rango más cercano al nivel óptimo, oscilando entre el 80% y el 98%.

De los municipios que se analizaron para los diferentes años, resalta el caso de San Juan de Nepomuceno debido a que se posiciona entre los peores en lo que eficiencia se refiere. Sin embargo, si no se soporta estas cifras para este municipio, los cálculos resultaran descontextualizados; partiendo de esto, el municipio presenta una alta carencia del recurso en esta población, tanto en las cabeceras como la parte rural, abasteciéndose de agua a través de pozos. El índice de escasez, decir de la disponibilidad del recurso es de nivel, a su vez tiene una demanda anual de 1,71 millones de metros cúbicos de agua, que acompañado de una alta vulnerabilidad, en términos de seguridad respecto a la disponibilidad de agua en las fuentes, soporta la falta de agua.

Una situación parecida se encuentra Cantagallo, que ocupa presenta valores bajos de eficiencia para los años analizados, que se abastece de agua por medio de pozos, sin embargo no presenta los problemas de abastecimiento por escasez o vulnerabilidad, si no por problemas en el número de conexiones del servicio, como también problemas en la cantidad de horas promedio al mes del mismo. De este modo, se observa que la ineficiencia es debida a problemas de escasez natural del recurso, como también a problemas en la producción de agua potable.

Otro de los municipios destacable por su comportamiento es San Pablo, quien luego de hacer parte de los municipios con la eficiencia máxima en el año 2007 y 2008, pasó a ser uno de los más ineficientes con un 42,59% en 2009, una de las explicaciones posible es que debido a que la muestra no es la misma para los diferentes años, como se sabe en 2009 fue la muestra más grande, es posible que al compararse con nuevos municipios y añadiéndole la dinámica de las variables insumo y producto, no resultara ser igual de eficiente.

Según Maza, Navarro, et al. (2012) existe una posible relación entre la cercanía geográfica entre Cartagena, la capital, y el porcentaje de eficiencia de los municipios cercanos a ella de forma positiva. Para esta investigación se encontró que en tres de los cuatro años de estudio existe por lo menos un municipio fronterizo –Turbaco, Turbana, Santa Rosa, Clemencia y Santa Catalina- que posee una eficiencia entre 80% y 100%. Lo que podría sugerir que existe una posible relación empírica que valida parcialmente dicha hipótesis. Además, en un análisis por ZODES se observa que Dique (donde se encuentra Cartagena),

presenta un mayor número de municipios que obtuvieron una eficiencia de entre 80% y 100% en por lo menos uno de los años de estudio (9), y a medida que las ZODES se alejan de esta el número de municipios en este rango de eficiencia disminuye (ver tabla 15).

**Tabla 15. Número de municipios de mayor eficiencia por ZODES**

ZODES	Nº	Municipios
DIQUE	9	Calamar, Cartagena, Clemencia, San Cristóbal, San Estanislao, Santa Catalina, Soplaviento, Turbaco y Turbana.
MONTES DE MARIA	4	Córdoba, El Guamo, San Jacinto y Zambrano.
MOJANA	4	Achí, Montecristo, San Jacinto del Cauca y Tiquisio.
DEPRESION MONPOSINA	3	Cicuco, Mompós y Talaigua Nuevo.
LOBA	3	Altos del rosario, Barranco de Loba y Norosí.
MAGDALENA MEDIO	2	San Pablo y Santa rosa del Sur.

Fuente: Elaboración de los autores.

Si bien no se puede hacer una comparación entre los diferentes años estudiados debido a que los municipios analizados varían en cada uno, se observa una clara sectorización de los municipios, donde más del 50% se consideran como ineficientes al no superar la barrera del 80%, mientras un porcentaje de entre el 10% y el 14% de los mismos alcanza niveles cercanos al óptimo (entre el 80% y el 99%). Para ubicarse en la frontera de eficiencia, los municipios deben alcanzar la mejor combinación de sus insumos y productos, logrado a través del cálculo de la mejora potencial individual. Este valor es mostrado en la columna C de las tablas 16 a 19, para cada una de las variables de entrada y salida y reflejan hacia donde deben centrarse los esfuerzos de los entes territoriales.

En primera instancia, se observa que, dado que la metodología empleada está orientada a la minimización de insumos, la mejora potencial indica que se debe reducir tanto las horas promedio mensuales sin prestación del servicio como la inversión realizada en el sector; esta disminución, en promedio, es del orden del 35% y 35% respectivamente, en el año 2007. En el año siguiente, el promedio para las mismas variables se incrementa, llegando a -38,8% y -42,9%; al igual que en 2009, donde los promedios pasan a -43,9% y -44,2% respectivamente, tendencia que se mantiene aún en el 2010 donde los promedios muestran la

necesidad de reducir el número de horas del servicio en 45,5% y la inversión en el sector en un 44%. Los resultados sugieren que ha habido un uso ineficiente de los recursos, comparados con la frontera de eficiencia, es decir, los municipios que el método declaró como los más eficientes o lo que tiene una relación insumo/producto óptima. La comparación entre las DMU eficientes e ineficientes, se hace a través de la proximidad de éstos, es decir de la menor diferencia de ratios insumo/producto, dando sentido a los valores negativos de las mejoras potenciales en las variables insumo utilizadas.

Por otra parte, la cantidad de municipios que deben hacer esfuerzos orientados a los outputs es menor, dado que se observa una gran cantidad de municipios que se encuentran en el nivel de uso óptimo de los mismos. Se observa que para 2007, el 33% de los municipios deben incrementar los metros cúbicos de agua producida, en promedio 619%; a su vez, el producto número de usuarios conectados, en promedio deben incrementarlo en un 53%. Estos valores se incrementan para el año siguiente, donde en promedio, los municipios deben mejorar un 876,4% para los metros cúbicos de agua producidos y un aumento del números de usuarios conectados al servicio en 127,1% en 200; para los municipios de la muestra de 2009 el incremento del promedio en la producción de metros cúbicos de agua es alto, estando en el orden del 20717% y 149,7% para las conexiones de usuarios. Finalmente para el 2010, hay una disminución de los promedios, mostrando la necesidad de un incremento de 11252% para los metros cúbicos de agua producida y un incremento de 47,9% para el número de conexiones del servicio.

