



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

**DOCTORADO EN ECONOMÍA: APLICACIONES A LAS FINANZAS Y
SEGUROS, A LA ECONOMÍA SECTORIAL, AL MEDIO AMBIENTE, Y
A LAS INFRAESTRUCTURAS Y AL TRANSPORTE**

TESIS DOCTORAL

EFICIENCIA Y EFICACIA EN LA INDUSTRIA DE SUMINISTRO DE AGUA: UNA APLICACIÓN A PAÍSES DE LATINOAMÉRICA

Elaborado por:

Angel A. Higuerey Gómez

Directores:

Dra. Lourdes C. Trujillo Castellano

Dra. María M. González Serrano

Las Palmas de Gran Canaria, octubre de 2012

**D^a OFELIA BETANCOR CRUZ, SECRETARIA DEL
DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO DE
LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA,**

CERTIFICA,

Que el Consejo de Doctores del Departamento en su sesión de fecha 30/07/2012 tomó el acuerdo de dar el consentimiento para su tramitación, a la tesis doctoral titulada "Eficiencia y Eficacia en la industria de Suministro de Agua: Una Aplicación a Países de Latinoamérica" presentada por el doctorando D. Angel A. Higuerey Gómez y dirigida por las Doctoras Lourdes Trujillo Castellano y M^a Manuela González Serrano.

Y para que así conste, y a efectos de lo previsto en el Artº 6 del Reglamento para la elaboración, defensa, tribunal y evaluación de tesis doctorales de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, firmo la presente en Las Palmas de Gran Canaria, a 30 de julio de dos mil doce.

The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular official seal. The seal contains the text "UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA" and "DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO". The signature is written in a cursive style.



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS
DE GRAN CANARIA

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

**DOCTORADO EN ECONOMÍA: APLICACIONES A LAS FINANZAS Y
SEGUROS, A LA ECONOMÍA SECTORIAL, AL MEDIO AMBIENTE, Y
A LAS INFRAESTRUCTURAS Y AL TRANSPORTE**

DEPARTAMENTO DE ANÁLISIS ECONÓMICO APLICADO

**EFICIENCIA Y EFICACIA EN LA INDUSTRIA DE SUMINISTRO DE
AGUA: UNA APLICACIÓN A PAÍSES DE LATINOAMÉRICA**

Tesis doctoral presentada D. Angel Alexander Higuerey Gómez

Dirigida por las Doctoras D^a Lourdes C. Trujillo Castellano y D^a María Manuela
González Serrano.

La Directora

La Directora

El Doctorando

Las Palmas de Gran Canaria, octubre de 2012

a Alba Teresa y Pierina

Agradecimientos

Durante esta etapa de mi vida son muchas las personas a las que debo agradecer. No solo a las que me ayudaron a culminar este proyecto; sino también aquellas manos que me apoyaron durante estos últimos cuatro años.

Mi primer agradecimiento no debo dudarlo, es a Dios y a la Virgen Milagrosa, por darme la fortaleza y la entereza para culminar esta etapa.

Especial agradecimiento a mi hija, de la que me alejé físicamente, no compartiendo momentos especiales de su vida. Tu apoyo incondicional, fue la base para perseverar en este camino. Sé que este triunfo es tuyo.

A mi nueva compañera de la vida. El sacrificio que hemos realizado, ha obtenido sus frutos. Tu apoyo, me ha servido para establecer y visualizar los objetivos a largo plazo. La vida continúa y debemos disfrutarla.

Un gran reconocimiento debo hacer a mis directoras: Lourdes Cándida Trujillo Castellano y María Manuela González Serrano. Ustedes sentaron las bases para iniciar mi formación sobre los estudios de eficiencia. Sus consejos y exigencias, hicieron posible la culminación de ésta y otras investigaciones. Las discusiones en grupo, fueron muy fructíferas, y me motivaban a profundizar los conocimientos.

Las ideas, sugerencias y opiniones de los profesores Sergio Perelman y Antonio Álvarez, fueron de gran apoyo, en los momentos difíciles de la realización de este trabajo. A ellos vaya un gran agradecimiento por compartir sus conocimientos.

A mis hermanos y sobrinos vaya mi agradecimiento. Sé que confiaron en mí, y su apoyo moral fue incondicional. A mi madre que falleció tempranamente, pero que sigue protegiéndome.

A mis colegas de la Universidad de Los Andes: Rolando, Benito, Loyda, Mary, Elizabeth, María Eugenia, Miriam y Silvana. Ustedes confiaron y me apoyaron en momentos difíciles. Espero seguir cultivando nuestra amistad.

A mi amiga Ivonne Pérez debo agradecer el tiempo dedicado a la lectura de este trabajo para mejorar su comprensión. En esta tarea, también participaron activamente las profesoras González M. y Trujillo L. Fueron momentos difíciles para todos. Un gran agradecimiento por su esfuerzo.

Al personal de la Universidad de Los Andes y de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, quienes con su trabajo facilitaron mi labor. Especialmente a los profesores que impartieron sus conocimientos y me asesoraron en algún momento.

Al personal de Hidroven, que gentilmente me suministraron la información sobre las empresas de Venezuela.

A mis colegas de Las Palmas de Gran Canaria. Los que iniciaron el doctorado: Hicham, Joao, Yamila y Nagi. Deseo que ustedes también puedan culminar y gracias por los momentos que compartimos, fueron experiencias agradables. Con los que compartí copas y deporte: Reinaldo, Borja, Federico, Héctor, J. L. Jiménez, Paco, J. L. Eugenio, Manolo, Matias, Adais, Ana, José María, Matías, Ancor, Jorge, Cira y Julián.

Mi agradecimiento personal a Lourdes y Marianela. El ánimo y el cariño que me transmitían, permitían ver el cumplimiento de la meta mas cerca. Junto a Marianela pase momentos agradables. Gracias por tu apoyo en mis asuntos personales y cuidarme. Espero que esta amistad perdure. Dios te cuide. Con Lourdes compartí gratos momentos y discusiones. No cambies. Esta amistad está fuera del contexto de trabajo. Dios te pague.

A todos aquellas que no he nombrado, y se merezcan mis reconocimientos.

A todos los aquí mencionados que Dios los bendiga.

Es importante resaltar el apoyo recibido del Gobierno de Canaria, a través del proyecto “Eficiencia de las empresas de agua de Canarias”, financiado a través de la Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información, bajo la referencia PROID20100256.

Índice

Agradecimientos	xi
Índice.....	xiii
Lista de tablas	xix
Lista de figuras	xxiii
PARTE I	1
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I.....	3
Introducción.....	3
PARTE II	11
LA INDUSTRIA DE AGUA	11
Capítulo II.....	13
Características económicas de la industria de agua	13
2.1 Introducción.....	13
2.2 La industria de agua	15
2.3 El servicio de suministro de agua potable	19
2.4 El servicio de recolección de aguas residuales	23
2.5 Costes y precios en la industria de agua	27
2.6 Resumen y conclusiones.....	31
Capítulo III	33
La industria de agua en América Latina.....	33
3.1 Introducción.....	33
3.2 El servicio de suministro de agua potable en Latinoamérica.....	34
3.3 El servicio de recolección de aguas residuales en Latinoamérica.....	36
3.4 La gestión del agua en Latinoamérica	40
3.5 Caracterización socio-económica de los países analizados en la aplicación empírica.....	44
3.6 La industria de agua en Brasil.....	46
<i>El ciclo hidrológico en Brasil</i>	47
<i>Marco regulatorio de la industria de agua en Brasil</i>	48

<i>Brasil en cifras</i>	49
<i>El servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Brasil</i>	50
<i>Operadoras de los servicios en Brasil</i>	51
<i>Modalidades del servicio</i>	56
<i>Estructura de costo en la industria de agua de Brasil</i>	56
<i>Participación social en la industria de agua de Brasil</i>	57
3.7 Resumen y conclusiones.....	58
Capítulo IV	61
La industria de agua en Venezuela.....	61
4.1 Introducción.....	61
4.2 Recursos hídricos en Venezuela	62
4.3 Marco regulatorio.....	65
4.4 Operadoras de los servicios en Venezuela.....	69
4.5 El servicio de agua potable y de saneamiento en Venezuela.....	74
4.6 Estructura de costes en la industria de agua de Venezuela.....	85
4.7 Mesas técnicas de agua.....	89
4.8 Indicadores de productividad parcial el sector de agua de Venezuela.....	93
4.9 Resumen y conclusiones.....	94
PARTE III	97
EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA DE AGUA	97
Capítulo V	99
Funciones de fronteras, medidas de eficiencia y de eficacia	99
5.1 Introducción.....	99
5.2 Eficiencia.....	102
5.3 La dirección de la medida de eficiencia	104
5.4 Tipos de fronteras	105
5.5 Fronteras estocásticas.....	108
<i>Determinación de la eficiencia técnica</i>	109
5.6 Función de distancia.....	110
<i>Función de distancia orientada a los outputs</i>	111
<i>Función de distancia orientada a los inputs</i>	113
<i>Función de distancia hiperbólica</i>	114
5.7 Efectos de cambio en las variables sobre la frontera de la función de distancia orientada a los inputs	115
5.8 Índices de productividad total de los factores.....	118

<i>Cambio en la PTF usando función de distancia orientada a los inputs</i>	119
5.9 Eficacia.....	121
<i>Capacidad potencial de los inputs</i>	122
5.10 Resumen y conclusiones	123
Capítulo VI.....	125
Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua	125
6.1 Introducción.....	125
6.2 Enfoques metodológicos	128
6.3 Objetivos de las investigaciones	148
6.4 Productos	156
6.5 Factores productivos	160
6.6 Otras variables	164
<i>Variables explicativas de la eficiencia</i>	168
6.7 Resultados de las investigaciones	169
6.8 Resumen y conclusiones.....	176
PARTE IV	179
APLICACIÓN EMPÍRICA	179
Capítulo VII.....	181
Eficiencia y eficacia en la industria de agua de Latinoamérica	181
7.1 Introducción.....	181
7.2 Eficiencia en la industria de agua: modelo paramétrico.....	183
<i>Forma funcional</i>	184
<i>Restricción de homogeneidad de grado 1</i>	185
<i>Término de error</i>	186
7.3 Eficacia en la industria de agua: modelo no paramétrico	188
<i>Capacidad potencial de los inputs</i>	190
7.4 Datos	191
<i>Productos</i>	192
<i>Factores</i>	194
<i>Otras variables</i>	196
<i>Factores explicativos de la ineficiencia</i>	197
7.5 Resultados empíricos de Latinoamérica: Eficiencia	198
<i>Parámetros de primer orden</i>	199
<i>Propiedades de la función de distancia</i>	199
<i>Otras variables</i>	201
<i>Variables explicativas de la ineficiencia</i>	202

<i>Eficiencia técnica</i>	202
7.6 Resultados empíricos de Latinoamérica: eficacia	205
7.7 Eficiencia en la industria de agua de Brasil.....	210
<i>Eficiencia en la industria de agua de Brasil. Modelo paramétrico</i>	210
<i>Eficacia en la industria de agua de Brasil. Modelo no paramétrico</i>	210
<i>Datos</i>	210
<i>Resultados empíricos de Brasil: Eficiencia</i>	213
<i>Propiedades de la función de distancia</i>	215
<i>Variables explicativas de la eficiencia</i>	215
<i>Eficiencia técnica en Brasil</i>	216
<i>Resultados empíricos de Brasil: Eficacia</i>	220
7.8 Resumen y conclusiones.....	222
Capítulo VIII.....	225
Eficiencia y eficacia en la industria de agua de Venezuela	225
8.1 Introducción.....	225
8.2 Eficiencia en la industria de agua de Venezuela. Modelo paramétrico.....	227
<i>Forma funcional</i>	227
8.3 Eficacia en la industria de agua de Venezuela. Modelo no paramétrico.....	229
8.4 Productividad total de los factores	229
<i>Cambio en la PTF usando función de distancia orientada a los inputs</i>	230
8.5 Datos	231
<i>Productos</i>	232
<i>Factores</i>	232
<i>Variables del entorno</i>	233
<i>Factores explicativos de la ineficiencia</i>	235
8.6 Resultados empíricos de Venezuela: Eficiencia	236
<i>Parámetros de primer orden</i>	236
<i>Propiedades de la función de distancia</i>	237
<i>Variables del entorno</i>	237
<i>Variables explicativas de la eficiencia</i>	239
<i>Cambio tecnológico</i>	240
<i>Eficiencia técnica</i>	241
8.7 Resultados empíricos de Venezuela: eficacia	243

8.8 Resultados empíricos de Venezuela: productividad total de los factores.....	245
8.9 Resumen y conclusiones.....	249
Capítulo IX.....	253
Una visión de corto plazo en la industria de agua de Latinoamérica	253
9.1 Introducción.....	253
9.2 Eficiencia en la industria de agua de Latinoamérica a C/P. Modelo paramétrico.....	254
9.3 Eficacia en la industria de agua de Latinoamérica a C/P. Modelo no paramétrico.....	254
9.4 Datos	255
<i>Variables del entorno</i>	258
<i>Factores explicativos de la ineficiencia</i>	259
9.5 Resultados empíricos de Latinoamérica a C/P: Eficiencia	260
<i>Parámetros de primer orden</i>	261
<i>Propiedades de la función de distancia</i>	261
<i>Variables del entorno</i>	261
<i>Variables explicativas de la ineficiencia</i>	263
<i>Eficiencia técnica</i>	264
9.6 Resultados empíricos de Latinoamérica a C/P: Eficacia	266
9.7 Resumen y conclusiones.....	268
PARTE V	271
CONCLUSIONES	271
Capítulo X	273
Conclusiones.....	273
10.1 Resumen	273
10.2 Conclusiones	279
10.3 Implicaciones de política económica	285
10.4 Líneas de investigación futuras.....	286
Referencias	289
ANEXOS	305
Anexo I.....	307
Artículos de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela	307
Anexo II.....	308

Artículos de la Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento, de Venezuela	308
Anexo III	309
Embalses, altura y temperatura por empresa hidrológica, en Venezuela	309
Anexo IV	315
Bases de datos utilizadas en investigaciones de la industria de agua.....	315
Anexo V	318
Precios del servicio de agua potable y saneamiento. Venezuela	318
<i>Normativa antes de 2010</i>	318
<i>Normativa vigente</i>	322

Lista de tablas

Tabla 1. Participación del capital en la industria de agua mundial	18
Tabla 2. Tipos de tratamiento de las aguas residuales.....	26
Tabla 3. Población urbana de los países de Latinoamérica, año 2010	35
Tabla 4. Porcentaje de cobertura del servicio de agua potable urbano.....	36
Tabla 5. Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de aguas residuales urbano.....	37
Tabla 6. Caracterización de la industria de agua en los países latinoamericanos	41
Tabla 7. Regulación del servicio de agua en Latinoamérica	42
Tabla 8. Cantidad de empresas operadoras del servicio de agua potable y alcantarillado en Latinoamérica	43
Tabla 9. Situación social y económica de los países latinoamericanos	45
Tabla 10. Población de Brasil, por región	50
Tabla 11. Acceso a servicios de agua potable y aguas residuales (%)	52
Tabla 12. Municipios atendidos por tipo de empresa y región, 2006 (*)	53
Tabla 13. Distribución de las empresas en Brasil, según zona y naturaleza jurídica (1)	54
Tabla 14. Municipios y población atendida por empresas regionales, 2006. Brasil	55
Tabla 15. Altura y temperatura promedio de la región atendida por empresa operadora. Venezuela	71
Tabla 16. Organizaciones hidrológicas en Venezuela.....	72
Tabla 17. Viviendas con servicio de agua potables y recolección de aguas residuales, 2001. Venezuela.....	76
Tabla 18. Población con servicio de agua potable y aguas residuales por operadora, 1998 y 2008. Venezuela	77

Tabla 19. N° de sistemas de potabilización por tipo de tratamiento empleado por las empresas hidrológicas. Venezuela	84
Tabla 20. Distribución proporcional de los gastos por empresas, 1998 y 2008. Venezuela	88
Tabla 21. Distribución de las MTA, empresa hidrológica y año. Venezuela	91
Tabla 22. Relación entre las MTA y la población atendida en las empresas centralizadas por año. Venezuela	92
Tabla 23. Tipos de fronteras	106
Tabla 24. Distribución de los trabajos revisados por países y área de servicio.	129
Tabla 25. Medidas de eficiencia en la industria de agua: enfoque paramétrico	133
Tabla 26. Medidas de eficiencia en la industria de agua: enfoque no paramétrico	138
Tabla 27. Estimación econométrica de funciones de producción y coste en la industria de agua	143
Tabla 28. Variables utilizadas como outputs	157
Tabla 29. Variables utilizadas como inputs	161
Tabla 30. Variables utilizadas como ambientales	165
Tabla 31. Variables medidas utilizando <i>dummies</i>	167
Tabla 32. Variables explicativas de la eficiencia	168
Tabla 33. Detalle de la muestra. Latinoamérica.....	192
Tabla 34. Productos y factores de producción, promedios por país, 2003-2006. Latinoamérica	194
Tabla 35. Estadísticas descriptivas de las variables. Latinoamérica	198
Tabla 36. Parámetros estimados. Latinoamérica	200
Tabla 37. Propiedades de la función de distancia. Latinoamérica	201
Tabla 38. Eficiencia promedio por forma de organización. Latinoamérica	203
Tabla 39. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs por país, 2006. Latinoamérica	207
Tabla 40. Detalle de la muestra. Brasil	211
Tabla 41. Definición de variables. Brasil	212

Tabla 42. Estadísticas descriptivas de las variables. Brasil	213
Tabla 43. Parámetros estimados. Brasil	214
Tabla 44. Propiedades de la función de distancia. Brasil	216
Tabla 45. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs, por región, 2006. Brasil.....	221
Tabla 46. Productos y factores de producción, promedio por empresa y habitante. Venezuela	233
Tabla 47. Estadísticas descriptivas de las variables. Venezuela	234
Tabla 48. Parámetros estimados. Venezuela	238
Tabla 49. Propiedades de la función de distancia. Venezuela	239
Tabla 50. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs, por empresas, 2008. Venezuela.....	244
Tabla 51. Detalle de la muestra. Latinoamérica a C/P	255
Tabla 52. Situación social y económica de los países. Latinoamérica a C/P...	256
Tabla 53. Definición de variables. Latinoamérica a C/P.....	257
Tabla 54. Productos y factores de producción, promedio por país y habitante. Latinoamérica a C/P.....	258
Tabla 55. Estadísticas descriptivas de las variables. Latinoamérica a C/P.....	260
Tabla 56. Parámetros estimados. Latinoamérica a C/P	262
Tabla 57. Propiedades de la función de distancia. Latinoamérica a C/P.....	263
Tabla 58. Eficiencia promedio por forma de organización. Latinoamérica a C/P.....	263
Tabla 59. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs por país, 2006. Latinoamérica a C/P.....	267
Tabla 60. Resumen de los resultados	280

Lista de figuras

Figura 1. Tipos de gestión del servicio de suministro de agua y recolección de aguas residuales.....	17
Figura 2. Ciclo de la industria de agua.....	20
Figura 3. Componentes del balance hídrico	24
Figura 4. Balance hídrico de Brasil.....	48
Figura 5. Distribución porcentual del gasto por tipo de empresa, 2002. Brasil .	57
Figura 6. Mapa hidrológico de Venezuela.....	63
Figura 7. Usos del agua en Venezuela y a nivel mundial, 2004	65
Figura 8. Área de responsabilidad por tipo de empresa. Venezuela	73
Figura 9. Población con servicio de agua potable por empresa operadora, 1998 y 2008. Venezuela	78
Figura 10. Población con servicio de recolección de aguas residuales por empresa operadora, 1998 y 2008. Venezuela	79
Figura 11. Población con servicio de agua potable y residual por empresa operadora, 2008. Venezuela.....	80
Figura 12. Volumen de agua producida/habitante por tipo de operadora, 1998-2008. Venezuela.....	81
Figura 13. Población atendida con agua potable/Nº de suscriptores, por empresa, 1998 y 2008. Venezuela.....	82
Figura 14. Distribución de sistemas de potabilización operativos por operadora, 2007. Venezuela.....	83
Figura 15. Distribución del volumen de agua por tipo de tratamiento en Venezuela	85
Figura 16. Distribución porcentual de los gastos por tipo de empresa, 2008. Venezuela	86
Figura 17. Productividad media y eficiencia	100
Figura 18. Medidas de eficiencia de Farrell (1957)	103

Figura 19. Orientación de las medidas de eficiencia.....	105
Figura 20. Función de distancia orientada a los outputs y conjunto de requerimientos de inputs.....	112
Figura 21. Función de distancia orientada a los inputs y conjunto de requerimientos de inputs.....	114
Figura 22. Efecto del cambio en un output en la frontera de la FD_1	116
Figura 23. Efecto del cambio en un input en la frontera de la FD_1	117
Figura 24. Efecto del cambio en una variable ambiental en la frontera de la FD_1	118
Figura 25. Distribución porcentual de los trabajos revisados por modelo.....	130
Figura 26. Eficiencia promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica	204
Figura 27. Eficiencia promedio, por tamaño, 2003-2006. Latinoamérica.....	205
Figura 28. Eficacia, eficiencia y CPI promedios por país, 2006. Latinoamérica	208
Figura 29. Eficacia, eficiencia y PIB promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica	209
Figura 30. Eficiencia promedio, 2003-2006. Brasil	217
Figura 31. Eficiencia promedio por región, 2003-2006. Brasil	218
Figura 32. Eficiencia promedio por región y tasa de crecimiento del PIB, 2003-2006. Brasil	219
Figura 33. Eficiencia promedio por tamaño de empresa. Brasil	220
Figura 34. Eficiencia técnica promedio, 1998-2008. Venezuela	241
Figura 35. Eficiencia por empresa, 1998, 2001, 2005 y 2008. Venezuela	242
Figura 36. Eficiencia promedio por tamaño, 1998, 2001, 2005 y 2008. Venezuela	243
Figura 37. Cambio anual en la productividad total de los factores, 1998-2008. Venezuela	246
Figura 38. Cambio de la productividad total de los factores promedio, por empresa, 1998-2008. Venezuela	248
Figura 39. Eficiencia promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica a C/P....	264

Figura 40. Eficiencia promedio, por tamaño, 2003-2006. Latinoamérica a C/P265

Figura 41. Eficacia, eficiencia y PIB por país, 2006. Latinoamérica a C/P..... 268

*Eficiencia y eficacia en la industria de suministro de agua:
una aplicación a países de Latinoamérica*

PARTE I

INTRODUCCIÓN

Capítulo I

Introducción

Sin agua sería difícil la existencia del hombre. Es tan importante el valor asignado al agua, que en algunos casos ha llegado a denominarse “oro líquido”. El consumo de agua potable es garantía de una mejor calidad de vida. El agua dulce, desde una perspectiva social, es vista como un bien de la humanidad o un bien público. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2000, al establecer los Objetivos de Desarrollo del Milenio, fijó como meta para 2015 reducir a la mitad la porción de la población sin acceso al agua potable y a los servicios básicos de saneamiento.

El agua, como recurso natural, debe cumplir características para ser usada y consumida por la población. En general, el sector público tiene la obligación de prestar el servicio de suministro de agua potable de forma directa o indirecta, garantizando la calidad del agua que se consume y la recogida y tratamiento de las aguas residuales. Por tanto, las empresas prestatarias del servicio pueden ser públicas o privadas. En términos económicos estas firmas presentan características de monopolio natural y como consecuencia de ello, en ocasiones, es requerida la presencia de un regulador con el objetivo de evitar un comportamiento monopolístico.

Las investigaciones, sobre la industria de agua, han venido ocupando espacios importantes desde las dos últimas décadas del siglo pasado. Esto se debe a la atención que prestaron las organizaciones internacionales a la problemática de la disponibilidad del recurso indispensable para la vida, y a las incidencias en la salud que se han originado en algunos países por no contar con agua potable de calidad y por no recolectar las aguas residuales.

Varias han sido las recomendaciones acerca del camino que deben tomar las investigaciones en la industria agua. Dentro de las recomendaciones más recientes, Nauges y van den Berg (2008) sugieren hacer un análisis comparativo de las estructuras de costes y/o rendimientos (medido a través de la eficiencia técnica) entre países, como es el caso de la presente investigación.

Los estudios realizados han buscado indicadores económicos que permitan evaluar la eficiencia en esta industria. Sus resultados han sido empleados por los organismos públicos reguladores del servicio, por las propias empresas de agua, por las asociaciones tanto de empresas como de reguladores y por los investigadores sobre la eficiencia del sector.

La medición de la eficiencia de las empresas se reconoce como una forma de introducir presiones de competitividad y de motivación de conducta para la búsqueda de la dirección apropiada en las empresas. La idea del sector público es que las ganancias de eficiencia sean compartidas con los consumidores en forma de reducción de precios. La eficiencia puede ser medida de diferentes formas, una de ellas es el método de fronteras que consiste, básicamente, en comparar las empresas entre sí, y determinar la ineficiencia de cada una de ellas con respecto a las situadas en la frontera.

El insumo principal de esta industria es un recurso natural, que hasta la última década del siglo pasado era considerado como ilimitado. Posteriormente se ha declarado como un producto limitado. Por tanto, la prestación de este recurso va a influir en la sustentabilidad del producto y la calidad que se ofrezca en los servicios.

Adicionalmente al recurso principal, se requieren otros inputs para potabilizar el agua y recoger las aguas residuales. Dentro de los factores de producción necesarios se encuentran principalmente: trabajo, materiales (electricidad, sustancias químicas y otros) y capital (redes de suministro de agua y de recolección de aguas residuales y plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales).

La cantidad y combinación que las empresas procuren de los factores mencionados, unido al nivel de prestación del servicio, hará que se diferencien entre eficientes e ineficientes. El manejo eficiente de estas empresas puede garantizar el retorno del capital y una mejora en el precio y la calidad de producto. Siendo un monopolio natural, el Estado procurará una situación de maximización del bienestar social con el objetivo de elevar los niveles de eficiencia de las empresas, mantener la calidad del producto, asegurar el suministro continuo y disminuir el nivel de pérdidas de agua. Además de la combinación de factores y productos que utilice la empresa, la eficiencia va a estar influida por factores exógenos.

Por otra parte, las empresas de este sector están obligadas a cubrir toda la población del área que está bajo su responsabilidad. En la medida en que las empresas puedan prestar sus servicios a toda la población, serán más eficaces. Algunas empresas cubren parte importante de la población con el suministro de

agua potable, pero la actuación en términos de recolección de las aguas residuales no está tan avanzada. Lo que se busca es que las empresas presten a toda la población los dos servicios principales. Por tanto, en este trabajo, también se pretende medir hasta donde las empresas están consiguiendo este objetivo, es decir, lo que se ha denominado el grado de eficacia.

No son cuantiosos los trabajos empíricos sobre los temas mencionados en países latinoamericanos, y menos los que hacen un estudio comparando países a nivel regional. Esto es consecuencia de la dificultad de conseguir datos suficientes y de calidad para los estudios. A nivel latinoamericano, existe una asociación de reguladores que ha intentado a través de diferentes trabajos comparar las empresas prestatarias del servicio, utilizando números índices y, en una ocasión, el análisis de frontera. En Venezuela, la empresa matriz del sector de agua ha elaborado indicadores de gestión que proveen información comparativa para las diferentes empresas hidrológicas.

Los modelos de gestión de agua en Latinoamérica son variados. Pueden encontrarse situaciones que van desde una legislación liberal inspirada en el modelo inglés, como es el caso de Chile a otra en donde se privilegia el uso comunitario de las aguas superficiales, como es el caso de Bolivia. En algunos países existe una autoridad única del agua, mientras que en otros esta figura no existe. Las inversiones que se realizan en el sector están íntimamente ligadas a la necesidad de desarrollo y en su mayoría son realizadas por el Estado, en algunos casos con financiación proveniente de organismos multilaterales.

El número de organizaciones operadoras que prestan el servicio en Latinoamérica depende del país. En algunos existe un alto número de organizaciones como Brasil, mientras que en otros concurre solo una empresa responsable, como es el caso de Panamá. En la muestra estudiada, la cobertura promedio con servicio de suministro de agua potable es del 96% y el 77% con servicio de recolección de aguas residuales.

En Brasil se ha buscado ampliar la cobertura de los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales a través de diferentes planes y programas. En 1966 se crearon 99 servicios municipales, a través del Programa de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades y 27 operadores a nivel estatal, denominados Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB). Las empresas se clasifican dependiendo del ámbito donde operan, en tres grupos, regional, microrregional y municipal o local.

En el año 2006, coexistían en Brasil 26 empresas regionales, 7 microrregionales y una gran cantidad de empresas locales. Es de destacar que, a pesar del gran número de empresas, en Brasil no existe un órgano regulador. La cobertura de la

población urbana de Brasil para 2006 con servicio de agua potable era del 97% y del 84% con servicio de recolección de aguas residuales.

En Venezuela existe una empresa gubernamental Compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (Hidroven) que funciona como la casa matriz del sector de agua potable y de recolección de aguas residuales. A esta matriz la acompañan 17 empresas operativas que se encargan de prestar los servicios de agua potable, la recolección de las aguas residuales y pluviales y el tratamiento de las aguas residuales. De estas empresas, 9 dependen del gobierno central y las restantes son descentralizadas. Las primeras atienden las directrices de Hidroven y su capital está totalmente constituido por capital del gobierno nacional. Por el contrario, el capital de las empresas descentralizadas está formado por aportes de los municipios y en algunos casos de las gobernaciones. En estas empresas, Hidroven ejerce una regulación indirecta. Para el año 2008 la cobertura de servicio de agua potable en Venezuela era de un 94% y del agua residual para el año 2007 se situaba en un poco más del 80%.

Tal como se aprecia en las descripciones de los párrafos precedentes, la situación del servicio de agua potable y recolección de aguas servidas en los países latinoamericanos, dista mucho de la situación de los países en desarrollo, en donde casi toda la población goza de estos servicios y los entes reguladores garantizan la calidad y continuidad de los mismos. Por ello resulta interesante estudiar la eficiencia y eficacia de las empresas del sector de suministro de agua en Latinoamérica.

La revisión de antecedentes y estudios previos pone de manifiesto que existen oportunidades para profundizar en la importante tarea de evaluar la eficiencia en la industria de agua en los países latinoamericanos. Este trabajo es pionero en el análisis de eficiencia de este sector aplicando la función de distancia, lo cual permite ahondar no sólo en el conocimiento de la industria de agua, sino derivar importantes conclusiones desde un punto de vista de política económica y social, que arrojen luz acerca del papel que deben desempeñar las empresas de agua en la comunidad.

Por otro lado, dada la revisión de la literatura, esta investigación también es pionera en la determinación de la eficacia y la capacidad potencial de los inputs en la industria de agua en países latinoamericanos. La primera de estas metodologías permite medir el cumplimiento de las metas por parte de las empresas operadoras de los servicios, mientras que la segunda compara el uso de los factores de producción en cada industria, permitiendo determinar si las empresas están operando con defecto o exceso de inputs.

Esta investigación es precursora en la aplicación de la función de distancia a la industria de agua de Venezuela, en la incorporación de variables del entorno, como las mesas técnicas del agua, para observar su incidencia en la ineficiencia de las empresas operadoras.

Por otra parte, el trabajo ha permitido aplicar un solo modelo a diferentes entornos, lo que permite evaluar la solvencia de los outputs, factores de producción y variables del entorno. A pesar de que en el modelo de Venezuela no se utiliza la misma variable de capital, la otra variable incluida permite relacionar todos los factores de producción. La estimación del modelo de Latinoamérica a corto plazo corrobora la elección de las variables y la importancia del capital.

De manera general, la presente investigación plantea como meta analizar la eficiencia técnica y la eficacia de las empresas hidrológicas de Latinoamérica.

De manera específica, son varios los objetivos propuestos. El primero es obtener medidas de eficiencia técnica y de eficacia en las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales de Latinoamérica. La mayoría de los países de Latinoamérica se consideran en vías de desarrollo. Los servicios de agua potable y de recolección de aguas residuales no cubren toda la población y, en la mayoría, las pérdidas de agua y la falta de medición, son factores que afectan la eficiencia de las empresas. Se seleccionó una muestra de 7 países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México y Panamá) para aplicar la metodología escogida.

El segundo objetivo es determinar medidas de eficiencia técnica y eficacia para las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales de Brasil. Este país es el más extenso y de mayor desarrollo del continente latinoamericano. No obstante, a pesar de su gran desarrollo, el servicio de agua potable y de recolección de aguas residuales no cubre la totalidad de la población. Las diferentes formas de organización y la región que abarca cada empresa, hacen que la calidad y eficiencia en la prestación de los servicios sea diferente. Aunado a esto, la industria de agua de Brasil, presenta en alto grado las problemáticas de los países latinoamericanos: baja cobertura, altas pérdidas de agua y baja medición.

El tercer objetivo que se persigue es establecer medidas de eficiencia técnica, eficacia y los cambios en la productividad total de los factores en las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales de Venezuela. Este país ha realizado esfuerzos por cubrir a toda la población con los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales. Esto le ha permitido cumplir con las metas del milenio establecidas por la

Organización de las Naciones Unidas. No obstante, al igual que Brasil, presenta problemas de grandes pérdidas de agua y baja medición, a los que se agregan, las diferencias topográficas, la fuente de obtención del principal recurso, y la forma de organización de las empresas. Además, una parte importante de las aguas residuales no recibe tratamiento antes de ser vertidas a los mares, ríos o lagos. Venezuela cuenta con una normativa nueva que no se cumple en su totalidad. Todos estos factores hacen que algunas empresas puedan ser más ineficientes que otras.

Por último, y aprovechando la base de datos disponible, se propuso obtener medidas de eficiencia técnica y de eficacia en las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales de Latinoamérica, con una visión de corto plazo. Esto permitió incluir en la muestra las empresas que operan en Venezuela. Los datos de la variable capital de Venezuela no coinciden con los de los otros países de Latinoamérica. Por tanto, para evaluar el modelo con los objetivos anteriores y ver el comportamiento de las variables escogidas se estima el modelo sin la variable capital, que se ha denominado Latinoamérica a corto plazo.

Para determinar la eficiencia técnica en todos estos capítulos se empleó una función de distancia con orientación a los inputs y, para la eficacia se utilizan índices ponderados. El periodo de estudio para Venezuela fue de 1998 a 2008. Para Latinoamérica, Brasil y Latinoamérica a corto plazo se tomaron datos del período 2003 a 2006.

Los datos para la elaboración de la frontera para los países de Latinoamérica y Brasil se tomaron de la International Benchmarking Network (IBNET). Los datos de Venezuela fueron suministrados principalmente por la empresa matriz Hidroven y otros fueron obtenidos del Instituto Nacional de Estadística de Venezuela.

A fin de cubrir los objetivos propuestos, la tesis se organiza en 4 partes y 10 capítulos. La parte II se denomina la industria de agua, y está compuesta por los capítulos 2, 3 y 4. En el capítulo 2 se describe la industria de agua y su caracterización económica, haciendo énfasis en sus actividades principales: el servicio de distribución de agua potable y la recolección de las aguas residuales. El capítulo 3 tiene como objetivo analizar la prestación del servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales en América Latina, para lo cual en primer lugar se detalla el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Latinoamérica. Posteriormente, se expone la industria de agua en Brasil. El capítulo 4 describen los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales en Venezuela y las empresas

operadoras que prestan estos servicios. Las mesas técnicas de agua son definidas como una novedad en el sector de agua de Venezuela.

La parte III, denominada eficiencia en la industria de agua, consta de los capítulos 5 y 6. El capítulo 5 es una introducción a la conceptualización de la medición de eficiencia y las funciones de fronteras, donde se hace hincapié en la descripción de la función de distancia y del índice de productividad total de los factores. En el capítulo 6 se hace una revisión de la literatura sobre las metodologías empleadas en los estudios sobre eficiencia de la industria de agua, detallando los objetivos, los outputs, los inputs y otras variables que se han empleado en estos estudios, para finalmente resumir los resultados obtenidos.