**Tabla 16. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2007.**

Municipio	E	Horas			Inversion			M3			Usuarios		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Altos del Rosario	91,74	601	529	-12	1389,25	1274,52	-8,3	7,3	52,99	625,9	814	902	10,8
El Guamo	83,4	541	451,18	-16,6	1748,58	1458,26	-16,6	51,45	85,01	65,2	921	921	0
Santa Catalina	82,42	481	396,46	-17,6	1925,18	1586,81	-17,6	345,6	345,6	0	820	820	0
El Peñón	76,86	541	415,79	-23,1	2003,52	1539,81	-23,1	153,3	153,3	0	446	783,46	75,7
Hatillo de Loba	76,12	719	528,99	-26,4	1674,64	1274,67	-23,9	75,6	75,6	0	446	902,07	102,3
El Carmen de Bolívar	75,73	601	455,11	-24,3	2991,69	2265,48	-24,3	1092	1092	0	6500	6500	0
San Cristóbal	69,55	361	251,06	-30,5	2777,14	1931,41	-30,5	11,92	165,1	1284,7	1015	1015	0
Arjona	68,09	521	354,77	-31,9	3662,45	2493,93	-31,9	1878,07	1878,07	0	6900	6900	0
Pinillos	66,76	421	281,05	-33,2	2778,79	1855,04	-33,2	81	170,95	111	522	642	23
Arroyohondo	64,65	601	388,55	-35,3	2480,06	1603,36	-35,3	50	119,81	139,6	615	754,72	22,7
Morales	63,63	481	306,07	-36,4	2838,36	1806,13	-36,4	350,4	350,4	0	1235	1235	0
Arenal	59,15	601	355,49	-40,9	2846,2	1683,5	-40,9	95,18	126,59	33	900	900	0
Magangué	58,94	361	212,77	-41,1	14710,55	8670,22	-41,1	107	5886,62	5401,5	12442	12442	0
Talaigua Nuevo	58,91	331	195	-41,1	4334,94	2553,77	-41,1	21,9	655,89	2894,9	980	4174,68	326
Margarita	55,02	451	248,15	-45	3512,64	1932,75	-45	328,5	328,5	0	351	608,03	73,2
Simití	55,01	331	182,08	-45	6578,82	3595,95	-45,3	3787,6	3787,6	0	1318	3012,21	128,5
Cantagallo	50,7	357	181	-49,3	10116,59	3599,76	-64,4	567,65	2174,4	283,1	867	3020	248,3
Villanueva	49,48	481	237,98	-50,5	3987,4	1972,79	-50,5	680	680	0	1540	1540	0
San Juan Nepomuceno	42,17	436	183,86	-57,8	10291,06	4080,04	-60,4	249,07	2531,48	916,4	3890	3890	0
Promedio	65,70	485,16	323,91	-34,63	4349,89	2483,06	-35,25	522,82	1087,36	618,70	2238,00	2682,22	53,18

Fuente: Cálculo de los autores. (E)= Porcentaje de eficiencia calculada. (A)= Valor actual del Insumo y/o producto. (B)= Valor de uso óptimo del insumo y/o producto. (C)= Porcentaje óptimo de incremento o disminución porcentual del insumo y/o producto.

**Tabla 17. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2008.**

Municipio	E	Horas			Inversion			M3			Usuarios		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Santa Rosa del Sur	97,2	151	146,77	-2,8	3945,25	1523,76	-61,4	707	707	0	2681	2681	0
Santa Catalina	84,5	421	355,76	-15,5	1196,53	1011,12	-15,5	33	109,18	230,8	6200	6200	0
Clemencia	82,06	571	468,57	-17,9	1289,74	1058,38	-17,9	296785	296785	0	2012	2012	0
Zambrano	81,64	481	392,67	-18,4	1068,93	872,63	-18,4	324	324	0	2068	3377,46	63,3
San Martín de Loba	79,57	321	255,4	-20,4	1382,97	1100,36	-20,4	4	697,3	17332,5	1070	2895,64	170,6
El Guamo	76,11	631	480,22	-23,9	1103,38	839,73	-23,9	102	123,5	21,1	966	966	0
San Jacinto del Cauca	75,56	511	386,12	-24,4	1158,1	875,07	-24,4	60	60	0	1650	3571,85	116,5
Margarita	70,2	451	316,59	-29,8	1389,82	975,63	-29,8	328	328	0	351	3720,6	960
Hatillo de Loba	66,51	631	419,69	-33,5	1295,6	861,72	-33,5	88	88	0	470	2571,74	447,2
Achí	64,48	601	387,54	-35,5	1725,86	1112,87	-35,5	217728	217728	0	830	1780,66	114,5
Morales	63,31	421	266,53	-36,7	1968,02	1245,91	-36,7	350	496,91	42	7302	7302	0
Pinillos	60,19	421	253,41	-39,8	1834,79	1104,42	-39,8	82	710,3	766,2	525	2868,79	446,4
Arroyohondo	60,03	481	288,75	-40	1719,67	1032,35	-40	187	479,6	156,5	680	3345,49	392
Arenal	59,72	481	287,27	-40,3	1977,34	1180,93	-40,3	551	551	0	7000	7000	0
Santa Rosa	55,18	531	293,03	-44,8	1854,96	1023,64	-44,8	25	451,71	1706,8	2200	3403,12	54,7
Turbaná	54,57	717	391,25	-45,4	2504,37	1366,58	-45,4	282	422,56	49,8	12050	12050	0
María La Baja	52,16	361	188,29	-47,8	2372,11	1237,23	-47,8	1024	1135,43	10,9	1718	1990,3	15,8
San Fernando	52,14	421	219,5	-47,9	2250,94	1173,58	-47,9	80	931,69	1064,6	616	2411,3	291,4
Arjona	46,36	471	218,37	-53,6	2932,94	1359,81	-53,6	1878	1878	0	7000	7000	0
Turbaco	45,63	709	323,54	-54,4	2773,59	1265,69	-54,4	30023	30023	0	9158	9158	0
Río Viejo	45,38	510	231,46	-54,6	2908,58	1320,03	-54,6	82125	82125	0	868	1111,25	28
Cantagallo	44,13	331	146,08	-55,9	8526,19	1471,61	-82,7	307	416,87	35,8	927	927	0
Simití	44,11	361	159,23	-55,9	3156,28	1392,16	-55,9	141	707,01	401,4	1391	1391	0
Villanueva	36,28	706	256,12	-63,7	3029,49	1099,03	-63,7	790	790	0	1640	2904	77,1
San Juan Nepomuceno	33,3	441	146,86	-66,7	10179,89	1560,08	-84,7	252	483,22	91,8	3890	3890	0
Promedio	61,21	485,32	291,16	-38,78	2621,81	1162,57	-42,92	25370,24	25542,09	876,41	3010,52	3861,17	127,10

Fuente: Cálculo de los autores. (E)= Porcentaje de eficiencia calculada. (A)= Valor actual del Insumo y/o producto. (B)= Valor de uso óptimo del insumo y/o producto. (C)= Porcentaje óptimo de incremento o disminución porcentual del insumo y/o producto.