La parte IV, denominada aplicación empírica, incluye los capítulos 7, 8 y 9. En el capítulo 7 se obtienen medidas de eficiencia técnica y de eficacia para una muestra de empresas de agua de varios países de Latinoamérica. Por los resultados obtenidos y la disponibilidad de datos se estimaron los mismos modelos de eficiencia y eficacia para la industria de Brasil. El capítulo 8 determina las medidas de eficiencia técnica y de eficacia de las empresas que prestan el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela. La productividad total de los factores se calcula para esta industria de agua. En el capítulo 9 se obtienen medidas de eficiencia técnica y de eficacia de las empresas de la industria de agua de Latinoamérica, con una visión de corto plazo. Esto permitió evaluar el modelo aplicado a la muestra de países de Latinoamérica, Brasil y Venezuela. Finalmente, en la parte V que contiene el capítulo 10, se hace un resumen general de la tesis, se mencionan las conclusiones más relevantes del trabajo y se presentan algunas implicaciones de política económica y líneas de investigación futura.

*Eficiencia y eficacia en la industria de suministro de agua:
una aplicación a países de Latinoamérica*

PARTE II

LA INDUSTRIA DE AGUA

Capítulo II

Características económicas de la industria de agua

2.1 Introducción

El agua es un producto que no tiene sustituto y es considerada un recurso móvil ligado a valores económicos, sociales¹ y medioambientales, que a veces compiten entre sí. El agua es indispensable para la existencia del ser humano. Sin agua no hay vida. Sin embargo, su uso de manera irracional por parte de algunos sectores incrementa su valor.² Este uso irracional perjudica la consecución de una calidad de vida mejor para la sociedad.

Desde tiempos remotos ha sido el Estado, en sus diferentes esferas, el responsable de hacer llegar el agua a la colectividad. Los egipcios y romanos construyeron grandes obras para hacer llegar este recurso hasta sus comunidades y, en las diferentes conquistas y fundaciones de ciudades, la disponibilidad de éste jugaba un papel importante.

Desde una perspectiva social, el agua dulce es vista como un bien de la humanidad o un bien público que a pesar de ocupar el 70% del planeta,³

¹ El Comité de las Naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DICESC) en 2002 aprobó en su Observación General 15, considerar el agua como un derecho humano, y la define como un bien social, cultural y económico. Este derecho se aplica a agua de calidad y cantidades aceptables para uso personal y doméstico poniendo énfasis en el abastecimiento de agua y saneamiento asequibles. No debe interpretarse esto como agua gratuita (ya que esta Observación General es clara e incluye conceptualizaciones sobre la accesibilidad económica y la definición de los servicios hídricos asequibles).

² Por la alta importancia económica que ha tenido en los últimos tiempos, se la llegado a denominar “oro líquido”.

³ El 97% de los recursos hidrológicos se encuentra en los mares y océanos, mientras que sólo un 3% es agua dulce, de la cual un 75% se encuentra en estado sólido (glaciares y polos de la tierra) y el restante en aguas subterráneas, lagos y ríos.

“...puede convertirse en el principal problema mundial en el corto o medio plazo” (Azqueta et al., 2007, p. 10), siendo su distribución desigual en la tierra, una de las posibles razones de esta situación.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cada persona necesita de 20 a 50 litros de agua al día libre de contaminantes perjudiciales. El servicio de recolección de aguas residuales contribuye a mejorar la salud de la población, evitando enfermedades por el contacto con éstas.

La incorporación de los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales en países de extrema pobreza, evitará enfermedades hídricas:⁴ fiebre tifoidea o paratifoidea, disentería bacilar, cólera, parálisis infantil, parasitismo intestinal, gastroenteritis, hepatitis infecciosa y disentería amibiana (López, 1999).

El consumo de agua contaminada para beber y bañarse propaga enfermedades infecciosas como cólera, tifus y gastroenteritis (ONU, 2006). De este modo, por pequeña que sea la población, ésta debería contar con los servicios mínimos de suministro de agua y alcantarillado, con el fin de contribuir a alcanzar un alto desarrollo social y económico. Eso permitirá reducir las tasas de morbilidad y mortalidad, específicamente las de la población infantil.

Desde un punto de vista ambiental, hasta finales del siglo pasado el agua era considerada como un recurso natural renovable que no se agotaba. Su uso no estaba controlado y se observaba un empleo irracional por parte de algunos sectores, siendo esta situación más usual en aquellos países donde abundaba este recurso. En tiempos modernos para combatir esta situación se han instituido organizaciones ambientales que, por un lado controlan el uso del agua y presionan a los diferentes entes nacionales e internacionales para que incorporen medidas que exijan el tratamiento de las aguas residuales; y por otro, establezcan sanciones para aquellos sectores que arrojen directamente el agua sin tratamiento previo.

El agua, como recurso natural, debe cumplir características para hacerla apta para su uso o consumo. Para ello se han creado organizaciones que prestan el servicio de suministro de agua potable, además de recoger las aguas residuales y

⁴ Son enfermedades causadas por elementos patógenos, perjudiciales para la salud humana, que utilizan como transmisores el agua y otros agentes como moscas, ratas y alimentos. Generalmente son originadas por descargas intestinales o por contagio (López, 1999).

pluviales, y garantizar la calidad del agua de consumo y el tratamiento de las aguas residuales.

Muchas discusiones se han realizado sobre si el agua es un bien económico, social o un derecho humano. Mientras que la Observación General 15 del Comité de Naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DICESC) identificaba el agua como un bien económico, ya en 1992 la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente, en Dublín, le atribuía un valor económico en todos sus usos competitivos. El agua, por tanto, debe ser reconocida como un recurso económico al que debe tener acceso toda la sociedad a través de un precio adecuado. No establecer un precio al agua que refleje su valor económico en sus diversos usos, provoca despilfarro, un uso ambientalmente dañino y una mala asignación de éste. De ese modo, debe fijarse un precio del agua óptimo, que garantice un uso racional y la obtención de los recursos necesarios para la construcción, mantenimiento, operación y expansión de la infraestructura hídrica.

El presente capítulo describe la industria de agua y su caracterización económica. Para ello en la primera parte se representa de manera general esta industria; en los dos apartados siguientes se describen sus actividades principales: el servicio de distribución de agua potable y la recolección de las aguas residuales. Posteriormente, se detallan los costes de la industria de agua y se analiza la importancia de los precios para la industria. En el apartado siguiente se muestra un resumen sobre la propiedad en la industria de agua. Seguidamente se realiza un bosquejo de los estudios económicos sobre la industria de agua, para finalmente presentar las conclusiones del capítulo.

2.2 La industria de agua

El servicio de agua es tipificado como un monopolio natural, es decir, los atributos de costes tecnológicos implican que una sola empresa puede producir a un coste menor que varias empresas. Esta situación se da en las industrias donde los costes de capital son elevados. En esta situación, el mayor proveedor en una industria, o el primer proveedor en una localidad, posee una ventaja de costes abrumadora sobre las demás. La existencia de un monopolio natural es una de las principales razones para la regulación del sector por parte del Estado. No obstante, este servicio presenta en ocasiones una evidencia de oligopolio natural, con más de una empresa coexistiendo en el mercado (Trujillo, 1993). Por otra parte, las organizaciones locales se consideran normalmente monopolios puros, a menos que existan clientes industriales que tengan sus propios suministros (Clark y Stevie, 1981).

La definición anterior de monopolio natural guarda correspondencia con la propiedad de subaditividad de la función de coste, que es equivalente a las economías de escala para el caso de empresas de un único producto. En consecuencia, en el caso de un solo producto, las economías de escala son una condición suficiente, pero no necesaria, para un monopolio natural; por el contrario cuando se trata de una actividad multiproductiva, como la industria de agua, la definición no es sencilla (Ford y Warford, 1969, Saal y Parker, 2001).

Las empresas que operan en este sector se dedican al suministro de agua potable para consumo,⁵ al servicio de alcantarillado o drenaje (recolección de aguas residuales o sucias),⁶ o a los dos a la vez. Los clientes de esta actividad pueden clasificarse en hogares (residenciales), comerciales, industriales y agrícolas. Otro criterio de clasificación atiende a si el servicio es rural o urbano. Desde esta perspectiva con empresas multiproducto. Por ejemplo, Torres y Morrison (2006) diferencian entre clientes mayoristas y minoristas.

En la mayoría de los países, los municipios tienen la responsabilidad de prestar los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. Estos servicios pueden ser prestados por el propio municipio o por terceros a través de concesiones privadas.

Tal como se aprecia en la Figura 1, en el primer caso el servicio puede ser prestado por el propio municipio, manteniendo la figura pública, o creando una empresa de su propiedad a la que se le otorga la concesión. Las funciones de gestión, operación y mantenimiento son realizadas por un departamento o unidad administrativa del municipio; ó el municipio crea una organización, con personalidad jurídica independiente y gestión administrativa diferente. En algunas regiones o países, municipios cercanos crean estas empresas para prestar el servicio en la región.

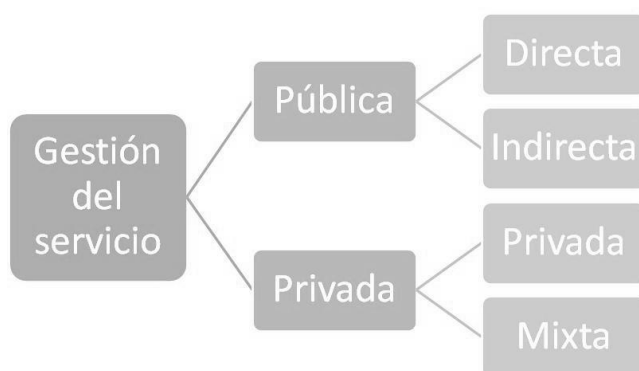
En el segundo caso, el servicio, puede ser gestionado de forma privada. El servicio es dado en concesión para un período de tiempo relativamente largo que

⁵ En el marco de la literatura hidrológica se entiende como consumo de agua "... la pérdida o reducción física del agua disponible que ese uso lleva consigo" (Valero, 2006, p. 60); y éste se clasifica en consuntivo y no consuntivo. El primero hace referencia al consumo propiamente dicho del agua (ejemplos: uso doméstico, agrícola e industrial). En el segundo no hay consumo real del líquido (ejemplos: uso energético, recreativo, de navegación, medioambiental).

⁶ Las aguas residuales son denominadas también aguas negras, aguas cloacales, aguas fecales, cloacas y aguas servidas.

le permita a la empresa prestadora del servicio recuperar su inversión. Aquí se presentan dos modalidades, la primera es una empresa totalmente privada, y la segunda es una empresa mixta. En la mayoría de los casos, la participación privada se presenta en los grandes municipios. Cuando en el área donde se presta el servicio las poblaciones se encuentran muy alejadas, las empresas seleccionan aquellas zonas en las que puedan beneficiarse de las economías de escala. El resto de las localizaciones, como no son rentables, son gestionadas por el municipio.

Figura 1. Tipos de gestión del servicio de suministro de agua y recolección de aguas residuales



Fuente: Elaboración propia

En opinión de Aguilera (2008), el dominio hidráulico debe seguir siendo público, puesto que el agua es un bien público, mientras que la gestión puede ser privada, pública o colectiva. Una crítica a la privatización que se ha originado en muchos países (principalmente dirigida a las zonas urbanas, por considerar la rural de baja rentabilidad), es la subida en las tarifas del agua, lo que ha creado descontento social y político, y en algunos casos, hasta violencia, como sucedió en Bolivia.

Una aproximación a la participación de capital público o privado en las empresas proveedoras del servicio de agua en algunos países del mundo se presenta en la Tabla 1. En ella se constata que en la mayoría de los países concurren conjuntamente el capital público y el privado en la prestación del

servicio de agua potable. Sólo en Gabón y en Inglaterra y Gales el servicio se encuentra totalmente privatizado.

Tabla 1. Participación del capital en la industria de agua mundial

Continente	Pública	Mixto	Privado
África	Egipto	Argelia	Gabón
	Kenia	Costa de Marfil	
	Túnez	Marrueco	
	Zambia	Nigeria	
		Senegal	
		Sud África	
		Uganda	
América	Venezuela	Argentina	
		Bolivia	
		Brasil	
		Canadá	
		Chile	
		Colombia	
		Estados Unidos	
		México	
Asia	Corea del sur	Arabia Saudita	
	Irán	China	
	Israel	India	
	Jordania	Indonesia	
	Líbano	Japón	
	Palestina	Malasia	
	Singapur	Tailandia	
Europa	Austria	Alemania	Inglaterra y Gales
	Bélgica	Bulgaria	
	Chipre	Eslovaquia	
	Croacia	España	
	Dinamarca	Estonia	
	Escocia	Finlandia	
	Irlanda del Norte	Francia	
	Lituania	Grecia	
	Luxemburgo	Hungría	
	Malta	Irlanda	
	Países Bajos	Islandia	
	Polonia	Italia	
	Suecia	Noruega	
Suiza	Polonia		

Continente	Pública	Mixto	Privado
	Turquía	Portugal República Checa Rumania	
		Rusia Suecia Suiza Turquía	
Oceanía		Australia	

Fuente: United cities and local governments (2009). Elaboración propia

En la Figura 2 se muestra el ciclo de la industria de agua. Este comprende fundamentalmente dos grandes actividades, el servicio de agua potable y el de alcantarillado. La primera consta de la producción (extracción y potabilización) y el transporte de agua potable (transmisión y distribución). El servicio de alcantarillado, también, se divide en dos actividades, la recolección de aguas residuales y pluviales y el tratamiento de las primeras para su vertido o reutilización. Estas actividades serán detalladas a continuación.

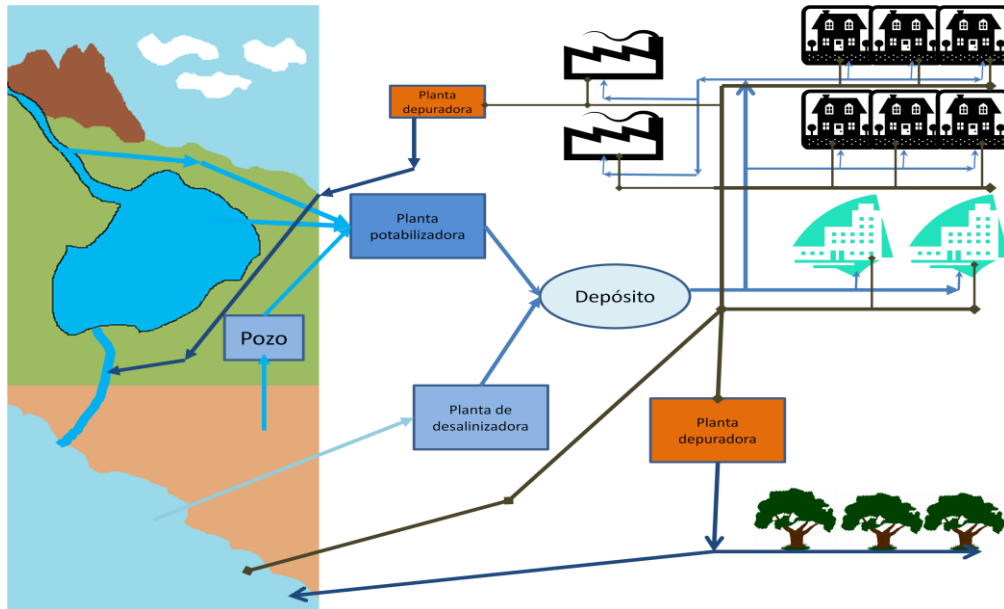
Todo este proceso puede ser realizado por una sola empresa o por diferentes organizaciones, cada una con una función diferente. Por regla general, una sola empresa es la encargada de prestar los servicios completos de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. Otro modelo de gestión consiste en proveer los dos servicios mediante dos empresas diferentes. Por último, en algunos casos cada una de las funciones (extracción, potabilización, transmisión, distribución, recolección de aguas residuales, tratamiento de aguas residuales) es realizada por empresas diferentes.

2.3 El servicio de suministro de agua potable

El servicio de suministro de agua tiene como principal objetivo producir y proporcionar agua potable con calidad suficiente. El proceso de servicio de agua potable se puede dividir en dos grandes fases: la producción⁷ (extracción y potabilización) y la entrega o transporte (transmisión y distribución).

⁷ No obstante, Feigenbaum y Teeple (1983) advierten que las empresas no producen agua, con trabajo y capital, sino que transforman su espacio, tiempo y mejora su calidad.

Figura 2. Ciclo de la industria de agua



Fuente: Elaboración propia

En la fase de extracción se obtiene el recurso primordial, el cual proviene de las aguas subterráneas o superficiales, que requieren tratamientos preliminares para hacer el agua potable, salubre y limpia (Filippini et al., 2008). El agua subterránea es extraída de los acuíferos que se encuentran bajo la superficie terrestre, perforándose pozos para su obtención. Dependiendo de la porosidad de la tierra, es probable que las aguas subterráneas sean más puras que las superficiales⁸. Las fuentes superficiales proceden de ríos, lagos, pozos, manantiales y mares (agua salada). Frecuentemente hay que construir embalses para el almacenamiento del agua. En estos casos, la inversión en capital requerida puede ser realizada por los Estados o las operadoras, dependiendo de

⁸ Una alta porosidad, es indicativo de que el agua es buena. Los suelos arcillosos tienen mucha capacidad de retención de agua, pero muy lenta percolación y poca aireación. En los suelos arenosos se produce una rápida infiltración y percolación del agua, pero muy poca retención. La pureza del agua subterránea también dependerá de la ubicación del acuífero. Si estos se encuentran cerca de vertederos, estaciones de gasolineras o fincas que utilicen pesticidas muy tóxicos, es probable que su grado de pureza disminuya, requiriéndose un proceso de potabilización para hacerla apta.

la normativa. El agua salada requiere un proceso de desalinización para hacerla apta para el consumo.

El grado de pureza del agua cruda⁹ dependerá de la localización de la fuente y de sus alrededores. Esta pureza incidirá en el tratamiento de potabilización del agua. El sistema de potabilización es variado y depende de la fuente de procedencia del agua y de la tecnología disponible. El sistema convencional va desde el más sencillo, que solo realiza la cloración del agua, hasta el más complejo, que comprende etapas de acondicionamiento, sedimentación, filtración y desinfección. Este último, requiere una mayor inversión de capital, por la necesidad de contar con maquinaria y de construir grandes depósitos. Así mismo, existen sistemas no convencionales, productos de nueva tecnología, que han permitido disponer de agua potable en zonas donde el agua dulce es escasa. Tal es el caso del agua obtenida del mar, que requiere un proceso especial para hacerla apta para su uso. Este proceso de desalinización se emplea fundamentalmente en zonas donde las otras fuentes son escasas.