**Tabla 18. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2009.**

Municipio	E	Horas			Inversion			M3			Usuarios		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Zambrano	98,21	120	117,85	-1,8	857,83	842,45	-1,8	328	47040,36	14241,6	1956	2315,9	18,4
Mompós	95,3	18	17,15	-4,7	2837,53	2704,15	-4,7	2099520	2682776,86	27,8	4760	8056,56	69,3
Calamar	93,44	540	363,26	-32,7	1075,1	1004,58	-6,6	6453000	6453000	0	2056	17434,18	748
El Guamo	87,5	120	105	-12,5	1051,36	919,9	-12,5	250000	250000	0	850	2637,46	210,3
San Estanislao	78,93	240	189,43	-21,1	1009,67	796,91	-21,1	964224	964224	0	5448	5448	0
Barranco de Loba	77,38	360	278,56	-22,6	741,08	573,42	-22,6	114048	367358,17	222,1	1965	1965	0
Villanueva	72,44	60	43,46	-27,6	1630,87	1181,34	-27,6	280000	280000	0	1553	1790,37	15,3
Hatillo de Loba	71,81	130	93,35	-28,2	1323,63	950,46	-28,2	46656	92743,88	98,8	1370	2064,19	50,7
Córdoba	70,95	280	198,65	-29,1	1049,86	744,83	-29,1	622080	622080	0	3409	3409	0
Tiquisio	67,29	129	86,8	-32,7	1512,44	1017,71	-32,7	435456	435456	0	995	2834,55	184,9
Achí	64,15	120	76,98	-35,9	1594,21	1022,64	-35,9	33696	123286,42	265,9	694	1895,99	173,2
Santa Catalina	63,17	240	151,61	-36,8	1233,27	779,07	-36,8	349	86996,84	24827,5	865	2134,03	146,7
Arroyohondo	62,34	240	149,62	-37,7	1255,15	782,47	-37,7	72000	84223,86	17	549	2146,89	291,1
Regidor	60,23	340	204,79	-39,8	1142,94	688,41	-39,8	93312	160961,86	72,5	500	1790,92	258,2
Clemencia	59,88	180	107,78	-40,1	1827,11	1094,08	-40,1	1850000	1850000	0	2012	6734,28	234,7
Turbaná	58,69	180	105,65	-41,3	1589,15	932,72	-41,3	383850	383850	0	1750	2986,46	70,7
San Jacinto del Cauca	56,95	220	125,29	-43,1	1446,85	823,96	-43,1	36000	50379,94	39,9	508	2303,89	353,5
Pinillos	56,42	300	169,26	-43,6	1327,56	748,99	-43,6	82000	111539,45	36	476	2020,18	324,4
Arenal	54,21	240	130,11	-45,8	1522,18	825,23	-45,8	155520	155520	0	1080	2542,91	135,5
El Peñón	52,94	210	111,18	-47,1	1663,39	880,67	-47,1	113400	135465,48	19,5	2440	2440	0
San Martín de Loba	51,45	420	216,1	-48,5	1300,49	669,13	-48,5	420	176694,21	41970,1	1100	1717,94	56,2
Montecristo	51,22	580	297,09	-48,8	1363,86	698,61	-48,8	143078,4	1999050,35	1297,2	7080	7080	0
Morales	48,72	360	175,39	-51,3	1628,55	793,4	-51,3	171072	662813,64	287,4	4657	4657	0
Mahates	47,82	480	229,53	-52,2	1384,59	662,09	-52,2	359510	359510	0	1700	2081,82	22,5
Margarita	47,47	290	137,66	-52,5	1744,47	828,06	-52,5	328500	328500	0	263	2940,25	1018
Santa Rosa del Sur	45,26	570	257,97	-54,7	1426,13	645,45	-54,7	729000	729000	0	2681	2803,86	4,6
San Pablo	43,05	440	189,42	-56,9	2827,44	1217,24	-56,9	760320	5331642,58	601,2	16741	16741	0
Río Viejo	40,77	240	97,84	-59,2	2294,44	935,38	-59,2	125000	125000	0	879	2213,33	151,8
Arjona	40,6	280	113,69	-59,4	2687,45	1091,2	-59,4	319	2038266,36	638855	7300	7300	0
María La Baja	40,42	360	145,5	-59,6	2104,12	850,43	-59,6	709560	709560	0	1718	3905,62	127,3
Magangué	38,53	334	128,68	-61,5	3735,26	1439,09	-61,5	5574006	5574006	0	12621	16485,74	30,6
San Juan Nepomuceno	34,91	170	59,35	-65,1	4991,25	1742,5	-65,1	155520	3604515,58	2217,7	10576	10576	0
Simití	22,71	360	81,75	-77,3	4464,85	1013,89	-77,3	220248	220248	0	1311	2213,33	68,8
Cantagallo	18,31	390	71,43	-81,7	5828,47	1067,45	-81,7	308715	308715	0	1030	2282,66	121,6
San Fernando	14,97	420	62,88	-85	7270,76	1088,6	-85	182500	182500	0	405	1834,63	353
Promedio	56,81	284,60	145,43	-43,94	2078,38	973,04	-43,19	681520,21	1076769,28	20717,06	3008,51	4565,26	149,69

Fuente: Cálculo de los autores. (E)= Porcentaje de eficiencia calculada. (A)= Valor actual del Insumo y/o producto. (B)= Valor de uso óptimo del insumo y/o producto. (C)= Porcentaje óptimo de incremento o disminución porcentual del insumo y/o producto.

**Tabla 19. Mejoramiento potencial, modelo aprovechamiento del recurso hídrico, cobertura y continuidad del servicio, Bolívar 2010.**

Municipio	E	Horas			Inversion			M3			Usuarios		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Barranco de Loba	97,86	210	205,5	-2,1	967	946,29	-2,1	1700	282140,39	16496,5	902	1191,34	32,1
Zambrano	93,76	240	225,01	-6,2	987	925,37	-6,2	432	568358,14	131464,4	1952	1952	0
San Estanislao	83,79	299	250,53	-16,2	1087	910,78	-16,2	1044084	1044084	0	2208	3237,52	46,6
Santa Rosa del Sur	82,42	720	333,33	-53,7	798	657,75	-17,6	120000	951105,39	692,6	2717	2717	0
Clemencia	78,92	180	142,06	-21,1	1683	1328,23	-21,1	1850000	1850000	0	2012	5880,57	192,3
Villanueva	75,1	150	112,64	-24,9	1625	1220,32	-24,9	280000	308943,46	10,3	1553	1553	0
Margarita	73,32	290	212,62	-26,7	1263	925,98	-26,7	100800	285599,71	183,3	451	1179,44	161,5
Tiquisio	72,37	129	93,36	-27,6	1759	1273	-27,6	280800	280800	0	995	1531,48	53,9
Pinillos	66,15	300	198,44	-33,9	1461	966,43	-33,9	51100	278709,22	445,4	455	1203,15	164,4
Mahates	57,03	480	273,72	-43	1535	875,34	-43	605250	1299992,29	114,8	3900	3900	0
Santa Rosa	54,62	431	235,43	-45,4	1576	860,88	-45,4	25000	296691,83	1086,8	728	1141,26	56,8
El Guamo	52,72	120	63,26	-47,3	2565	1352,2	-47,3	180000	212982,42	18,3	822	1429,38	73,9
Magangué	52,02	325	169,07	-48	3094	1609,52	-48	4715288	4715288	0	11003	14011,72	27,3
María La Baja	44,69	360	160,87	-55,3	2529	1130,09	-55,3	709560	709560	0	1718	2553,54	48,6
Talaigua Nuevo	44,54	360	160,33	-55,5	2497	1112,06	-55,5	109500	553564,76	405,5	2108	2108	0
Turbaco	43,59	420	183,08	-56,4	3115	1357,82	-56,4	309832	3037155,96	880,3	9158	9158	0
San Juan Nepomuceno	43,48	420	182,6	-56,5	2641	1148,2	-56,5	211606	1357724,52	541,6	4345	4345	0
Santa Catalina	43,3	240	103,92	-56,7	2855	1236,18	-56,7	349	232749,63	66590,4	865	1361,34	57,4
Achí	42,59	510	217,23	-57,4	2143	912,81	-57,4	205233	287844,45	40,3	800	1171,71	46,5
Arjona	39,34	600	236,04	-60,7	2905	1142,84	-60,7	2220419	2554884,41	15,1	7613	7613	0
Arenal	29,5	240	70,81	-70,5	4510	1330,66	-70,5	194400	216653,29	11,4	958	1416,74	47,9
Simití	28,12	360	101,22	-71,9	4424	1243,88	-71,9	160068	231438,15	44,6	1329	1365,86	2,8
San Martín de Loba	23,38	420	98,21	-76,6	5356	1252,46	-76,6	450	229976,54	51005,9	1120	1370,89	22,4
Cantagallo	20,66	360	74,38	-79,3	6433	1329,21	-79,3	288000	288000	0	750	1610,32	114,7
Promedio	55,97	340,17	170,99	-45,54	2492,00	1127,01	-44,03	569327,96	919760,27	11251,98	2519,25	3125,09	47,88

Fuente: Cálculo de los autores. (E)= Porcentaje de eficiencia calculada. (A)= Valor actual del Insumo y/o producto. (B)= Valor de uso óptimo del insumo y/o producto. (C)= Porcentaje óptimo de incremento o disminución porcentual del insumo y/o producto.

### **3.3 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

Para el correcto cálculo del Índice de Productividad de Malmquist (IPM), es necesaria la disponibilidad de los datos para las mismas DMU durante la totalidad del periodo analizado, debido a que mide el cambio de la evolución de la productividad total de los factores en el tiempo partiendo de una tecnología común. Ante esto, es claro que no se contará con los 46 municipios del departamento, debido en primera instancia a la severa falta de información que caracteriza este sector. Por lo anterior, 13 son los municipios que se incluyen en el análisis, los cuales son: Achí, Arenal, Arjona, Barranco de Loba, Cantagallo, Cartagena, El Guamo, Margarita, Pinillos, San Juan Nepomuceno, Santa Catalina, Simití y Villanueva. La información fue procesada utilizando el programa "Efficiency Measurement System" versión 1.3.0.

El índice en cuestión permite determinar el movimiento que pudieran mostrar los municipios hacia la frontera eficiente a través de dos componentes: el primer componente es conocido como la "Convergencia a la Frontera" o Catch-Up (ET) y muestra el cambio relativo en la eficiencia entre los períodos. El segundo componente se conoce como "Índice de productividad de frontera" o Frontier-Shift (CT) y muestra la distancia relativa entre las fronteras es decir, mide el cambio de fronteras entre dos períodos (Odeck, 2005). Para la estimación de la eficiencia, se recurre al modelo de retornos constantes a escala con orientación al input teniendo en cuenta que para el primer componente del índice se requiere que el rendimiento a escala sea constante (RCA) (Thanassoulis, 2001), y en cuanto al segundo componente, que tratándose de RCA, la eficiencia técnica es igual para la orientación input y output.

En la tabla siguiente se resumen los resultados del cálculo del IPM para el periodo analizado. Se observa que de año en año, el nivel de productividad media presenta desmejoras explicadas principalmente por el comportamiento de la eficiencia técnica, llegando al peor resultado en el periodo comprendido entre 2008 y 2009, donde el IPM cae en 0,65 gracias a que la eficiencia técnica de los municipios se ubicó en 0,19. El periodo que presentó la caída del IPM más baja fue 2007-2008 y fue de 0,1, seguido del periodo 2009-2010, donde la desmejora fue del 0,31 explicado por un nivel de eficiencia técnica de 0,68.

El comportamiento de la productividad de los municipios se podría explicar entonces por la desmejora de la eficiencia a través de sustituciones entre inputs y

outputs y estancamiento de los municipios en lo referente a la competitividad, innovación y el dinamismo con que se alcanzan los objetivos, observable en los niveles de crecimiento del cambio tecnológico, dado que solo en el periodo 2008-2009, presento un aumento de más de 0,8; permaneciendo prácticamente invariable en los periodos de 2007-2008 (0,90) y 2009-2010 (1,00).

**Tabla 20. Eficiencia, cambio técnico e Índice de Malmquist, Bolívar 2007-2010.**

DMU	PERIODO 2007-2008			PERIODO 2008-2009			PERIODO 2009-2010		
	ET	CT	IPM	ET	CT	IPM	ET	CT	IPM
ACHÍ	1,00	1,00	1,00	0,02	0,78	0,02	0,72	0,89	0,64
ARENAL	4,33	0,74	3,19	0,03	2,62	0,09	0,58	1,12	0,64
ARJONA	0,52	0,89	0,46	0,19	1,00	0,19	1,12	0,98	1,10
BARRANCO DE LOBA	2,51	0,62	1,56	0,10	1,40	0,14	0,42	1,00	0,42
CANTAGALLO	0,53	1,00	0,53	0,39	6,46	2,49	0,82	0,97	0,80
CARTAGENA	1,00	0,93	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EL GUAMO	0,61	1,01	0,61	0,16	2,53	0,42	0,87	1,12	0,97
MARGARITA	0,95	1,05	1,00	0,34	3,12	1,07	0,84	1,03	0,86
PINILLOS	0,60	1,02	0,61	0,21	3,19	0,67	1,03	1,00	1,03
SAN JUAN NEPOMUCENO	0,42	1,00	0,42	2,59	1,26	3,27	0,29	0,89	0,26
SANTA CATALINA	4,41	0,62	2,75	0,02	1,05	0,03	0,52	1,12	0,59
SIMITÍ	0,86	1,03	0,89	0,14	3,39	0,47	0,96	1,00	0,96
VILLANUEVA	0,55	1,03	0,56	0,85	1,31	1,11	0,41	0,96	0,39
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	<b>0,90</b>	<b>0,19</b>	<b>1,84</b>	<b>0,35</b>	<b>0,68</b>	<b>1,00</b>	<b>0,69</b>

Fuente: Cálculo de los autores.