Un aspecto a considerar en el sistema de potabilización es el tamaño de la planta o capacidad de potabilización. La capacidad es medida en m³/segundo o litros/segundo de agua potabilizada. A medida que aumentan la población y las exigencias de ésta, mayores serán los requerimientos de capacidad instalada de la planta y las inversiones de capital en estructura y maquinaria. Cada etapa del proceso de potabilización demanda amplios depósitos, que se comunican a través de tuberías internas. Bombas de gran calibre impulsan el agua de un sistema a otro.

Una vez potabilizada el agua, se inicia la fase de transmisión. Esta consiste en llevar el agua a través de tuberías de alto calibre (llamada línea matriz), a los diferentes depósitos ubicados en zonas estratégicas del área donde se prestará el servicio. La cantidad de depósitos dependerá del tamaño de la población a atender y del tipo de usuario. Si se trata de clientes industriales que utilizan el agua como materia prima, se requerirán tuberías secundarias de mayor calibre y una significativa cantidad o capacidad de almacenamiento de agua. En esta etapa, juega un papel fundamental la ubicación de los depósitos, pues dependiendo de la altura donde se localicen, se podrá aprovechar la gravedad, permitiendo un ahorro de energía y de bombeo.

⁹ El agua cruda es aquella que no ha recibido ningún tipo de tratamiento. Se encuentra con el mismo grado de pureza de su fuente original.

Posteriormente, el agua se introducirá en la red de distribución a través de la línea principal, a la cual se conectarán los diferentes clientes del servicio por medio de las líneas secundarias. Este proceso de transmisión y distribución debe hacerse manteniendo la misma calidad del agua (García y Thomas, 2001).

En resumen, el proceso de servicio de agua consta de las siguientes actividades: la extracción o producción de agua, su tratamiento o potabilización; la transferencia del agua a través de las líneas o redes de transmisión; su almacenamiento; la presurización de las tuberías de agua, y la distribución a los clientes finales a través de la red de distribución. Esta incluye también la medición y el control de la calidad (Fabbri y Fraquelli, 2000; García y Thomas, 2001). La entrada de agua al sistema de distribución se conoce como distribución de inputs, mientras que el agua suministrada a los clientes se conoce como agua suministrada (Thanassoulis, 2000).

Por otra parte, la prestación de este servicio también implica la construcción y el mantenimiento de las plantas, tales como pozos, bombas e instalaciones de almacenamiento. Además, el aumento de la contaminación del agua subterránea requiere un ciclo de tratamiento posterior que, por lo general, sólo se aplicaba a las aguas superficiales.

Ahora bien, a partir del ciclo de la industria de agua mostrado en la Figura 2, se observa que la ubicación de la fuente de extracción y/o de la planta de potabilización, así como la distancia entre éstas y el área donde se suministrará el agua, inciden en la prestación del servicio. Mientras mayor sea esta distancia, mayor cantidad de red de tuberías se requerirá para llevar el agua a su destino final. Estas tuberías son de gran calibre y requieren una gran inversión.

Un factor importante en esta industria es la energía que se emplea para bombear el agua a las diferentes áreas. Esta situación puede complicarse cuando las etapas del ciclo de la industria se encuentran en zonas con topografías accidentadas. En estos casos, una mayor altitud puede significar un elevado consumo de energía para movilizar el agua a las otras etapas; en otras zonas, se aprovecha esta altitud para impulsar el agua por gravedad. Así mismo, la energía es necesaria para los procesos de potabilización y de tratamiento de aguas residuales. En la mayoría de estas actividades se emplean bombas para mover los líquidos de un estanque a otro, o para almacenar el agua en depósitos de tratamiento.

Durante todo el proceso de suministro de agua pueden producirse pérdidas. Las primeras fugas o pérdidas ocurren en la conducción del agua desde la fuente de captación hasta el proceso de potabilización; las segundas son las pérdidas de agua en el propio proceso de potabilización; y las últimas tienen lugar en el sistema de distribución debido a varios factores. Para llevar un registro de estas

pérdidas de agua se recomienda realizar un balance hídrico que permitirá a las empresas llevar un control del agua en las diferentes etapas del proceso de distribución.

En la Figura 3 se muestra un modelo de balance hídrico. Después de que el agua ha sido potabilizada, es despachada a la red de distribución. Así, mientras una parte se dirige a los clientes (agua comercializada), la otra parte se pierde (agua no comercializada). En el agua comercializada existe un consumo que no es facturado, por consiguiente tampoco es cobrado. El consumo no facturado hace alusión a las autorizaciones otorgadas, bien por la normativa legal o por la empresa, a entes públicos o personas físicas para que utilicen el servicio, eximiéndolos de su pago. Estos consumos pueden ser o no medidos. Ejemplos de los consumos de agua no facturada es la utilizada en la lucha y extinción de incendios, lavado de tuberías y alcantarillado, limpieza de calles, riego de jardines municipales, fuentes públicas, etc. Esta situación va a depender de la normativa sobre estos usos. Este consumo no facturado más las pérdidas de agua, originan el agua no facturada (agua no contabilizada).

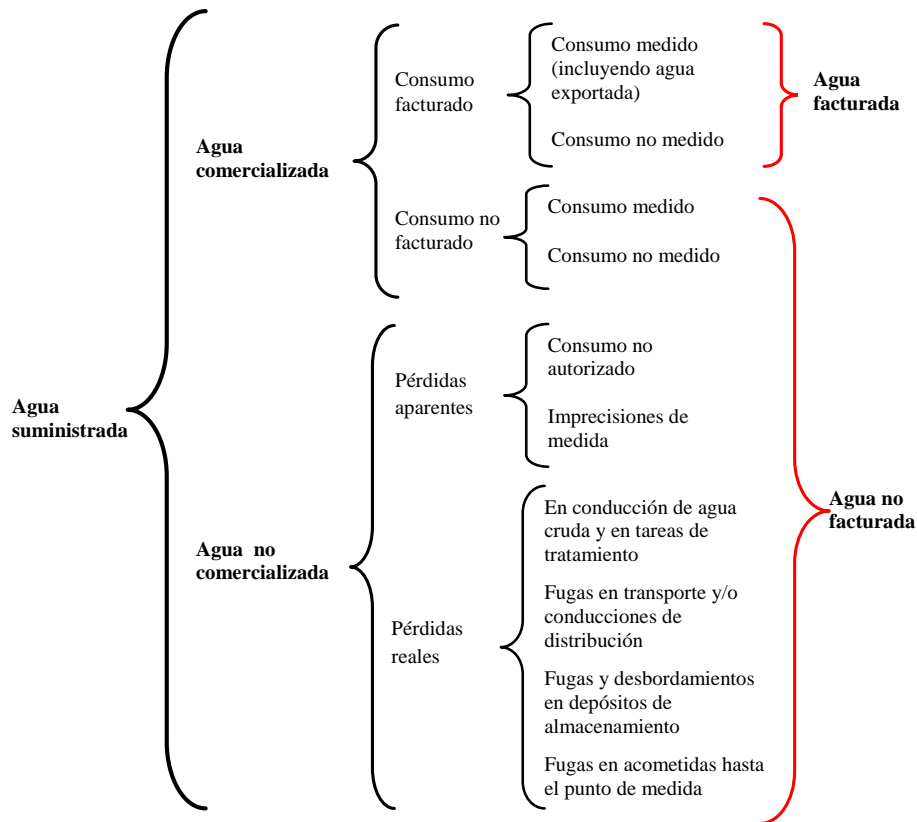
En algunos países, el consumo autorizado no facturado representa un porcentaje importante, incidiendo en la recuperación de los costes de operación y en la eficiencia de la empresa. El consumo no autorizado hace referencia a la toma clandestina y resulta difícil de controlar. Su disminución requiere de una inversión en supervisión o en tecnologías que permitan detectar estas tomas no autorizadas.

2.4 El servicio de recolección de aguas residuales

El sistema de recolección de aguas residuales comprende la recogida y el tratamiento de aguas residuales y de aguas pluviales, a través de una red de tuberías, así como el tratamiento de las primeras para su disposición final.

El sistema de alcantarillado o de recolección de aguas residuales puede ser mixto o separado. Será mixto cuando en la red circulen de forma conjunta las aguas pluviales y las aguas residuales. Ahora bien, si solo se conducen las aguas residuales, entonces los sistemas son separados.

Figura 3. Componentes del balance hídrico



Fuente International Water Association (IWA). Elaboración propia

Las funciones de la industria de agua en este sistema, de acuerdo con Thanassoulis (2000), son las siguientes:

- Servicio de alcantarillado: se encarga de la recogida y el transporte de los efluentes de las empresas y los hogares;
- Tratamiento de aguas residuales: se refiere al proceso de limpieza de los efluentes;
- Tratamiento y disposición de lodos: es la fase final del tratamiento de los efluentes.

La recolección de aguas pluviales constituye un servicio que no se presta directamente a los hogares. En algunos casos, las empresas se encargan de recolectar la escorrentía pluvial de las calles y otros servicios, para luego transportarlo por la red de alcantarillado hasta su destino final (mixto). En otros

casos, se construyen sistemas de alcantarillado sólo para la recolección de las aguas residuales (separado) que es administrado por el municipio o por otro ente.

En cuanto a las aguas residuales, existen grandes diferencias en función de la procedencia: industriales o domésticas. Las aguas residuales de los hogares provienen de inodoros, baños, cocinas y otros elementos domésticos. Están compuestas por sólidos suspendidos (en su mayoría materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

Las aguas residuales industriales tienen su origen en los desechos de procesos industriales o manufactureros. Pueden contener, además de los componentes de las aguas domésticas, algunos elementos tóxicos como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros. Dado su alto grado de toxicidad requieren un tratamiento especial para ser removidos y vertidos al sistema de alcantarillado (ver Figura 2). En algunos países la legislación obliga, a las empresas que utilizan este tipo de productos, a disponer de una planta de tratamiento particular para que sus aguas residuales sean tratadas antes de ser incorporadas a la red de aguas residuales o vertidas en afluentes naturales.

La recolección de las aguas de lluvias, debido al efecto del lavado sobre tejados, calles y suelos en zonas de alta contaminación atmosférica, puede contener una gran cantidad de sólidos suspendidos y, en algunos casos, metales pesados y otros elementos químicos que pueden ser tóxicos.

López (1999) plantea que los elementos que integran el sistema de alcantarillado son los siguientes:

- Colectores o tuberías
- Pozos de inspección
- Cámaras de caída
- Aliviaderos frontales o laterales
- Sifones invertidos
- Sumideros y rejillas
- Conexiones domiciliarias

El sistema está compuesto por tuberías o colectores semejantes a las empleadas en la red de distribución de agua potable, pero con características diferentes (tipo de material de las tuberías, pocos sistema de bombeo, transmisión frecuentemente por gravedad), a las que se adicionan algunos elementos propios de la recolección de las aguas residuales como son rejillas y bocas toma (abertura para recolectar el agua residual), entre otros.

El sistema de alcantarillado realiza otra función que es el tratamiento de los lodos, a través de un proceso de depuración, y la disposición final de éstos en el medio ambiente. Una parte de estos residuos son empleados como abono orgánico, y el resto es incinerado o llevado a los vertederos.

Por tanto, el tratamiento de las aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que buscan eliminar los contaminantes que se encuentran en los efluentes. Con ello, se persigue por un lado producir un agua limpia, que puede ser reutilizada o vertida y, por otro, disponer en el medio ambiente los residuos sólidos provenientes del sistema de tratamiento. Este sistema también es llamado depuración de aguas residuales.

En la Tabla 2 se muestran los diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales. Cada uno de estos tratamientos requiere una inversión en depósitos, bombas y maquinarias, además de los gastos en químicos y personal especializado, necesarios para realizar el proceso.

Tabla 2. Tipos de tratamiento de las aguas residuales

Tipo de tratamiento	Operaciones
Tratamiento primario	Filtración
	Sedimentación
	Flotación
	Separación de aceites
	Neutralización
Tratamiento secundario	Proceso de lodos activados
	Aireación u oxidación total
	Filtración por goteo
	Tratamiento anaeróbico
Tratamiento terciario	Microfiltración
	Absorción por carbón activado
	Intercambio iónico
	Ósmosis inversa
	Electrodiálisis
	Remoción de nutrientes
Cloración	
Ozonización	

Fuente: López R., 1999. Elaboración propia

2.5 Costes y precios en la industria de agua

De acuerdo con los procesos descritos en los apartados anteriores, el servicio de agua es un proceso complejo que requiere una cantidad de inputs (trabajo, capital, electricidad, sustancias químicas, otros) para poder producir unos outputs (servicio de suministro de agua potable y servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales). Operar con la mejor combinación de éstos, traerá consigo una gestión eficiente desde un punto de vista técnico. Por su parte, el manejo de estos inputs posee unos costes asociados que la empresa tratará de minimizar a fin de maximizar su beneficio. Los costes de los inputs que tienen mayor incidencia en la estructura de costes son el trabajo, la energía y las sustancias químicas para potabilizar el agua y el tratamiento de las aguas residuales.

Los precursores de los estudios económicos sobre el agua, Ford y Warford (1969) y Koenig, 1966 (citado por Clark y Stevie, 1981) establecen que los costes de producción del servicio de suministro de agua se componen de tres elementos principales: los gastos de las fuentes de abastecimiento, los de transmisión de agua y los de tratamiento del agua. Físicamente los costes pueden separarse en dos componentes, los asociados con la planta de tratamiento, y los relacionados con el sistema de entrega, es decir con el transporte y la distribución (Clark y Stevie, 1981). Los costes unitarios asociados al primero, por lo general, se supone que disminuirán a medida que la cantidad de los servicios prestados aumenta. Por el contrario, los costes en el sistema de distribución se verán directamente afectados por las características de la zona atendida. Una zona de topografía accidentada requerirá de mayores bombas y tanques de almacenamiento para su distribución.

Trujillo (1994) clasifica los costes de la distribución de agua en variables, semifijos y fijos. Dentro de los primeros se encuentran los relacionados con la producción de agua; los semifijos son los que varían con el número de clientes, mientras que los costes fijos representan aquéllos que no dependen ni de los metros cúbicos de agua ni del número de clientes suscritos (gastos administrativos y de alta gerencia, entre otros).

Barberán et al. (2008), en una revisión de la estructura de coste de las empresas que prestan el servicio de agua en Zaragoza (España), clasifican los costes en costes de operación y mantenimiento, que incluye costes operativos, de personal y de administración general; costes de oportunidad del capital; y costes de capital.

García et al. (2010) detallan un poco más los costes, e incorporan como gasto de explotación el consumo de productos químicos y reactivos, la energía, el

consumo de materiales, los gastos de conservación y mantenimiento, los servicios exteriores, el personal y otros gastos de gestión. Por otra parte, Torres y Morrison (2006) clasifican la capacidad de almacenamiento y el tratamiento como inputs cuasi-fijos.

La propia naturaleza de la materia prima con la que se trabaja en esta industria hace que el proceso productivo posea características especiales. Su materia prima es el agua no tratada (agua cruda) que se ha obtenido sin ningún coste de adquisición (en el caso de que no sea comprada a otra empresa), y no se trata como una variable de input, como mano de obra, energía y materiales. Por lo tanto, el único coste de aumentar la entrada de agua al servicio de distribución, es el coste asociado con la perforación o extracción, constituido principalmente por el coste de la energía y del tratamiento (García y Thomas, 2001).

Algunas empresas deben adquirir el agua de otras, por lo que en estos casos este factor debe considerarse como otro input. La industria de servicio de agua requiere para su funcionamiento una gran inversión de capital en la red de distribución y, por ello, la mayoría de sus activos de capital están construidos bajo tierra, lo que puede restringir severamente el proceso de ajuste de capital (Torres y Morrison, 2006).

En torno al modelo de costes para la distribución de agua, Filippini et al. (2008) consideran que se utilizan tres inputs: trabajo, capital y materiales para distribuir el output a un número de clientes dentro del área de servicio; y que el número de clientes y el tamaño de la red de distribución pueden considerarse como variables representativas del output.

Tal como se comentó anteriormente, el mercado de agua¹⁰ posee distintas características y/o factores que inciden en los costes de las redes de distribución. Dentro de ellos se encuentran:

- Número total de clientes atendidos
- Tipo de consumidor
- Tamaño y morfología del área de distribución
- Total de agua vendida
- Sistema de extracción u obtención de agua (manantiales, represas, pozos, ríos o lagos)
- Longitud de las tuberías de distribución

¹⁰ En opinión de Aguilera (2008) en Europa no se puede hablar en términos estrictos de mercado de agua, y tampoco se pueden aplicar las expresiones de oferta y demanda de agua, sino que debe utilizarse “consumos de agua”.

- Precio de los inputs

El tamaño de las grandes empresas puede dar lugar a costes más bajos debido al aprovechamiento de las economías de escala; además, si este tamaño se asocia con que el servicio se presta en una ciudad grande, entonces también pueden aumentar los costes de capital asociados a la recolección de las aguas residuales, por el mayor número de suscriptores (Coelli y Walding, 2005).

Las condiciones topográficas también inciden en los costes de prestación del servicio. Una topografía accidentada requiere de costes adicionales para cubrir la demanda de los clientes que se encuentran en zonas altas. Así, son necesarias inversiones en infraestructura y energía para las labores de bombeo. Como afirman Coelli y Walding (2005), el consumo de energía por conexión está altamente correlacionado con la actividad de bombeo.

Si la mayor proporción de agua proviene de ríos o mares, es probable que se asocien con menores costes de capital, ya que se necesitará menos inversión en presas, represas, etc. Además, si es necesario bombear el agua, es probable que se relacione con costes más elevados de explotación que en el caso contrario.

Otra característica importante de esta industria es la posibilidad de lograr una mayor eficiencia a lo largo de las líneas de distribución. Esto se debe a la naturaleza de las redes de agua, que permiten la fácil conexión de nuevos clientes (García y Thomas, 2001).

Igualmente, la temperatura constituye otro factor exógeno que influye en los costes de la industria de agua. El hecho de que ésta presente un alto promedio de grados puede provocar un incremento de la demanda de agua para el riego de jardines residenciales, públicos y privados (campos de golf, parques, entre otros) y, por ende, un aumento del volumen consumido por cliente. Un amplio rango de temperaturas durante todo el año puede resultar en un pico alto del flujo promedio de agua, lo que conduciría a mayores costes de capital por unidad de volumen entregado, dado que la red tiene que estar construida para poder cubrir los toques máximos (Coelli y Walding, 2005).

Por otra parte, la aparición de fugas de agua en la red como parte del proceso de producción y distribución se ha constituido como un hecho normalizado. Estas pueden ser consideradas como parte de la ineficiencia general del sistema, el agua que se pierde en la red y que no llega a los clientes potenciales.

Dentro del proceso, uno de los elementos que repercute en la pérdida de agua es el tipo de suelo. Un suelo arcilloso contribuye a que existan más roturas en las tuberías, especialmente para las redes con tuberías de más antigüedad, lo que exige costes de mantenimiento más elevados. Sin embargo, los suelos de arcilla

también pueden significar un mejor sellado de las represas y, por lo tanto, menores pérdidas de agua. Esto contribuye a reducir los costes de capital en captación de agua y almacenaje (Coelli y Walding, 2005).

Destacar que el agua es un recurso natural limitado, cuyo mal uso o administración es cuestionado por grupos conservacionistas y organizaciones nacionales e internacionales. Las fugas de agua son indeseables en un contexto de política de conservación de recursos. Más aún en aquellas zonas donde no se cuenta con reservas de agua y/o escasea el producto.

Las políticas gubernamentales de gestión del agua, entre ellas las medio ambientales, (consumo y producción) afectan también a los costes del servicio de agua. Las restricciones en el uso de agua y las normas de calidad, entre otros, influyen en los costes a través de su efecto sobre los volúmenes consumidos por cada cliente y también sobre la relación del consumo medio. Por otra parte, las empresas deben realizar grandes inversiones para cumplir con las normativas ambientales dictadas por organismos nacionales e internacionales, así como por las normas de calidad impuestas por los organismos reguladores (Coelli y Walding, 2005). Todas estas normativas y restricciones mejoran el servicio y contribuyen a la preservación del agua.

Ahora bien, la industria de agua, como monopolio natural, es regulada por el Estado, ó en algunos países por entes reguladores públicos independientes, que se encarga de velar por la calidad del servicio para que éste llegue a un precio maximizador del beneficio social.¹¹ Este precio permitirá el uso eficiente del agua y el retorno de las inversiones a las empresas que prestan el servicio. Según Aguilera (2008), el coste al que debe venderse el agua en las ciudades debe ser aquel que incentive el ahorro y la eficiencia en su uso.

¹¹ El único precio que maximiza el beneficio social es aquel que se iguala al coste marginal social conduciendo a una asignación óptima de recursos. En una situación de monopolio natural esto implica una pérdida financiera para la empresa. Este déficit se cubre con una subvención por parte del Estado, que puede producir una distorsión en términos de eficiencia, por el coste de oportunidad de los recursos públicos. Otra forma es determinar el precio igual al coste medio, permitiendo cubrir las posibles pérdidas, pero ocasionando una pérdida neta de eficiencia. Existen combinaciones de tarifas no lineales y de tarifas con una parte fija con las que se llegan a soluciones maximizadoras de la eficiencia cubriendo los costes de la empresa (Trujillo, 1993). En cuanto a las subvenciones Portabella (2005) critica su uso excesivo, pues los gobiernos apoyándose en el lema “el agua es un bien de interés general”, aplican subvenciones que no incentivan a las empresas a minimizar los costes.

Así como el precio del agua que pagan los consumidores debe fijarse con criterios de eficiencia asignativa y equidad (Trujillo, 1994), escogiendo para ello al consumidor medio. No obstante, Aguilera (2008) expresa que no está claro el papel que juegan realmente las tarifas, pues a veces se utilizan como incentivo para disminuir el consumo y no se sabe bien qué incluye el término “consumo medio”. El consumo medio es determinado por los ayuntamientos, sin embargo, mientras que en unas situaciones imperan más razones políticas que técnicas para su determinación, en otras, los municipios no prestan el interés necesario al estado en el que se encuentra el sistema de distribución de agua.

En algunos países, con el fin de garantizar el suministro a las clases más desfavorecidas, los gobiernos subsidian el precio del servicio. En opinión de Canales (2011), sin subsidios para los pobres, los servicios no se extenderían a toda la población.

Los subsidios pueden aplicarse sobre la oferta, la demanda o ser cruzados. En los primeros, el Estado realiza las asignaciones presupuestarias para la financiación total o parcial de las inversiones. Con ello se asignan recursos a las empresas operadoras del servicio para cubrir el suministro a los suscriptores de nivel social más bajo. En el subsidio a la demanda, el Estado disminuye el precio del servicio de agua por debajo de sus costes. Por último, el subsidio cruzado consiste en que los suscriptores de mayor capacidad de pago subsidian a los de baja capacidad; es decir, unos pagan tarifas por encima de los costes del servicio, para permitir que otros paguen tarifas menores a estos. Puede suceder, en este caso, que se esté subsidiando la ineficiencia del prestador del servicio, porque las empresas dependerán del pago de los suscriptores de mayor capacidad para cubrir sus costes de operación y mantenimiento.

En resumen, la industria de agua es un monopolio natural, multiproductivo, regulado, y con una rentabilidad que depende de múltiples factores como la cantidad de clientes, su distribución, las características de la zona atendida, la topografía y la cantidad de agua producida y consumida.

2.6 Resumen y conclusiones

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Presenta una distribución desigual en el planeta, lo cual puede originar conflictos en el medio o largo plazo. Debido a su importancia, la Organización de las Naciones Unidas ha declarado el acceso al agua como un derecho humano, definiéndolo como un bien social, cultural y económico, a la vez que estipula la cantidad y calidad que debe suministrarse por persona.

Las empresas que componen la industria de agua prestan fundamentalmente los servicios de suministro de agua potable y de recolección de las aguas residuales. Estas organizaciones pueden ser públicas, privadas o mixtas y tener competencia nacional, regional o municipal. Ambos servicios pueden ser prestados por una sola empresa o por varias. Los clientes pueden dividirse en residenciales, comerciales, industriales y agrícolas. Las actividades de este sector contribuyen a un mejor desarrollo social y económico de la zona y a la mejora de la salud de la población.

En el proceso del servicio de suministro de agua potable se manifiestan las siguientes actividades: extracción, tratamiento, transferencia, almacenamiento, presurización de las tuberías y distribución, con la finalidad de garantizar la calidad y continuidad del servicio. El agua puede ser obtenida de fuentes superficiales (ríos, lagos, manantiales, presas y mares) o subterráneas (pozos). La fuente de obtención del agua es relevante en la determinación del coste del servicio. Así, las aguas superficiales, por lo general, requieren mayor utilización de inputs para su tratamiento.

Las funciones del sistema de tratamiento son recogida y transporte de los efluentes, tratamiento de aguas residuales, tratamiento y disposición de lodos y recolección de las aguas pluviales. El servicio de alcantarillado puede ser mixto o separado. Es mixto cuando conduce de forma conjunta las aguas pluviales y residuales sanitarias.

La industria utiliza tres inputs: trabajo, capital y materiales (químicos y reactivos, energía, otros materiales, gastos de conservación y mantenimiento y servicios exteriores o contractuales). En general, la industria produce dos outputs que serán distribuidos a un número de clientes dentro de su área de servicio. Los costes de producción del servicio de suministro de agua se componen de tres elementos principales: los gastos de las fuentes de abastecimiento, los de transmisión y los de tratamiento del agua.

Los principales factores que afectan a los costes de la industria del sector del agua son el número y el tipo de cliente, el tamaño y la topografía del área de distribución, el total de agua vendida, el sistema de extracción u obtención de agua, la longitud de las tuberías de distribución, los precios de los insumos, el tratamiento de las aguas residuales y la disposición de los lodos.

En síntesis, la industria de agua se caracteriza por ser multiproducto, monopolio natural, sector regulado y su rentabilidad está relacionada con la cantidad y distribución de sus clientes, la zona atendida y la cantidad de agua producida y vendida.

Capítulo III

La industria de agua en América Latina

3.1 Introducción

Desde un punto de vista cultural, América Latina representa al conjunto de países del continente americano de habla española y portuguesa: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Se incluye Haití, porque comparte la isla La Española con República Dominicana.¹²

Los países latinoamericanos presentan una gran diversidad climática, que va desde un clima tropical húmedo y cálido en el norte y centro de Sudamérica, hasta un clima templado y frío en los puntos más elevados. El régimen de precipitaciones varía, dependiendo de la zona y la estación del año. Estos países poseen una alta disponibilidad hídrica, a pesar de que disponen de zonas áridas o semiáridas, como es el caso del nordeste de Brasil, el sur de Ecuador, la franja litoral de Perú, el norte de Chile y la zona sur de Bolivia.

Latinoamérica¹³ es rica en recursos hídricos; ejemplo de esto son los ríos Amazonas (Perú, Colombia y Brasil), Orinoco (Venezuela), Sao Francisco (Brasil), Paraná (Argentina, Brasil y Paraguay) y Magdalena (Colombia). Estos transportan más del 30% del agua superficial continental del mundo. A pesar de esta gran cantidad de recursos hídricos, la disposición de agua potable y recolección de aguas residuales no llega a todos los hogares latinoamericanos.

Existen diferencias muy marcadas en cuanto a desarrollo económico y social en los países latinoamericanos, pues algunos de ellos forman parte de los países

¹² Se ha definido también América Latina, como los países que hablan lenguas romances (español, portugués y francés) en el continente americano. Esta concepción debería incluir a parte del territorio de Canadá y muchos otros países.

¹³ América del sur dispone del 26% de los recursos hídricos del mundo y en ella se encuentra el 6% de la población mundial.

denominados “economía emergentes” o “Grupo de los 20” (Brasil, México y Argentina) mientras que otros tienen un alto índice de pobreza extrema, como es el caso de Haití, Nicaragua y Bolivia.

La concentración de la población y la extensión que ocupan los países que integran América Latina también es diversa; pues algunos cuentan con ciudades que sobrepasan los 7 millones de habitantes (México D.F, Sao Paulo, Buenos Aires, Río de Janeiro, Bogotá, Lima y Caracas), mientras que en Honduras, Guatemala y Haití más del 50% de la población es rural.

Por su compleja estructura poblacional y desigualdad económica, en el servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales se detectan marcadas diferencias. Existen países en los que los servicios prestados por la industria de agua cubren casi la totalidad de la población urbana (Uruguay), mientras que en otros la cobertura es baja (Haití), siendo más precaria esta situación en la población rural.

El presente capítulo tiene como objetivo describir la prestación del servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales en América Latina, y se encuentra estructurado de la siguiente forma: en primer lugar se expone el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Latinoamérica, a continuación se describe la industria de agua de los países en estudio, para posteriormente mostrar su caracterización socio-económica. El apartado 3.6 describe ampliamente la industria de agua en Brasil. Por último, se finaliza con las conclusiones.

3.2 El servicio de suministro de agua potable en Latinoamérica

Latinoamérica se caracteriza por estar conformada por una gran cantidad de países en vía de desarrollo. Esta situación ha incidido en la prestación del servicio de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales, pues un gran porcentaje de la población urbana no posee acceso a estos servicios. Son múltiples los organismos internacionales que han tratado de ayudar a mejorar esta situación en la zona: Organización de las Naciones Unidas (ONU), Organización de Estados Americanos (OEA), Banco Mundial (BM) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Para ello, han realizado estudios sobre la situación y han colaborado con asesoramiento e inversión en la mejora de este servicio en la zona.

La población de los países que integran Latinoamérica es muy heterogénea. Unos cuentan con una extensa población (Brasil y México) y otros no superan los 10 millones de habitantes (ver Tabla 3). La población urbana supone el 80%

en cinco países (Argentina, Brasil, Chile, Uruguay y Venezuela), mientras que en tres (Guatemala, Haití y Honduras), no supera el 50%.

Tabla 3. Población urbana de los países de Latinoamérica, año 2010

País	Población	P. U.	País	Población	P. U.
Argentina	41.137.524	92,4	Haití	10.085.214	49,6
Bolivia	10.426.154	66,5	Honduras	8.045.990	48,8
Brasil	190.732.694	86,5	México	112.336.538	77,8
Chile	17.196.000	89,0	Nicaragua	5.822.000	57,3
Colombia	46.115.000	75,1	Panamá	3.405.813	74,8
Costa Rica	4.563.538	64,3	Paraguay	6.460.000	61,5
Cuba	11.240.841	75,7	Perú	29.461.933	71,6
Ecuador	14.306.876	66,9	República Dominicana	9.378.818	70,5
El Salvador	6.194.000	61,3	Uruguay	3.356.584	92,5
Guatemala	15.361.666	49,5	Venezuela	27.150.095	94,0

PU: Porcentaje de población urbana

Fuente: The World Bank. <http://www.worldbank.org/> Elaboración propia.

La situación de los servicios prestados por la industria de agua en Latinoamérica en términos de cobertura de agua potable en el área urbana, puede apreciarse en la Tabla 4. En general, se observa la mejoría de este servicio. En algunos países, como es el caso de Ecuador, Guatemala y Paraguay, la cobertura aumentó en 10 puntos entre 1990 y 2006. Sin embargo, en países como Chile, Nicaragua, República Dominicana y Panamá la cobertura de este servicio ha descendido. No obstante, es preciso tener en cuenta que en estos dos últimos países la población urbana se incrementó en más del 60%.

Especial atención merece Haití, país más pobre de América, y en el cual la cobertura de suministro de agua potable se incrementó en 8 puntos mientras que la población urbana se incrementó en más del 100%. A pesar de este aumento, continúa teniendo la cobertura más baja de la región. En situación opuesta se encuentra Uruguay, cuya población urbana se incrementó un poco más del 10% y está totalmente cubierta con este servicio.

Tabla 4. Porcentaje de cobertura del servicio de agua potable urbano

País	1990	1995	2000	2006
Argentina	97	98	98	98
Bolivia	91	93	94	96
Brasil	93	95	96	97
Chile	99	99	98	98
Colombia	98	98	98	99
Costa Rica	ND	99	99	99
Cuba	95	95	95	95
República Dominicana	98	97	97	97
Ecuador	82	87	92	98
El Salvador	90	91	92	94
Guatemala	89	93	96	99
Haití	62	65	67	70
Honduras	91	93	94	95
México	94	95	97	98
Nicaragua	91	91	90	90
Panamá	100	100	98	96
Paraguay	78	84	89	94
Perú	88	90	91	92
Uruguay	100	100	100	100
Venezuela	93	93	ND	ND

ND: No disponible

Fuente: The World Bank. <http://www.worldbank.org/>. Elaboración propia.

En las zonas rurales el servicio de suministro de agua potable presenta tasas de cobertura, en general, menores. Solo 5 países superan el 90% de la cobertura en esta zona. En los otros restantes se aprecia una gran mejoría, pues en países como Bolivia, El Salvador, Guatemala, Chile, Paraguay, República Dominicana y Ecuador este incremento supera los 20 puntos desde 1990 hasta 2006. En países como Haití y Brasil este incremento no llega al 5%.

3.3 El servicio de recolección de aguas residuales en Latinoamérica

El servicio de recolección de aguas residuales difiere de la situación planteada anteriormente, pues como se aprecia en la Tabla 5, para el año 2006, el único

país que cubre el 100% de la totalidad de la población es Uruguay. No obstante, se aprecia una mejoría en la mayoría de los países en el período 1990-2006, en el que la cobertura de este servicio se incrementó en más de 10 puntos porcentuales, destacando Honduras y México, con una ampliación superior a los 20 puntos.

Tabla 5. Porcentaje de cobertura del servicio de recolección de aguas residuales urbano

País	1990	1995	2000	2006
Argentina	81	85	89	91
Bolivia	33	36	39	43
Brasil	71	73	74	77
Chile	84	88	91	94
Colombia	68	71	74	78
Costa Rica	94	95	96	96
Cuba	98	98	98	98
República Dominicana	68	71	74	79
Ecuador	71	75	80	84
El Salvador	73	77	82	86
Guatemala	70	75	80	84
Haití	29	27	24	19
Honduras	45	51	58	66
México	56	66	76	81
Nicaragua	42	44	46	48
Panamá	ND	63	69	74
Paraguay	60	64	67	70
Perú	55	60	65	72
Uruguay	100	100	100	100
Venezuela	83	86	ND	ND

ND: No disponible

Fuente: The World Bank. <http://www.worldbank.org/>. Elaboración propia

La situación más grave en este servicio la presentan Bolivia y Haití, donde en el año 2006 no se llegaba a cubrir el 50% de la población urbana. En Bolivia y en ese año, la población urbana representaba poco más del 64% del total de la

población, mientras que en Haití dicha población alcanzaba el 44% del total de la población, aproximadamente. Estos datos constatan el estado precario en que se encontraba el servicio de recolección de aguas residuales en estos países.

El escenario en las zonas rurales es aún más grave, pues la cobertura de este servicio en 6 países no llegaba al 50% en 2006, incluyendo México. La situación más precaria se observa en Bolivia, pues la cobertura no superaba la cuarta parte de la población rural.

La realidad anterior se complica si se tiene en cuenta que menos del 14% de las aguas residuales son tratadas antes de ser arrojadas a los ríos, lagos o mares. Esa situación afecta directamente a la salubridad en estos países y provoca daños ecológicos sobre los ríos, lagos, acuíferos subterráneos y océanos.

Si se comparan los dos servicios prestados por la industria de agua a nivel urbano, se observa una situación preocupante. En países como Nicaragua, Haití y Bolivia la diferencia de cobertura entre los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales es de 42, 51 y 53 puntos, respectivamente. En Costa Rica, Chile, Argentina y El Salvador esta diferencia no llega al 10%. Por otra parte, en México y Brasil, que son los dos países con mayor potencial económico y población (ver Tabla 9), esta diferencia se sitúa en 17 y 20 puntos, respectivamente.

Muchas de las diferencias y de la problemática de los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales se deben al alto crecimiento poblacional que han registrado estos países en las últimas décadas y a la emigración de la población rural hacia los centros urbanos buscando mejores condiciones de vida. Esta migración ha colapsado los servicios, pues en la planificación y construcción de los mismos, no se había previsto esta situación.