El cálculo de la eficiencia en la producción y prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico para los municipios del departamento de Bolívar durante el periodo estudiado, es el primer paso para el planteamiento de directrices con miras a mejorar la situación del servicio. En primera instancia, desde un punto de vista meramente técnico, el DEA junto con el Índice de Malmquist evidencia que el principal problema es la caída generalizada de la eficiencia técnica en la producción del servicio, y que la eficiencia optima será alcanzada si hay una disminución del número de horas sin servicio, junto a una disminución de los recursos destinados, entendido esto como un mejor aprovechamiento o asignación de los mismos, con el único objetivo de mejorar la producción de metros cúbicos de agua potable como también de la cobertura representada en la cantidad de conexiones.

Los resultados de la eficiencia técnica de los municipios del departamento de Bolívar muestran que para 2007, de los 27 municipios analizados, quienes

resultaron eficientes fueron: Achí, Barranco de Loba, Cartagena, Mompós, Montecristo, San Jacinto del Cauca, San Pablo y Turbana. Para el año 2008, de los 33 municipios analizados, fueron eficientes: Barranco de Loba, Calamar, Cartagena, Cicuco Córdoba, San Pablo, Montecristo y Tiquisio. Por su parte, en el año 2009 los municipios que alcanzaron la máxima eficiencia fueron: Cartagena, Cicuco, Norosí, San Cristóbal, Soplaviento, Talaigua Nuevo y Turbaco. Por último, en el año 2010, Calamar, Cartagena, Cicuco, San Cristóbal y San Jacinto son los municipios considerados como eficientes en el proceso de producción de agua potable y saneamiento básico. Sin embargo El ranking de los más eficientes es cambiante en el tiempo, pues no hay continuidad en la permanencia de los municipios en el grupo, exceptuando el caso de Cartagena.

Por otra parte, para el año 2007, alrededor del 59% de los municipios no superan un puntaje de eficiencia de 77%. A su vez, para el año 2008 más de la mitad de los municipios no sobrepasan el 80% de eficiencia, mientras que en 2009, el 74% de estos no alcanzaron el 80% en eficiencia. Por último, en el año 2010, se observa que el 69% de los municipios presenta un nivel de eficiencia inferior al 80%.

Un aspecto a resaltar dentro de la ZODES Dique, es que existe una posible relación positiva empírica entre la cercanía geográfica entre Cartagena y el porcentaje de eficiencia de los municipios cercanos a ella dado que para esta investigación se encontró que en tres de los cuatro años de estudio existe por lo menos un municipio fronterizo que posee una eficiencia entre 80% y 100%

En el aspecto de la mejora potencial de los municipios ineficientes, el análisis con DEA indica que se debe reducir tanto las horas promedio mensuales sin prestación del servicio como la inversión realizada en el sector para alcanzar la frontera de eficiencia. Los resultados sugieren que ha habido un uso ineficiente de los recursos, comparados con los municipios que tiene una relación insumo/producto óptima. Por otra parte, se observa que los municipios deben incrementar tanto el producto número de usuarios conectados, como los metros cúbicos de agua producida siendo este último el mayor factor a incrementar.

El Índice de productividad de Malmquist, por su parte, evidencia que el principal problema es la caída generalizada de la eficiencia técnica en la producción del servicio, que lleva a un decrecimiento en el tiempo de la productividad de los municipios en la producción de agua potable y saneamiento básico, aun existiendo incrementos en el cambio técnico o innovación técnica.

### **3.4 RECOMENDACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA Y LA PRODUCTIVIDAD EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y SANEAMIENTO BASICO EN BOLIVAR**

El cálculo de la eficiencia en la producción y prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico para los municipios del departamento de Bolívar durante el periodo estudiado, es el primer paso para el planteamiento de directrices con miras a mejorar la situación del servicio. En primera instancia, desde un punto de vista meramente técnico, el DEA junto con el Índice de Malmquist evidencia que el principal problema es la caída generalizada de la eficiencia técnica en la producción del servicio, y que la eficiencia óptima será alcanzada si hay una disminución del número de horas sin servicio, junto a una disminución de los recursos destinados, entendido esto como un mejor aprovechamiento o asignación de los mismos, con el único objetivo de mejorar la producción de metros cúbicos de agua potable como también de la cobertura representada en la cantidad de conexiones.

Uno de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del DEA, sugiere la reasignación de la inversión en el sector, lo que podría explicarse por la existencia de capital ocioso o mal orientado; la importancia de los recursos asignados radica en que su correcta implementación permitiría la mejora en la densidad de redes de distribución, como maquinaria en general e inmuebles, estas últimas permiten una mayor producción de agua potable, que junto a una buena red de distribución terminaría en una continuidad en el servicio.

Comparando el resultado de la investigación con las directrices que han asumido los municipios que hacen parte del Plan Departamental de Agua, a través de su Plan General y Estratégico y de Inversiones -PGEI-, donde se contempla el aumento de la inversión necesario para el incremento en la cobertura de agua potable tendiente al 100% en el largo plazo, se encuentra que no se especifica cuál será la orientación de esta; es decir, no se tienen en cuenta las falencias dentro del sector que permitan hacer un uso más eficiente de los recursos invertidos, sólo se centra la meta propuesta en el aumento de la cobertura total, dando pie a profundizar la existencia de los capitales ociosos. Se debe saber que a quienes les corresponde (según el art. 78 de la Ley 715 de 2001 y reglamentación subsiguiente) diseñar las estrategias necesarias para promover un mejor uso de los recursos asignados, con miras a incrementar de esa forma la

calidad en la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico, en los municipios del departamento.

Otro resultado a considerar es la reducción del número de horas sin prestación de servicio, que es afectado por la producción de agua potable y la infraestructura de distribución del servicio, sin embargo el cumplimiento de estas condiciones no asegura la continuidad del servicio dado que se debe tener en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico, es decir, las fuentes de abastecimiento con las que cuente el ente territorial. El PDA, no deja claro este componente tan importante, aun sabiendo que existen municipios con problemas en sus fuentes de abastecimiento o que estas no son aptas para el consumo. El mismo deja en competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales, la primera autoridad ambiental, el garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico del Departamento, minimizar los riesgos de interrupción de los sistemas de acueducto y saneamiento básico por la ocurrencia de fenómenos naturales y el cumplimiento de la normatividad ambiental del sector. Para contrarrestar dicha situación, se podría plantear planes de contingencia que busquen atenuar el déficit de agua potable, al igual que se podrían realizar alianzas intermunicipales que permitan mantener un nivel estable de continuidad del servicio.

Para la evaluación de los resultados y los ajustes pertinentes del PGIE integrado al PDA, y en forma general a cualquier plan de inversión en acueducto y saneamiento básico, se debe contar con información que permita la vigilancia y control en este sector, siendo esto posible si se robustecen los controles necesarios para asegurar la captura de la información de todos los municipios y garantizar la confiabilidad de la misma. Esta recomendación, es de gran importancia, dado que como bien se describe, permite el control y la evaluación de la ejecución de los planes de inversión, que deben atender a los principios de eficiencia, por ser recursos escasos como además de origen público.

Para finalizar, las recomendaciones realizadas en esta investigación basándose en los resultados del método DEA y Malmquist orientados a la eficiencia, no han sido consideradas por los organismos encargados de la planeación y control de las inversiones en acueducto y saneamiento básico. Por ende, tener como norte la eficiencia en este servicio de vital importancia, garantizar su sostenibilidad y el mejoramiento del bienestar de esta y futuras poblaciones de los municipios del departamento.

## 4 CONCLUSIONES

El diagnóstico de los municipios del departamento de Bolívar revela que su economía presenta diversas falencias, siendo la incapacidad de ahorro y generación de ingresos propios, así como la alta dependencia de las transferencias los principales percances en lo que a situación fiscal se refiere, donde el 67% de los municipios invierte el 85% o más del gasto total; la capacidad de ahorro del 69% de los mismos cuentan con menos del 40% de excedentes de sus ingresos para generar inversión. El 53% de los ingresos del departamento para 2011 fueron por concepto de transferencias demostrando el nivel de dependencia de estos al gobierno central, siendo esta del 80% o superior y, a su vez, la generación de recursos propios es insuficiente siendo en su mayoría de menos del 10%. Por lo anterior, los municipios en estudio son considerados como riesgosos desde el punto de vista del desempeño fiscal.

En materia social, el departamento en general presenta considerables tasas de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), dado que se observa en un análisis por quintiles que: en el 25% de los municipios de Bolívar el 58,83% de la población presenta al menos una necesidad básica insatisfecha, mientras el 75% restante manifiesta que como mínimo este mismo valor. La alta disparidad es observada en los extremos de la distribución de los municipios, donde el 5% de los municipios con mayor proporción de la población con NBI tiene casi dos veces el nivel de necesidades básicas insatisfechas del 5% de los municipios con menor proporción de la población con alguna necesidad básica insatisfecha. A su vez, el valor del índice es afectado por el componente de viviendas sin acceso a condiciones vitales y sanitarias mínimas, que en promedio 34,72% de las viviendas no tienen acceso a sanidad, siendo los casos más preocupantes: San Jacinto, quien presenta un 87,17% de su población bajo esta condición; Santa Rosa, con un 82,17%; El Carmen de Bolívar, con un 78,72%; Villanueva, con 75,56% y San Jacinto del Cauca, con un 69,80% de su población sin acceso. Entendiendo el problema de la falta de acceso y disponibilidad del servicio de agua potable y saneamiento básico, como un problema social ligado a la pobreza en el departamento, es de esperarse que la falta del servicio se correlacione con el NBI.

La caracterización del sector arroja que la cobertura promedio de acueducto de agua de los municipios del departamento exceptuando a Cartagena, para 2012 de 75% estando 12 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional, creciendo

un 4% en los últimos siete años; este aumento no se ha visto acompañado de mejoras en la calidad del servicio ni de la calidad del agua suministrada. Según el Plan Departamental de Agua, en promedio, los municipios cuentan con 11 horas del servicio de acueducto y 27 de los 45 municipios incluidos en el estudio, reportan una condición “no apta” de potabilidad. De igual manera, la situación del acceso a la sanidad del departamento, se caracteriza por la insuficiencia del servicio; únicamente en 13 municipios cuentan con alcantarillado, la cobertura promedio de alcantarillado para la totalidad de los municipios estudiados es de 18,6%, casi 57 puntos porcentuales por debajo del promedio nacional y, sólo el 27,97% de la población del Departamento de Bolívar cuenta con redes de alcantarillado.

En el transcurrir de los años, la eficiencia en la cobertura de agua potable y saneamiento Básico del departamento de Bolívar ha sufrido una desmejora, haciendo necesario disminuir tanto el número de horas sin prestación de servicio como la reorientación de la inversión realizada en el sector, y, a su vez, aumentar el número de metros cúbicos de agua producidos junto a la cantidad de usuarios. Por otra parte los cambios en la productividad, se ven afectados en primera medida por el comportamiento en el componente de la eficiencia técnica, lo que confirma los problemas mencionados en el primer análisis.

Los resultados permitieron sugerir que Cartagena, al ser el único municipio eficiente en todos los años de estudio, ejerce alguna influencia sobre sus municipios fronterizos, incluso en la medida en que los ZODES se encuentran más distantes a la ZODES Dique, a la cual pertenece Cartagena, el número de municipios que por lo menos en uno de los años de estudio se podrían considerar casi o completamente eficientes, disminuye. A su vez se puede mencionar que a esta ZODES pertenecen dos de los tres municipios con mayor eficiencia durante el periodo estudiado, siendo Cartagena y Calamar; y el tercer municipio, Cicuco, hace parte de la ZODES Depresión Momposina.

La no continuidad de los reportes de los municipios sobre la situación del agua potable y saneamiento básico en el departamento, genera dificultades metodológicas en el estudio del sector, debido a la dificultad de contar con una muestra consolidada y con datos de aceptable calidad. Por lo anterior, se deben mejorar por parte de los entes territoriales el sistema de estadísticas del sector, que permitiría aclarar aún más la situación real del departamento que ayudaría a mejorar la gestión y el direccionamiento de los recursos. Además cabe resaltar que ante esta situación, resulta adecuada la implementación de metodologías

como la utilizada en este estudio, no paramétricas, debido a que para esta no se hace necesario contar con datos consolidados y de calidad, evitando así problemas de especificación, situación más necesaria en los métodos paramétricos.

A sabiendas que no es posible una comparación directa entre los datos de eficiencia entre los diferentes años, si se puede establecer una sectorización o un patrón característico en lo que a eficiencia se refiere, donde para los diferentes años, más del 50% de los municipios presentan un puntaje de eficiencia menor del 80% y que entre el 10 y 14% presentan valores cercanos al óptimo.