Es importante destacar que, tanto la disponibilidad de agua potable como la recolección de aguas residuales, se encuentran entre las metas del milenio, establecidas por la ONU. Para alcanzar estas metas cada país se comprometió a reducir a la mitad la porción de la población sin acceso a agua potable y a los servicios básicos de recolección de aguas residuales para el año 2015. Para el cumplimiento de esta meta, se utilizan como indicadores la proporción de la población con acceso a mejores fuentes de agua potable y mejores servicios de saneamiento.¹⁴ En el servicio de recolección de aguas residuales los mayores

¹⁴ De acuerdo con los datos suministrados por el programa de monitoreo del abastecimiento de agua potable patrocinado en conjunto por la OMS y UNICEF para 2010, la meta de abastecimiento de agua está próxima a cumplirse, mientras que falta

desafíos se encuentran en Haití, Bolivia, Nicaragua, Colombia, Panamá, Perú y Argentina.

Uno de los inconvenientes más relevantes del suministro de agua potable en los países latinoamericanos es su calidad. Esta implica tres aspectos: calidad del agua (potabilización), continuidad y presión. En muchas zonas, la calidad del agua que se recibe en los grifos es baja, trayendo como consecuencia enfermedades. Solo el 24% de la población urbana se cubre con análisis de calidad del agua potable, en las zonas rurales es insignificante (Canales, 2011).

Por otra parte, el servicio de agua es intermitente. Es decir, no está disponible las 24 horas del día y, en algunos casos, el agua se suministra cada 2 ó 3 días. La presión con la que el agua llega a los hogares tampoco es la adecuada. Esto conlleva que los hogares tengan que invertir en tanques de almacenamiento, haciendo más caro el servicio.

Además, en muchos países la infraestructura se encuentra ya obsoleta, dando como resultado que se pierda gran cantidad de agua en el sistema de distribución. También influyen en las pérdidas las condiciones topográficas y la situación cultural y económica de la población. Otro inconveniente es la escasa micromedición¹⁵ del agua, que deriva en agua no facturada y que alcanza un 40% en las grandes ciudades latinoamericanas y hasta un 70% en otros casos (Garzonio, 2011).

Ahora bien, en Latinoamérica existen abundantes recursos hídricos con los que se podría solucionar esta problemática. Lo que se requiere es inversión en infraestructura, es decir, sistemas de potabilización, redes de distribución y de recolección y plantas de tratamiento. Toda esta infraestructura debe adaptarse a cada una de las diferentes zonas de los países para poder hacer llegar los servicios de recolección de aguas residuales a toda la población de una manera eficiente y sostenible.

La inversión en estos servicios requiere de grandes cantidades de recursos por lo que es costoso. Para ello es necesaria la participación tanto del sector público

mucho para alcanzar la del servicio de recolección de aguas residuales. No obstante, en opinión de Canales (2011) esta meta se basa en una definición de cobertura muy generosa. Si se adoptara una más realista, la situación sería de 84% con servicio de agua por tuberías y un poco más del 50% conectado a sistemas convencionales de alcantarillado.

¹⁵ Sistema que permite determinar los volúmenes de agua consumidos a nivel de usuario o cliente. Este sistema de medidores garantiza que se cobre lo realmente utilizado.

como del privado y las ayudas de aquellos organismos internacionales que tienen dentro de sus políticas la financiación de estas obras.

3.4 La gestión del agua en Latinoamérica

Los modelos de gestión de agua en Latinoamérica son variados. Pueden encontrarse situaciones que van desde una legislación liberal inspirada en el modelo inglés, como es el caso de Chile hasta otra en donde el uso comunitario de las aguas superficiales supone un privilegio, como es el caso de Bolivia. En la mayoría de los países existe una autoridad única del agua, las inversiones están íntimamente ligadas a la necesidad de desarrollo y en su mayoría son realizadas por el Estado. Un resumen de la caracterización de este sector en los países que se estudian en este trabajo se presenta en la Tabla 6.¹⁶

En la década de los 90 del siglo pasado, como consecuencia de las reformas impuestas por el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, este sector fue expuesto a la privatización en casi toda Latinoamérica. Esta experiencia tuvo éxito en algunos países, mientras que en otros fue una catástrofe, como en Argentina. Actualmente, los sistemas urbanos de agua potable más grandes y rentables se encuentran en manos privadas, mientras que aquellos que no sobrevivieron al proceso de privatización regresaron a las manos públicas. En términos generales, la responsabilidad del servicio de distribución de agua potable en los países estudiados recae en el poder municipal y predomina como tipo de contrato la concesión a las empresas operadoras, bien sean públicas o privadas.

¹⁶ A partir de este subtítulo, por simplificación solo se hará referencia a los países con que se trabaja en esta investigación. A ellos se hará referencia en adelante como países de Latinoamérica.

Tabla 6. Caracterización de la industria de agua en los países latinoamericanos

País	Responsable del servicio	Tipo de operador	Propiedad de la infraestructura	Tipo de contrato
Argentina	Municipal	Público Privado	Público	Concesión
Bolivia	Municipal	Público	Público	Concesión
Brasil	Municipal	Mixto	Publico	Concesión Contrato de mantenimiento Operación y mantenimiento Arrendamiento
Chile	Municipal	Público Privado	Privado	No disponible
Colombia	Municipal	Mixto	Público	Concesión Arrendamiento
México	Municipal	Público Privado	Público	Concesión Contrato de mantenimiento Operación y mantenimiento Arrendamiento
Panamá	Nacional Municipal	Público	Público	No disponible
Venezuela	Municipal	Público	Público	Concesión

Fuente: United cities and local governments, 2009. Elaboración propia

Destacar que en algunos países la legislación sobre regulación del servicio de agua potable y recolección de aguas residuales, es reciente; mientras que en otras data de varios años (ver Tabla 7) como es el caso de México y Chile.

En la mayoría de los países los entes reguladores se dedican sólo al servicio de agua y recolección de aguas residuales o saneamiento, mientras que en otros países, la actividad reguladora está también dirigida a otros servicios. En Argentina y Brasil, por ser países federados, la jurisdicción de los entes

reguladores es provincial o a nivel de los estados; en los restantes, la jurisdicción es nacional.

Tabla 7. Regulación del servicio de agua en Latinoamérica

País	Organización basada en la legislación	Actividades del ente regulador
Argentina	1980, principios de los 90 y desde 2006	Multi-servicios
Bolivia	2005-2009	Sólo los servicios de agua y saneamiento (en transición)
Brasil	2007	Multi-servicios
Chile	1988-90 1998	Sólo los servicios de agua y saneamiento.
Colombia	1993 en adelante	Multi-servicios
México	1992	No
Panamá	2001	Multi-servicios
Venezuela	2001, reformulada en 2007	Sólo los servicios de agua y saneamiento (en transición)

Fuente: Romero y Ferro (2009), p. 34-35. . Elaboración propia

La fortaleza legal y organizacional del ente regulador facilita la función de control de las empresas operadoras, buscando que éstas sean eficientes. Dentro de las múltiples funciones de los reguladores se encuentra la de garantizar o establecer (dependiendo de la normativa) los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales, así como el precio de los mismos. Para poder cumplir con este mandato, los reguladores requieren disponer de información sobre la estructura de costes, la cual solo es conocida por las propias empresas. Por consiguiente, se deben buscar incentivos para que las empresas operadoras faciliten esta información.

Las empresas se encuentran clasificadas de acuerdo al área en donde prestan el servicio: municipal, regional, nacional y servicios públicos. Las regionales abarcan más de dos municipios, mientras que las nacionales tienen competencia en todo el país. Por su parte, los servicios públicos son manejados directamente por un ente del poder público. Como se aprecia en la Tabla 8, los dos países más poblados tienen más empresas operadoras. La mayoría de las empresas en Argentina, Chile, Colombia y Venezuela son regionales, mientras que en Panamá, existe una nacional que cubre más del 90% de la población.

Tabla 8. Cantidad de empresas operadoras del servicio de agua potable y alcantarillado en Latinoamérica

País	Nº empresas	Población	Superficie (Km²)	Densidad poblacional
Argentina	24	40.117.096	2.780.400	14,43
Bolivia	14	10.627.269	1.098.581	9,67
Brasil	4.533	185.564.000	8.514.877	21,79
Chile	45	16.432.674	75.695	217,09
Colombia	365	45.446.247	1.141.748	39,80
México(*)	2.000	112.336.538	1.959.248	57,34
Panamá	2	3.405.813	75.517	45,10
Venezuela	17	27.031.170	916.445	29,50

(*) Dato no confirmado

Fuente: Banco Mundial <http://www.worldbank.org>, IBNET <http://www.ib-net.org/>,

Elaboración propia

En la mayoría de los países la base conceptual para la determinación de las tarifas de los servicios prestados es el coste medio, a excepción de Chile que se basa en el principio de coste marginal. El horizonte para el cálculo tarifario es de corto plazo en Argentina, Bolivia, Brasil; y de largo plazo en Colombia (ADERASA, s/f). En gran parte de los países existen subsidios cruzados a excepción de Chile, donde el subsidio es directo. En Colombia y Venezuela se subsidian las inversiones; mientras que en Argentina, Bolivia y Brasil, esto va a depender de aspectos como la zona y la población, entre otros. En opinión de Canales (2011) las tarifas en la región no cumplen con la función de autofinanciación de las empresas operadoras.

En Chile se introdujo un modelo innovador de regulación conocido como “empresa eficiente” o “empresa modelo”. En este modelo regulador las tarifas se estiman de acuerdo con los costes de la empresa más eficiente que es posible construir con la tecnología disponible en el momento de tarifificar. Por consiguiente, las demás empresas deben ajustarse a esta situación, buscando con ello promover la eficiencia de estas empresas.

En todos los países, la tarifa cobrada contiene un cargo fijo y otro variable en función de la cantidad consumida. Por otra parte, en la mayoría de los países, los usuarios residenciales poseen varias clasificaciones, mientras que en Chile existe una sola clasificación. Los usuarios no residenciales suelen clasificarse en comerciales, industriales y oficiales.

Argentina, Panamá y Venezuela presentan una micromedición que no sobrepasa en promedio el 60% de los usuarios residenciales, dejándose gran cantidad de agua por cobrar. Por otra parte, el consumo medio es muy variado entre países y entre ciudades de un mismo país. Este oscila entre 14 m³/mes para ciudades como Ceará y Sao Paulo en Brasil, hasta 58 m³/mes en Panamá, mientras que en las ciudades de Buenos Aires y Santa Fe (Argentina) el consumo medio es de 33 y 20 m³/mes, respectivamente (ADERASA, s/f).

En todos los países de la muestra, el servicio de recolección de aguas residuales, es prestado por las mismas operadoras que suministran el agua potable, y a excepción de Panamá, el servicio es tarifado de forma separada. No obstante, en la mayoría de los países, esta tarifa sigue siendo un sobrecargo porcentual a la tarifa de agua y no refleja directamente los costes de prestación de ese servicio.

3.5 Caracterización socio-económica de los países analizados en la aplicación empírica

En el capítulo 7 se efectúa un análisis de eficiencia de las empresas que prestan el servicio de agua en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México, Panamá y Venezuela. A continuación se presenta una visión general de la situación social y económica de estos países (véase Tabla 9).

En el año 2001, Argentina sufrió una profunda crisis que revirtió en los avances sociales y económicos alcanzados hasta la fecha, trayendo como consecuencia que más de la mitad de la población estuviese en situación de pobreza. Esta situación ha cambiado y, en los últimos años, se ha vuelto a tener un crecimiento económico rápido, unas tasas de desempleo similares a las anteriores a la crisis y se han reducido los niveles de pobreza. Pese a ello, la economía comenzó a desacelerarse en 2008. En ese año, su población era aproximadamente de 40 millones de habitantes y su PIB per cápita de 8.236 dólares americanos. Argentina posee una importante gama de recursos naturales y una economía diversificada, siendo el sector manufacturero el que mayores recursos aporta al PIB.

En Bolivia, uno de los países más pobres y desiguales de América Latina, existe una gran población rural e indígena. En los últimos años se han implementado diversos programas sociales, se han nacionalizado los hidrocarburos y otros sectores, a la vez que se han creado empresas estatales. Entre 2006 y 2008 el crecimiento económico promedio fue del 4,7%, el cual disminuyó a 3,4% en 2009, pero aún así fue el más alto de la región. El ingreso per cápita se mantiene

entre los más bajos de la zona. La actividad que genera mayores recursos es la minería, siendo uno de los principales países productores de estaño.

Tabla 9. Situación social y económica de los países latinoamericanos

País	Promedio de los años 2003 al 2006				
	Población total	Población urbana	Superficie (Km ²)	PIB per cápita	Inflación acumulada
Argentina	38.558.114	91%	2.780.400	4.400,73	9,60
Bolivia	9.095.123	64%	1.098.581	1.038,21	4,36
Brasil	184.908.489	84%	8.514.877	4.295,60	8,09
Chile	16.211.567	87%	756.950	6.684,36	2,58
Colombia	42.722.481	73%	1.141.748	2.988,43	5,60
México	102.595.278	76%	1.959.248	7.923,64	4,21
Panamá	3.203.556	70%	75.517	4.652,30	1,46
Venezuela	26.352.250	92%	916.445	4.964,62	20,61

Fuente: The World Bank. <http://www.worldbank.org/>. Elaboración propia

El país más grande y desarrollado de Latinoamérica es Brasil. Ocupa un lugar importante a nivel mundial en actividades agrícolas e industriales. Su PIB per cápita no es el más alto de la zona y más del 15% de su población es rural. Su crecimiento económico y su desarrollo se vieron afectados por la elevada inflación (1.928% y 2.076% en los años 1993 y 1994) y la deuda pública excesiva. Las reformas realizadas en la década de 1990 y las actuales políticas macroeconómicas y sociales han dado lugar a un largo período de estabilidad, crecimiento y bienestar social, propiciando un crecimiento económico sostenido, bajas tasas de inflación y mejoras en el bienestar social.

La economía de América Latina que ha crecido más rápidamente es Chile. Su tasa promedio de crecimiento anual medido a través del PIB per cápita era del 4,1%, el segundo más alto de la zona en 2008. Posee una población de aproximadamente 16 millones de habitantes, de los cuales alrededor del 85% vive en áreas urbanas. Su principal actividad es la minería, especialmente el cobre. En los últimos años, se ha desarrollado la actividad agrícola y piscícola, alcanzando puestos importantes como exportador.

Colombia tuvo un periodo de sólido crecimiento desde 2001 a 2007 (4,6% anual), que disminuyó a principios de 2008. El país, con casi un 28% de población rural, se enfrenta a tres grandes problemas: pobreza, desigualdades y

violencia. Su PIB per cápita es de 5.416 dólares americanos en 2008 y su economía ocupa la quinta posición de la zona. Sus principales actividades son la exportación petrolera y de productos de minería, así como la agrícola que aporta destacados recursos al PIB nacional.

El tercer país en extensión en Latinoamérica es México. A pesar de contar con una población rural cercana a la cuarta parte, un 47,4% aproximado de pobreza y un 18,2% de extrema pobreza, es la segunda economía más grande de Latinoamérica y depende principalmente de las exportaciones de petróleo y del comercio con los Estados Unidos de América. Su PIB per cápita ocupaba el segundo lugar en la zona, con una inflación que no llegaba en promedio al 5%. A pesar de haber sido golpeada duramente por la crisis económica global de 2008, su economía está comenzando a recuperarse, principalmente en los sectores de explotación de minas y canteras e industrias manufactureras y comercio.

Panamá, con aproximadamente un 30% de población rural, es el país más pequeño en extensión de Latinoamérica, pero ha tenido uno de los crecimientos más rápidos, debido a una extraordinaria bonanza que ha disparado el PIB a promedios de expansión del 10,4% en el período 2006-2008. Su economía se basa en el sector terciario, que aporta aproximadamente las tres cuartas partes del PIB. A pesar de este crecimiento, en 2008 más de un tercio de la población vivía en la pobreza y un 14,4% en pobreza extrema.

Venezuela es un país rico en recursos naturales, con una de las reservas más grandes de petróleo y minerales de América Latina y el Caribe. Desde la década de los años 90, este país ha pasado por un período de gran volatilidad económica y política, llevando a cabo una reforma constitucional en 1999. Partiendo de una tasa de inflación cercana al 1200% en 1996, se ha alcanzado el 31,4% en 2008. A pesar de ello, en ese último año el PIB per cápita fue el más alto de los países Latinoamericanos. Su economía depende del sector petrolero, que aporta un poco más del 30% del PIB y representa el 90% de las exportaciones. A partir del año 2004 se incrementó el gasto social y los niveles de pobreza han disminuido durante el período 1995-2005 debido al aumento del ingreso real per cápita. La pobreza extrema se ha reducido a un 19% de la población durante el mismo período.

3.6 La industria de agua en Brasil

América Latina es una región con abundancia en agua, pero distribuida asimétricamente en espacio y tiempo con relación a la población y a la actividad

económica. Brasil posee gran cantidad de agua distribuida en un extenso territorio. En este país operan una gran cantidad de empresas para prestar los servicios de agua potable y recolección de las aguas residuales.

Cuando se iniciaron los procesos de privatización del sector del agua en América Latina, Brasil dio sus primeros pasos, pero esta medida no se extendió en toda la región. Actualmente la población atendida por el sector privado no llega al 5% de la población que recibe servicios de agua potable. En cambio, predominan otras figuras jurídicas, en su mayoría públicas, que han asumido la prestación del servicio.

Por mandato constitucional, el servicio es responsabilidad de los municipios, pero se han creado varias empresas regionales que sirven a una gran proporción de la población. En materia de disponibilidad de agua potable, Brasil cumplió con la meta del milenio, pero esta situación no se alcanzó con el servicio de recolección de aguas residuales, hecho que se agrava en la población rural. A continuación, se describe el ciclo hidrológico y la industria de agua de Brasil.

El ciclo hidrológico en Brasil

Brasil ocupa más de la mitad de la región Suramericana. Gran parte de su extensión es selvática con un territorio de 8.514.877 km². Se constituye como un Estado Federal, conformado por un distrito capital, 26 estados y 5.565 municipios.

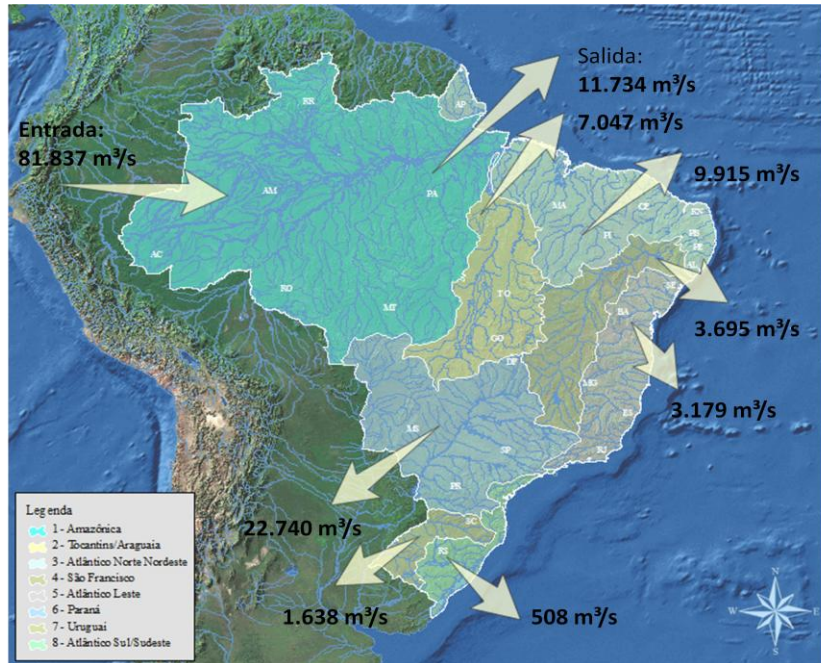
Brasil dispone de una gran reserva de agua. Posee 12 cuencas hidrográficas: Amazonas, Atlántico Nordeste Occidental, Atlántico Este, Atlántico Sur, Atlántico Sudeste, Atlántico Nordeste Oriental, Tocantins, Paraguay, Parnaíba, São Francisco, Paraná y Uruguay. Ocho de estas cuencas drenan en el Atlántico, siendo la de más extensión la primera.

Además, cuenta con una gran cantidad de ríos, de los que el principal es el Amazonas. Este es el río más caudaloso del mundo y el segundo en extensión, después del Nilo. Los otros ríos de importancia que se ubican en este gran territorio son Tocantins, Río de la Plata, São Francisco, Negro, Japurá, Putumayo; Javari, Purús, Juruá, Madeira, Tapajós y Xingu.

Una visión de la cantidad de agua dulce con que cuenta Brasil, se puede observar en la Figura 4. El balance hídrico muestra que la entrada de agua, originada por el río Amazonas, es de 81.837 m³/seg. La mayor salida del recurso se da por el nordeste de Brasil y, otra parte importante, por el sur hacia Paraguay y Argentina. Esta gran disponibilidad de recursos hídricos hace envidiable la posición natural de este país.

En el año 2000, de acuerdo con la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 61% del agua en Brasil se destinaba a la agricultura, el 21% al uso doméstico y la diferencia a la industria (AQUASTAT, 2000).

Figura 4. Balance hídrico de Brasil



Fuente: Agência Nacional de Águas. <http://balancohidrico.ana.gov.br/?Lang=pt-BR>

Marco regulatorio de la industria de agua en Brasil

La normativa que regula el sector de suministro de agua y recolección de aguas residuales en Brasil sufrió un cambio en 2007. Se instituye la Ley 11.445, de 01/05/2007. En esta norma se establecen las directrices nacionales para la prestación de estos servicios. Vergès (2010) destaca las siguientes disposiciones de esta Ley:

- Donde no haya prestación directa de los servicios, se obliga a celebrar contratos con las Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CEBS) y de concesión con otros tipos de prestadores.

- Los contratos de concesión deben adaptarse a las normas de la Ley N° 8.987 de 1995
- Se obliga a los municipios a elaborar planes municipales para la prestación de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. Estos deben tener carácter vinculante con los contratos a otorgar.
- Existe la posibilidad de formar consorcios o mancomunidades y de prestar los servicios a nivel regional, incluso en zonas no cercanas.
- No existe un órgano regulador a nivel nacional. La regulación y fiscalización son de competencia municipal, pudiéndose delegar a nivel estatal.
- El papel del gobierno federal se limita a estimular la cooperación en el desarrollo de la infraestructura y la prestación de servicios comunes a varios municipios.

Otras normas legales que rigen la contratación de los servicios de la industria de agua son la Ley 11.107, de 06/04/2005, que establece las normas generales para la creación de consorcios y contratación pública en los servicios y la Ley 11.079, de 30/12/2004, que establece las normas generales de licitación y contratación de asociación público-privada en la administración pública.

El control de calidad en los servicios de suministro de agua en Brasil, está regulado por el Decreto 5.440, de 05/04/2005. Esta norma obliga a difundir información sobre la calidad del agua potable. La 518/MS Ordenanza, de 03/25/2004, establece los procedimientos y responsabilidades en materia de control y vigilancia de la calidad y potabilización del agua.

La Ley 9.984 de 07/17/2000 crea la Agência Nacional de Águas (Agencia Nacional de Agua, ANA). Esta es una institución federal encargada de implementar la política nacional de recursos y de coordinar el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. Este último creado por la Ley 9.433, de 01/08/1997.

Brasil en cifras

Los estados de Brasil se agrupan en 5 regiones: Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste y Sur. La primera es la región menos poblada y ocupa el segundo lugar en extensión. Su economía es fundamentalmente agrícola y ganadera. En la región Nordeste predomina la actividad agrícola, concentrando tanto la mayor cantidad de estados como de extensión de costa del país. Es la zona más heterogénea por la diversidad de climas y ambiente.

La región norte es la de mayor extensión y la que menos contribuye al PIB nacional. Por la intensa presencia de selva amazónica predomina la extracción vegetal y también algunas actividades mineras. El río Amazonas pasa en gran parte por esta zona.

La actividad fundamental en la región sudeste es la industrial. Posee la mayor densidad poblacional (ver Tabla 10), y en ella se encuentran las tres grandes metrópolis del país; además posee una gran zona costera. La región sur es la de menor extensión y en ella predomina un clima subtropical. Esta región cuenta con una cantidad importante de diversas industrias. Estas dos últimas zonas son las de mayor contribución al PIB de la nación, destacando un gran parque industrial y un desarrollo en la agricultura.

Tabla 10. Población de Brasil, por región

Región	Nº de municipios en la región	Población	
		Habitantes (millones)	%
Norte	449	10,5	6,89
Nordeste	1.793	35,9	23,56
Sudeste	1.668	72,0	47,24
Sur	1.189	22,4	14,70
Centro-Oeste	466	11,5	7,55
Total	5.565	152,4	100

Fuente: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2007). .
Elaboración propia.

El servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Brasil

Antes de 1968, el servicio de agua potable y alcantarillado en Brasil era responsabilidad de los municipios. En ese año, se crea el Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) que estuvo en vigor desde 1968 hasta 1986. Este plan pretendía que los estados se encargaran de prestar los servicios de suministro de agua potable y alcantarillado.

La Constitución de Brasil de 1988 establece que es competencia de los municipios "... organizar y prestar, directamente o bajo el régimen de concesión

o licencia, los servicios públicos de interés local, incluido el transporte colectivo, que tiene carácter esencial”¹⁷.

En la década de 1990, debido a la acumulación de deuda del país, se inicia un proceso de privatización y concesión de los servicios públicos. La Ley de Concesiones de 1995 permite la participación de capital privado en los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. No obstante, da Silva e Souza et al. (2007) comenta que el país no posee una agencia de regulación ni tiene un sistema ideado para inspeccionar los servicios de saneamiento.

En 2001 se introduce un nuevo marco legal en el Congreso. Este pretendía que los estados fueran las autoridades encargadas de prestar los servicios en las áreas metropolitanas, reemplazando a los municipios. Esta norma incluía incentivos basados en las tarifas de regulación monopólica. De acuerdo con Seroa da Motta y Moreira (2006), este proyecto era débil en términos de gobernabilidad, porque no especificaba la agencia reguladora encargada de la aplicación.

Actualmente el Ministerio de las Ciudades coordina las políticas sectoriales a nivel nacional, mientras que la Agencia Nacional del Agua es responsable de la gestión de los recursos.

La situación de acceso a los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales ha sido mejorada en las zonas urbanas de Brasil. Sin embargo, este proceso no se ha dado en la zona rural, donde a pesar de haber mejorado el acceso al agua, la recolección de las aguas residuales mantenía el mismo porcentaje del año 1990 (Ver Tabla 11), con una población rural para esa fecha del 15% aproximadamente. A pesar de la mejora en la distribución de agua, solo el 50% del volumen de agua recolectada recibe algún tipo de tratamiento (Sabbioni, 2008).

Operadoras de los servicios en Brasil

En Brasil se ha buscado ampliar la cobertura de los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales a través de diferentes planes y programas. En 1966 se crean 99 servicios municipales, a través del Programa de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades. Este programa tenía como objetivo

¹⁷ “Art. 30 de la Constitución de Brasil. Compete aos Municípios: V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;”

implantar sistemas de abastecimiento de agua para municipios que tuvieran una población entre 5 mil y 40 mil habitantes.

Tabla 11. Acceso a servicios de agua potable y aguas residuales (%)

Acceso a servicios	Urbano			Rural			Total		
	1990	2000	2006	1990	2000	2006	1990	2000	2006
Acceso agua	93	96	97	54	57	58	83	89	91
Recolección de aguas residuales	82	83	84	37	37	37	71	74	77

Fuente: Organización Mundial de la Salud. Elaboración propia.

Para esa época se crearon también 27 operadores a nivel de estatal, denominados *Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB)*. Estas empresas tuvieron su origen en el Plan Nacional de Saneamiento que fue financiado por el Fondo de Garantía del Empleo y el Banco Nacional de Habitação.

El Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)¹⁸ clasifica las empresas de servicio de suministro de agua y recolección de aguas residuales, dependiendo del ámbito donde operan, en tres grupos, regional, microrregional y municipal o local. Se considera regional, cuando la empresa atiende varios municipios con uno o varios sistemas de manera sola o integrada. Es microrregional cuando con uno o varios sistemas de manera sola o integrada se atiende a varios municipios contiguos, agrupados en pequeñas cantidades. Esta clasificación comprende los consorcios municipales. La empresa tendrá carácter local o regional, cuando atiende el municipio donde está establecido. Esta clasificación comprenden los servicios municipales públicos o privados.

En 2006, coexistían en Brasil 26 empresas regionales, 7 microrregionales y 559 municipales (ver Tabla 13). Las empresas regionales atienden con servicio de agua a más de 3.900 municipios, las locales prestan sus servicios en 559 municipios y las microrregionales en 21.

¹⁸ Es un sistema de información diseñado y administrado por el Programa para la Modernización del Sector Saneamiento (PMSS). Está vinculado a la Secretaría Nacional de Saneamiento Ambiental del Ministerio de las Ciudades. Contiene información sobre el suministro de agua y saneamiento y se actualiza anualmente con respecto el año base 1995, para una muestra de prestadores de servicios existentes en Brasil. <http://www.snis.gov.br/index.php>

Las empresas regionales prestan servicios a la mayor parte de la población. La figura de sociedades de economía mixta con administración pública es la más empleada. Estas atienden al 91% de la población asignada a las empresas regionales. Por otra parte, el tipo de figura legal asumida por los municipios para prestar los servicios de agua y recolección de aguas residuales, es la autoridad municipal. La administración directa también representa un porcentaje importante en las empresas de ámbito local.

La participación privada en este sector es posterior a 1994. Su presencia se observa en todos los ámbitos, prestando sus servicios a más de 4 millones de personas en los municipios que poseen la administración local. A pesar de que se permite la participación de capital privado desde hace varios años, no se aprecia una gran participación de éste.

Las empresas regionales y microrregionales atienden a la mayoría de los municipios (ver Tabla 12). Este tipo de empresas cubren aproximadamente el 80% de los municipios de la región Nordeste. Por su parte, las empresas municipales tienen mayor presencia en las regiones Sudeste y Centro-Oeste, que son las de mayor y menor densidad, respectivamente. En la mayoría de los casos, estas empresas municipales están establecidas en las poblaciones más pequeñas y más pobres, y para su funcionamiento reciben el apoyo financiero del la Fundación Nacional de Salud.

Tabla 12. Municipios atendidos por tipo de empresa y región, 2006 (*)

Región	Total municipios en la región	Empresas regionales y microrregionales	Empresas municipales	Total
Norte	449	280	51	331
Nordeste	1.793	1.431	121	1.552
Sudeste	1.668	1.075	183	1.258
Sur	1.189	876	72	948
Centro-Oeste	466	295	132	427
Total	5.565	3.957	559	4.516

(*) Incluye solo las empresas que suministran información al SNIS

Fuente: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2007). . Elaboración propia

Tabla 13. Distribución de las empresas en Brasil, según zona y naturaleza jurídica (1)

	Regional				Microrregional				Local				Total			
	Nº empresas	%	Población (2)	%	Nº empresas	%	Población (2)	%	Nº empresas	%	Población (2)	%	Nº empresas	%	Población (2)	%
Administración pública directa									189	33,8	2,4	7,4	189	31,9	2,4	1,7
Entidad municipal	1	3,8	0,1	0,1	4	57,1	0,2	25,0	310	55,5	22,3	68,4	315	53,2	22,6	16,4
Empresa pública									10	1,8	0,6	1,8	10	1,7	0,6	0,4
Sociedad de economía mixta con administración pública	23	88,5	94,9	91,0					11	2,0	3,1	9,5	34	5,7	98	71,2
Sociedad de economía mixta con administración privada	1	3,8	8,3	8,0									1	0,2	8,3	6,0
Empresa privada	1	3,8	1	1,0	3	42,9	0,6	75,0	39	7,0	4,2	12,9	43	7,3	5,8	4,2
Total	26	100	104,3	100	7	100	0,8	100	559	100	32,6	100	592	100	137,7	100

(1) Distribución de los proveedores de servicios que aportaron información a Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

(2) Expresado en millones de habitantes

Fuente: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2007). Elaboración propia

En la Tabla 14 se presentan el número de municipios en los que operan las empresas regionales y la cantidad de población que es atendida por estas. Sabesp es la operadora que más población atiende, tanto en servicio de agua potable como de recolección de aguas residuales. Su zona de influencia es el estado de Sao Paulo (región Sudeste) y atiende la zona metropolitana y más de la mitad de los municipios que conforman el Estado de Sao Paulo.

Tabla 14. Municipios y población atendida por empresas regionales, 2006. Brasil

Empresa	Servicio de agua		Servicio de aguas residuales	
	Nº municipios	Población	Nº municipios	Población
Agespisa	147	1.806.157	4	848.043
Caema	140	2.755.137	2	1.181.718
Caer	15	307.267	1	245.336
Caerd	40	804.596	2	348.127
Caern	148	2.075.294	37	1.518.255
Caesa	16	548.017	5	471.484
Caesb	1	2.279.599	1	2.279.599
Cagece	149	5.082.772	43	4.090.067
Cagepa	175	2.470.690	16	1.597.087
Casal	77	1.781.808	2	921.812
Casan	209	2.499.375	15	1.067.554
Cedae	65	12.198.990	8	10.052.936
Cesan	52	2.045.407	21	1.794.024
Compesa	169	6.324.342	19	4.249.463
Copasa	582	11.218.143	89	7.036.882
Corsan	317	6.046.525	42	3.264.356
Cosama	13	193.062	-	-
Cosanpa	59	3.660.135	1	1.419.155
Deas	19	172.672	-	-
Deso	70	1.333.697	5	568.212
Embasa	352	8.257.654	52	5.498.118
Sabesp	367	23.505.763	366	23.501.582
Saneago	223	4.762.226	47	3.536.906
Saneatins	118	932.677	8	42.028
Sanepar	345	7.956.727	142	7.150.640
Sanesul	68	1.097.735	30	743.798
Total	3.936	112.116.467	958	83.805.434

Fuente: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2007). Elaboración propia.

Cobpasa es la empresa que atiende mayor cantidad de municipios y ocupa el tercer lugar en cantidad de población atendida. Su radio de acción es el estado de Minas Gerais, en la región sud-este. En 2006 esta empresa no prestaba el servicio de recolección de aguas residuales a todos los municipios (ver Tabla 14).

Modalidades del servicio

El servicio de distribución de agua y recolección de aguas residuales en Brasil puede asumir tres modalidades (Vergès, 2010)

- Directo. El servicio es prestado directamente por la municipalidad.
 - Centralizado
 - Descentralizado en empresas públicas municipales. En este caso puede admitir varias formas de personalidad jurídica, autónomo, empresa pública, fundación o sociedad de economía mixta.
- Indirecto. En esta modalidad la delegación se da por licitación y contrato de concesión a operadores de derecho comercial. Pueden ser públicos o privados. En este caso el servicio puede ser otorgado a través de:
 - Concesión
 - Permiso
 - Autorización
- Gestión asociada. Son contratos de programa incluidos en consorcios públicos con participación de los estados y las Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESB).

Estructura de costo en la industria de agua de Brasil

Para analizar la distribución de los gastos en la industria de agua de Brasil, se cuenta con información financiera de los años 2002 y 2004, para las empresas de tipo regional y local.