Todos estos resultados permitieron plantear recomendaciones en favor de aminorar las falencias que presentan los municipios, las cuales no han sido consideradas por los organismos encargados de la planeación y control de las inversiones en acueducto y saneamiento básico, tales como: reconocer en qué campos se están presentando inversiones ociosas para así asignar los recursos y elevar los niveles de eficiencia, así como reducir el número de horas sin prestación de servicio teniendo en cuenta la disponibilidad del recurso hídrico con que cuenta cada municipio y realizar un mayor control en el proceso de recolección y envío de la información necesaria para la evaluación de la eficiencia del sector en los municipios.

## 5 BIBLIOGRAFIA

1. Abbott, M., & Cohen, B. (2009). Productivity and efficiency in the water industry. *Utilities Policy*, 17, 233–244.
2. Abbott, M., Cohen, B., & Wang, W. C. (2012). The performance of the urban water and wastewater sectors in Australia. *Utilities Policy*, 20, 52–63.
3. Alsharif, K., Feroz, E. H., Klemer, A., & Raab, R. (2008). Governance of water supply systems in the Palestinian Territories: A data envelopment analysis approach to the management of water resources. *Journal of Environmental Management*, 87, 80–94.
4. Álvarez, A. (2001). *La medición de la eficiencia y la productividad* (1st ed.). Ediciones Pirámide S.A.
5. Anwandter, L., & Ozuna, T. J. (2002). Can public sector reforms improve the efficiency of public water utilities? *Environment and Development Economics*, 687–700.
6. Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078–1092.
7. Bosch, C., Hommann, K., Rubio, G., Sadoff, C., & Travers, L. (2000). Water, Sanitation and Poverty. *A sourcebook for poverty reduction strategies*. Washington, DC: The World Bank. Recuperado de <ftp://ftp.solutionexchange.net.in/public/wes/cr/res29060702.pdf>
8. Byrnes, J., Crase, L., Dollery, B., & Villano, R. (2010). The relative economic efficiency of urban water utilities in regional New South Wales and Victoria. *Resource and Energy Economics*, 32, 439–455.
9. Byrnes, P., Grosskopf, S., & Hayes, K. (1986). Efficiency and Ownership: Further Evidence. *The Review of Economics and Statistics*, 68, 337–41.
10. Cardona, A. (2011). Consideraciones sobre el sector de agua potable y saneamiento básico en Colombia. Documento Departamento Nacional de Planeación -DNP-. Recuperado de

<https://www.dnp.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=EJD4cmAWsZE%3D&tabid=108>

11. CEPAL. (2010). *Panorama Social de America Latina 2008*. United Nations Publications.
12. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429–444.
13. Congreso de la República de Colombia. Sistema General de Participaciones. , Pub. L. No. 715 de 2001 (2001).
14. Contraloría Distrital de Cartagena de Indias. (2009). *Informe de auditoría gubernamental con enfoque integral: modalidad especial recursos hidricos*. Cartagena de Indias. Recuperado de <http://contraloriadecartagena.gov.co/ar/pdf/InformeDefinitivoRecursosHidricos.pdf>
15. Corton, M. L., & Berg, S. V. (2009). Benchmarking Central American water utilities. *Utilities Policy*, 17, 267–275.
16. Cubbin, J., & Tzanidakis, G. (1998). Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement: an application to the England and Wales regulated water industry. *Utilities Policy*, 7, 75–85.
17. Cuncha, R., & Garzón, F. H. (2007). PERFORMANCE-BASED POTABLE WATER AND SEWER SERVICE REGULATION. THE REGULATORY MODEL. *Cuadernos de Administracion de Bogotá*, 20, 283–298.
18. Departamento Nacional de Planeación. (2013). Asignación Histórica de las Participaciones Territoriales 1994 - 2013. Recuperado en octubre 5, 2013, desde <https://www.dnp.gov.co/Programas/DesarrolloTerritorial/FinanzasP%C3%BAblicasTerritoriales/Hist%C3%B3ricodeParticipacionesTerritoriales.aspx>
19. Empresa Aguas de Bolívar S.A. E.S.P. (2012). Aguas de Bolívar. *Revista de la Empresa Aguas de Bolívar S.A. E.S.P.*, 3.

20. Falagario, M., Sciancalepore, F., Costantino, N., & Pietroforte, R. (2012). Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218, 523–529.
21. Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries. *American Economic Review*, 84, 66–83.
22. Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120, 253–290.
23. Ferro, G., Lentini, E., & Romero, C. (2011). Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado. *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 385, 58.
24. Fuentes, R. (2002). *Eficiencia de los centros públicos de educación secundaria de la provincia de Alicante* (Economía aplicada). Universidad de Alicante, Alicante. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10045/10112>
25. García-Sánchez, I. M. (2006). Efficiency measurement in Spanish local government: The case of municipal water services. *Review of Policy Research*, 23, 355–371.
26. Garcia-Valinas, M. A., & Muniz, M. A. (2007). Is DEA Useful in the Regulation of Water Utilities? A Dynamic Efficiency Evaluation (a Dynamic Efficiency Evaluation of Water Utilities). *Applied Economics*, 39, 245–252.
27. Giuffrida, A. (1999). Productivity and Efficiency Changes in Primary Care: A Malmquist Index Approach. *Health Care Management Science*, 2, 11–26.
28. Gobernacion de Bolivar. (2012). Plan de desarrollo departamento de Bolivar 2012-2015: Bolivar Ganador. Recuperado de [http://www.ocaribe.org/cargar\\_imagen.php?tipo=22&id=3](http://www.ocaribe.org/cargar_imagen.php?tipo=22&id=3)
29. Gobernación de Bolívar. (2011). Plan Departamental de Agua de Bolívar: Plan General Estratégico de Inversiones.
30. Gobernación de Bolívar. (2012). Plan Departamental de Gestión del Riesgo - Bolívar. Recuperado de [www.sigpad.gov.co/sigpad/pnud/Descarga.aspx?id=74](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/pnud/Descarga.aspx?id=74)

31. Gobernación de Bolívar. (2013). Información Institucional. Recuperado en octubre 5, 2013, desde [http://www.bolivar.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=171](http://www.bolivar.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=171)
32. Gómez, D. (2010). *Eficiencia de la industria del agua potable en Colombia: Una aproximación a partir del Análisis Envoltante de Datos con factores ambientales* (Economía aplicada). Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona.
33. González, M., & Sánchez, R. (2011). Aplicación De Dea Para Medir La Eficiencia De Una planta Deshidratadora De Manzanas. Presented at the XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Ubatuba-Sao Paulo.
34. Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1989). *Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach*.
35. Halkos, G. E., & Tzeremes, N. G. (2012). The Effect Of Access To Improved Water Sources And Sanitation On Economic Efficiency: The Case Of Sub-Saharan African Countries. *South African Journal of Economics*, 80, 246–263.
36. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4th ed.). México: MacGraw-Hill.
37. Hernández-Sancho, F., & Sala-Garrido, R. (2009). Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach. *Desalination*, 249, 230–234.
38. Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL.
39. Kulshrestha, M., & Vishwakarma, A. (2013). Efficiency evaluation of urban water supply services in an Indian state. *Water Policy*, 15, 134–152.
40. Lambert, D. K., Dichev, D., & Raffiee, K. (1993). Ownership and sources of inefficiency in the provision of water services. *Water Resources Research*, 29, 1573–1578.
41. Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística*, 4, 209–242.

42. Mankiw, N. G. (2001). *Macroeconomía*. Antoni Bosch Editor.
43. Martínez, M. (1998). El concepto de productividad en el análisis económico. *1998*, 3.
44. Maza, F. (2012). *Pertinencia de la oferta educativa de la zodes montes de maría -Colombia con sus capacidades productivas agrícolas y su potencial agroindustrial* (Tesis maestría). Universidad de Cádiz, España.
45. Maza, F., Navarro, J. L., & Puello, J. G. (2012). ¿Fue Eficiente la Asignación de Recursos en el Suministro de Agua Potable en el Departamento de Bolívar- Colombia en el Periodo 2007-2008? (Español). *Revista Entramado*, 8, 58–70.
46. Maza, F., Vergara, J., Herrera, G., Agámez, A., & Mejía, W. (2012). Potencialidad de la capacidad agrícola de la zona de desarrollo económico y social - Zodes Montes de María del departamento de Bolívar - Colombia, 1, 13–27.
47. Maza, F., Vergara, J., & Navarro, J. (2012). Eficiencia De La Inversión En El Régimen Subsidiado En Salud En Bolívar - Colombia. (Spanish). *Investigaciones ANDINA*, 14, 386–400.
48. Nicholson, W. (2004). *Teoría microeconómica: principios básicos y ampliaciones*. International Thomson.
49. Nupia, O., & Sánchez, F. (2001). Eficiencia de los hospitales públicos de Bogotá. *Desarrollo y Sociedad*, 48, 101–136.
50. Odeck, J. (2005). Evaluating Target Achievements in the Public Sector: An Application of a Rare Non-parametric DEA and Malmquist Indices. *Journal of Applied Economics*, 8, 171–190.
51. Pérez, G. (2005). Bolívar: industrial, agropecuario y turístico. *Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional*, 1 – 130.
52. Picazo-Tadeo, A. J., Sáez-Fernández, F. J., & González-Gómez, F. (2008). Does service quality matter in measuring the performance of water utilities? *Utilities Policy*, 16, 30–38.

53. Pindyck, R. S. A., & Rubinfeld, D. L. A. (1998). *Microeconomía*. Prentice Hall Iberia.
54. PNUD, & Watkins, K. (2006). *Informe sobre desarrollo humano 2006: más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
55. Pombo, C., & Taborda, R. (2006). Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: Effects of the 1994 reform. *Energy Economics*, 28, 339–369.
56. Pulina, M., Detotto, C., & Paba, A. (2010). An investigation into the relationship between size and efficiency of the Italian hospitality sector: A window DEA approach. *European Journal of Operational Research*, 204, 613–620.
57. Quesada, V., Vergara, J., & Maza, F. (2012). Calidad y progreso técnico en la gestión educativa en el departamento de Bolívar –Colombia– 2007-2010. Presented at the XIII Congreso De la Sociedad Latinoamericana de Estudios sobre Latinoamérica y el Caribe- SOLAR, Cartagena de Indias.
58. Romano, G., & Guerrini, A. (2011). Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: A data envelopment analysis approach. *Infrastructure Reform in China*, 19, 202–209.
59. Rosano-Peña, C., Albuquerque, P. H. M., & Daher, C. E. (2012). Dinâmica da Produtividade e Eficiência dos Gastos na Educação dos Municípios Goianos. (Portuguese). *Productivity and Efficiency Dynamics in Education Spending in Municipalities of the Brazilian State of Goiás. (English)*, 16, 845–865.
60. Sala-Garrido, R., Hernández-Sancho, F., & Molinos-Senante, M. (2012). Assessing the efficiency of wastewater treatment plants in an uncertain context: a DEA with tolerances approach. *Environmental Science & Policy*, 18, 34–44.
61. Santín, D. (2009). La Medición de la Eficiencia en el Sector Público. Técnicas Cuantitativas. Presented at the I Curso de evaluación de políticas públicas y programas presupuestarios, Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

62. Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39, 312–320.
63. Thanassoulis, E. (2000). DEA and its use in the regulation of water companies. *European Journal of Operational Research*, 127, 1–13.
64. Thanassoulis, E. (2001). *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software*. Springer.
65. Thanassoulis, E. (2002). La medición del desempeño comparativo en la regla: el caso de Inglaterra y Gales los servicios de alcantarillado [daga]. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 292–302.
66. Thomas Sav, G. (2013). Four-Stage DEA Efficiency Evaluations: Financial Reforms in Public University Funding. *International Journal of Economics & Finance*, 5, 24–33.
67. Tupper, H. C., & Resende, M. (2004). Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study. *Utilities Policy*, 12, 29–40.
68. Valdmanis, V., Kumanarayake, L., & Lertiendumrong, J. (2004). Capacity in Thai Public Hospitals and the Production of Care for Poor and Nonpoor Patients. *Health Services Research*, 39, 2117–2134.
69. Varela, P. S., Martins, G. de A., & Favero, L. P. L. (2010). Production Efficiency and Financing of Public Health: An Analysis of Small Municipalities in the State of Sao Paulo--Brazil. *Health Care Management Science*, 13, 112–123.
70. Varian, H. R., Rabasco, M. E., & Toharia, L. (2003). *Microeconomía intermedia: un enfoque actual*. Antoni Bosch Editor.
71. Walter, M., Cullmann, A., von Hirschhausen, C., Wand, R., & Zschille, M. (2009). Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review. *Utilities Policy*, 17, 225–232.
72. Worthington, A. C. (2010). *A review of frontier approaches to efficiency and productivity measurement in urban water utilities* (Discussion Papers in Economics No. economics:201010). Griffith University, Department of

Accounting, Finance and Economics. Retrieved from <http://ideas.repec.org/p/gri/epaper/economics201010.html>

73. Xunta de Galicia, & OPS. (2011). *Epidat 4: Ayuda de demografía*. La Coruña, Washington DC.