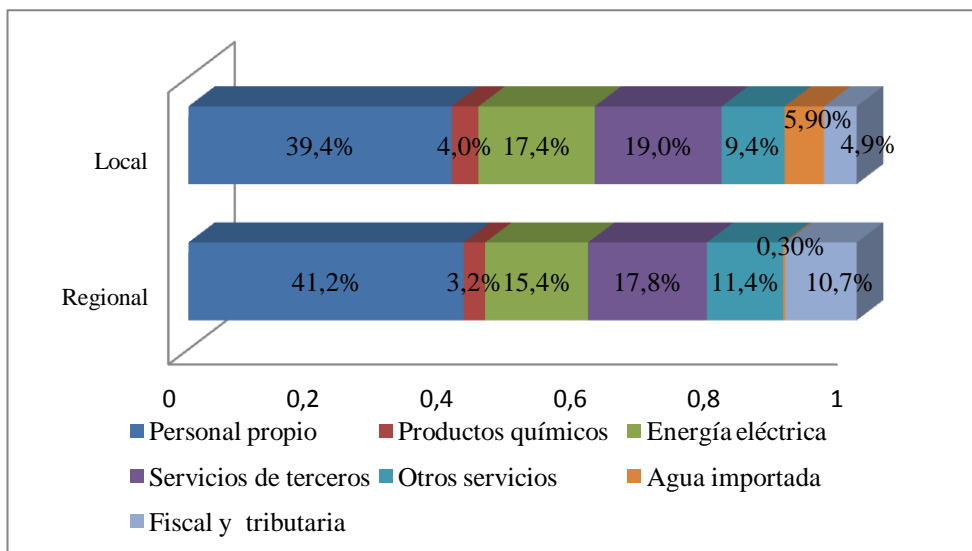
La distribución de los gastos en los tipos de empresas de agua en Brasil es muy similar. El gasto de personal propio, al igual que en gran parte de las empresas de agua a nivel mundial, representa la proporción más grande en los dos tipos de empresa (ver Figura 5). En las empresas regionales este gasto representaba casi un 45% del total en 2002.

En una situación similar, se encuentran los gastos de energía eléctrica y químicos. El primero es el que tiene mayor tamaño. Estos dos gastos registraron un incremento de casi 2 puntos, en comparación con el 2002.

Otra diferencia entre las empresas regionales y locales que se destaca es la relacionada con los gastos fiscales y los tributos. Se observa la mayor carga tributaria en las empresas regionales; ubicándose en un poco más del 10% del total gasto. Las empresas locales, al parecer, gozan de incentivos fiscales que los benefician.

De acuerdo a la Figura 5, las empresas locales deben comprar agua a otras empresas para prestar el servicio, lo que repercute en su estructura de costes. En estas operadoras este gasto tiene una proporción de casi el 6%, mientras que en las empresas regionales es ínfimo.

Figura 5. Distribución porcentual del gasto por tipo de empresa, 2002. Brasil



Fuente: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2007). Elaboración propia

Participación social en la industria de agua de Brasil

En la industria brasileña de agua la sociedad toma parte en las decisiones, a través del presupuesto participativo, y actúa como control social. La población

toma decisiones directas sobre las preferencias presupuestarias, a través de un proceso de reuniones públicas.

Las comunidades también participan en la supervisión de la ejecución de las decisiones tomadas y de los proyectos, de acuerdo a lo planificado. Este tipo de experiencia ha llevado a reducir costes y ha permitido la rendición de cuentas a la comunidad.

El municipio de Alagoinhas en Bahía fue el primero en aprobar una política de saneamiento ambiental construida de forma participativa. Los municipios que ha realizado esta experiencia de manera exitosa son Porto Alegre, Recife, Caxias do sul, Santo Andre, Jacarei, Piracicaba, entre otros.

3.7 Resumen y conclusiones

El servicio de suministro de agua potable en América Latina se ha extendido de manera significativa, hasta llegar a un número importante de poblados. No ha sucedido lo mismo con el servicio de recolección de aguas residuales, cuya cobertura está muy por debajo de la población con acceso a agua potable. La situación es más crítica en el sector rural, que abarca un porcentaje importante de la población en los países latinoamericanos.

Las problemáticas y desigualdades en la cobertura de estos servicios se deben a varios factores como el alto crecimiento poblacional de las últimas décadas y la emigración de la población rural hacia los centros urbanos. Los problemas más comunes en estos países, respecto al agua, son los siguientes: calidad, continuidad, pérdidas, micromedición y antigüedad de la infraestructura. Por otra parte, estos países cuentan con una gran cantidad de recursos hídricos, aunque algunas zonas tienen menor disponibilidad.

La responsabilidad de los servicios en los países latinoamericanos corresponde a los municipios, pero concurren ambos tipos de capital: privado y público. A su vez, el tipo de contrato varía desde la concesión hasta el arrendamiento y los que operan sólo una fase del proceso.

En algunos países la legislación data de varias décadas atrás, mientras que en otros la legislación es relativamente reciente. Por su parte, en la mayoría de los países de la muestra, los reguladores no se dedican solamente a regular el servicio de agua sino también otros servicios. Algunos reguladores han sido creados por ley, pero aún no se han constituido formalmente.

Existe una gran desigualdad económica y poblacional en los países latinoamericanos. En algunos de ellos, a pesar de tener un PIB elevado, cuentan

con un porcentaje de población rural alto. Otros países tienen un PIB per cápita que supera la media de la zona, pero registran tasas de inflación que supera los 2 dígitos. Estas marcadas diferencias también se perciben en los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales.

El servicio de agua potable en Brasil es responsabilidad de los municipios, pero la mayor parte de la población recibe los servicios de agua potable y de recolección de aguas residuales de empresas regionales. Estos servicios pueden ser prestados de manera directa por los municipios, asumiendo diferentes modalidades, o a través de gestión indirecta mediante el otorgamiento de concesiones, permisos o autorizaciones.

En Brasil no existe un regulador estatal, sino que operan reguladores a nivel local y regional, que abarcan varios servicios.

En las dos últimas décadas, el servicio de agua potable se ha incrementado hasta cubrir una gran parte de la población. El servicio de recolección de aguas residuales, a pesar de haber llegado a una gran parte de la población, no presenta la misma proporción de cobertura que la del agua.

Capítulo IV

La industria de agua en Venezuela

4.1 Introducción

La prestación de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela es de competencia municipal de acuerdo a la normativa vigente, pero esta situación no se cumple en su totalidad. La empresa gubernamental Compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (Hidroven) actúa como órgano rector en materia de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de las aguas residuales y drenajes urbanos. Este organismo, además, dicta las directrices para la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas que son atendidos por sus filiales.

Actualmente, el servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales es prestado por 17 empresas, de las cuales 9 son centralizadas (dependen del gobierno central y están coordinadas por Hidroven), 7 son descentralizadas (dependen de gobiernos estatales y/o municipales) y 1 que opera bajo la figura de un departamento de un ente del Estado.

Venezuela tiene una extensión de 917.497 km². Su distribución política es de 23 estados, un distrito capital y dependencias federales. Su clima presenta una gran variabilidad en corta distancia. Existen dos estaciones: una lluviosa y otra seca. La temperatura media oscila entre 1 y 9°C en las zonas altas, hasta 38°C en las zonas bajas, en la costa y en el llano.

El relieve también es variado. Se distinguen 6 provincias fisiográficas: las islas y el litoral costero; la cordillera de la costa; la cordillera de Los Andes donde se ubica el pico más alto, situado a 5.007 msnm; los llanos; la serranía de Falcón, Lara y Yaracuy y, por último, el macizo guayanés. Venezuela cuenta con una gran disponibilidad de agua que se concentra en las zonas menos pobladas.

Esta caracterización hace que el área de acción de las empresas operadoras sea diferente. Algunas atienden extensas regiones, mientras que otras lo hacen en zonas de mucha densidad de población. Existen diferencias también, en la altitud y temperatura en el área asignada.

En Venezuela el servicio de suministro de agua potable y recolección de las aguas residuales deben prestarse bajo los criterios de calidad, eficiencia, confiabilidad, equidad, no discriminación y rentabilidad. La eficiencia garantiza el retorno del capital y una mejora en el precio y la calidad del servicio, favoreciendo la mejora en la calidad de vida.

Se han hecho esfuerzos para que los servicios de suministro de agua lleguen a toda la población, lo que ha permitido alcanzar amplias cuotas de cobertura. La cobertura es menor en el servicio de recolección de aguas residuales que en el suministro de agua potable. Además, estas coberturas son menores en las zonas menos pobladas y las diferencias se acentúan a nivel rural.

El presente capítulo tiene como objetivo describir los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales en Venezuela y las empresas operadoras que prestan estos servicios. A continuación, se reseña el marco regulatorio; posteriormente se describen las empresas operadoras de los servicios. Seguidamente se caracteriza el servicio de agua potable y de saneamiento y la estructura de coste de los servicios de agua potable y saneamiento. Una figura nueva, las mesas técnicas de agua, es descrita en el apartado 4.7. En el siguiente epígrafe se presentan los indicadores de productividad parcial empleados por Hidroven. El capítulo finaliza con las conclusiones.

4.2 Recursos hídricos en Venezuela

En Venezuela se encuentra el río Orinoco,¹⁹ considerado el tercer río más caudaloso del mundo y el segundo de Suramérica, después del Amazonas. Venezuela es un país productor de agua donde el volumen total de ésta por concepto de escorrentía²⁰ y drenaje es de aproximadamente 1.248.402 hectómetros al año. Al mismo tiempo, las reservas de aguas subterráneas se estiman en 7.700 millardos de m³. Los ríos que surcan el país se muestran en la Figura 6; gran parte de ellos se ubican en el centro y sur del país, que son las zonas menos pobladas.

¹⁹ Su caudal es de 37.384 m³/segundo y posee una extensión de 2.140 km. En él se encuentra el 90,2% del caudal de agua de Venezuela, según el Ministerio del Poder Popular para el Medio Ambiente (2010).

²⁰ Parte del agua de precipitación que circula por la superficie de la tierra hacia corrientes u otras aguas superficiales.

Figura 6. Mapa hidrológico de Venezuela



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2011).
<http://www.ine.gov.ve/venezuelaenmapas/mapasvenezuela.asp>

No existe un registro culminado de los pozos existentes, pero se estima que existen más de 70.000, ya que aproximadamente un 40% del abastecimiento de agua potable, industrial y de riego proviene de esta fuente (Ministerio del Ambiente, 2006). Las mayores reservas de acuíferos se encuentran en los Llanos Centro Occidentales y la región Centro Oriental.

En Venezuela se establecieron 16 regiones hidrográficas: Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela, Falconiana, Centro Occidental, Lago de Valencia, Central, Centro Oriental, Oriental, Llanos Centrales, Llanos Centro Occidentales, Alto Apure, Bajo Apure, Amazonas, Caura, Caroní, Cuyuní y Delta.

La mayoría de los centros urbanos se ubican al norte del país y en las zonas montañosas. En el norte el recurso hídrico es escaso, mientras que en el sur es abundante, casi un 85% del total. Es decir, la zona de mayor desarrollo presenta un déficit del recurso. Por otra parte, la insuficiente dotación de infraestructuras para el tratamiento de efluentes y desechos ha traído como consecuencia la contaminación de un importante número de ríos, lagos, pozos y reservas de agua. Un 63% de las 2.426 fuentes puntuales de descargas de efluentes industriales

han sido catalogadas como actividades capaces de degradar el ambiente (Ministerio del Poder Popular para el Medio Ambiente, 2010).

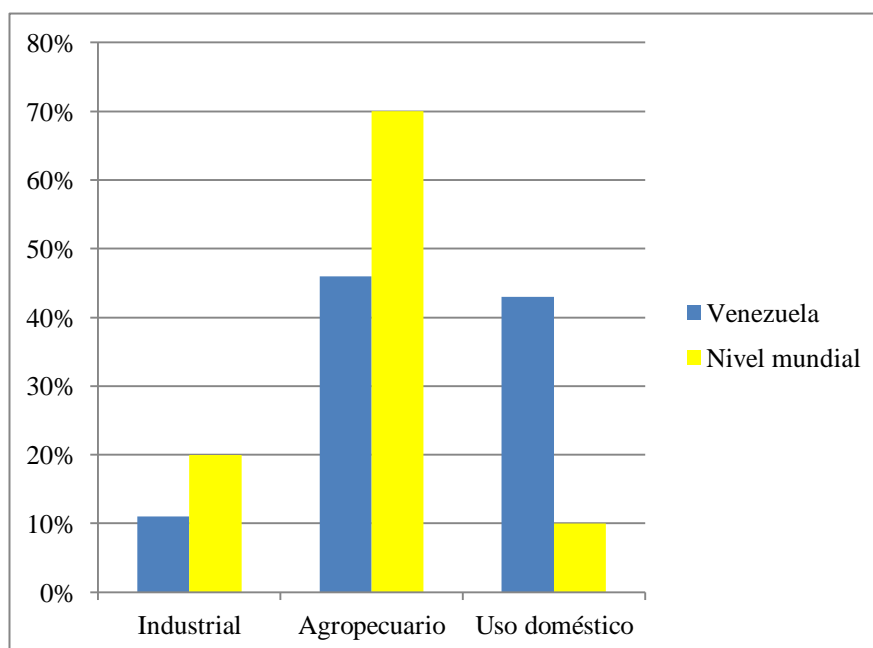
De acuerdo con la Constitución vigente y con la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento es competencia del Poder ejecutivo nacional (a través del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente) el aprovechamiento del recurso agua, mientras que los municipios tienen la competencia de suministrar el agua después del proceso de potabilización y devolverla limpia al ambiente. Por su parte, los estados podrán prestar asistencia técnica, administrativa y financiera en los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales, así como financiar programas de inversión para el desarrollo de estos servicios.

Según, el Instituto Nacional de Estadística (INE), la estructura del consumo de agua de Venezuela difiere de la mundial, tal como se puede apreciar en la Figura 7. Mientras que a nivel mundial el consumo agropecuario alcanza alrededor de las tres cuartas partes del agua, en Venezuela no llega ni a la mitad. Por el contrario, el uso doméstico del país es cuatro veces el de nivel mundial. Esto muestra la poca importancia o el poco valor que se le atribuye al recurso y puede deberse a la falta de conciencia de los usuarios y a que el precio que se paga en Venezuela resulta muy bajo y no repercute en los ingresos familiares. Por otra parte, la micromedición del servicio es muy escasa y no se factura el consumo real de los usuarios, llegando en algunos casos al despilfarro por parte de los hogares.

Para el abastecimiento de agua potable, las empresas utilizan las fuentes de aguas superficiales (ríos y quebradas) captadas directamente de la fuente o almacenadas en embalses. Con la infraestructura de captación, potabilización y conducción de agua potable se podría abastecer una población cercana a los 30 millones de habitantes (Ministerio del Ambiente, 2006). La población de Venezuela para el año 2011 se estima en un poco más de 27 millones de habitantes. No obstante, en los dos últimos años se han vivido recortes en el suministro de agua, que han sido más intensos en las ciudades que poseen una gran densidad poblacional.

En el año 2006, existían 110 embalses, de los cuales 63 estaban dedicados al consumo humano y, en algunos casos, eran compartidos con otros usos (embalses múltiples). En el Anexo III, se muestran estos embalses por organismo administrador y ubicación, donde se destaca que 20 de ellos se encuentran en manos del poder central, a través del Ministerio del Ambiente, 3 en construcción y solo uno es privado, ubicado en el Estado Nueva Esparta, que es una isla.

Figura 7. Usos del agua en Venezuela y a nivel mundial, 2004



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Elaboración propia

4.3 Marco regulatorio

Actualmente, el servicio de agua está regulado principalmente por la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, que data de 1999 y la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento.

El artículo 178 de la Carta Magna estipula las competencias de los municipios, estableciendo en su ordinal 6 que son de su competencia el servicio de agua potable y la disposición de aguas residuales. Por su parte, el artículo 304 expresa que las aguas son bienes de dominio público de la Nación. En el mismo orden de ideas en el artículo 156 ordinal 23, se declara como competencia del poder público nacional la política y la legislación en materia de aguas; y según el artículo 164 ordinal 8 es competencia del poder público de los estados la creación de los poderes públicos estatales.

Por su parte, la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento, que nació en 2001 y fue modificada el 6 de septiembre de 2007, busca:

“...regular la prestación de los servicios públicos de agua potable y de saneamiento, establecer el régimen de fiscalización, control y evaluación de tales servicios y promover su desarrollo, en beneficio general de los ciudadanos, de la salud pública, la preservación de los recursos hídricos y la protección del ambiente, en concordancia con la política sanitaria y ambiental que en esta materia dicte el Poder Ejecutivo Nacional y con los planes de desarrollo económico y social de la Nación”

Esta ley causó gran expectativa cuando fue promulgada, por la importante visión que se conformaba en torno al recurso agua. Sandía (2002) comenta que una de las razones de su creación fue separar las funciones en materia de regulación, prestación y rectoría de los servicios de agua potable y saneamiento, los cuales están en manos de Hidroven. Del mismo modo, la Corporación Andina de Fomentos (2004) comenta que esta Ley abre un nuevo camino para la necesaria transformación del sector de agua potable y recolección de aguas residuales, pues se incluyen las reglas para la participación de todos los agentes involucrados y las líneas generales de acción.

La mencionada ley crea dos organismos con competencia nacional:²¹ la Oficina Nacional para el desarrollo de los servicios de agua potable y de saneamiento y la Superintendencia Nacional de los servicios de agua potable y de saneamiento. El primer organismo ejerce una función rectora, definiendo las políticas y los planes a seguir. La Superintendencia actuará como órgano regulador de las empresas que operan los servicios.

La prestación de los servicios queda en manos del poder municipal, bien sea en forma directa o a través de terceros. También se crea un Fondo de Asistencia Financiera que estará administrado por el Ejecutivo Nacional para la asignación de los recursos presupuestarios a este sector.

La misma norma también establece que se podrá crear una “empresa de gestión nacional de agua potable y saneamiento”, que operará los sistemas de producción de agua y las respectivas plantas potabilizadoras en aquellos municipios que no disponen de fuente propia de producción o por razones

²¹ En Venezuela, de acuerdo con la Constitución vigente, el poder político se divide en Poder Nacional, estatal (de los estados) y municipal.

estratégicas, técnicas y de interés nacional. Esta oficina estará adscrita al Ministerio del Poder Popular para el Comercio.

En cuanto a los aspectos económicos, la ley trata de proteger a los suscriptores o usuarios a través de la implantación de una regulación económica basada en la información y verificación de la calidad de los servicios prestados frente a la tarifa cobrada buscando la eficiencia de las empresas que prestan el servicio.

Una novedad de esta ley es la participación de los ciudadanos, a través de la conformación de mesas técnicas de aguas (MTA). A estas organizaciones se les otorga el derecho de conocer la gestión del servicio, así como exigir cuentas claras a las empresas encargadas de prestarlo.

Por otra parte, a pesar de que actualmente las empresas que prestan el servicio pertenecen al poder público (nacional, regional o local), la ley permite la participación del capital privado en la prestación de los servicios y en la inversión a través de la figura de la concesión, coadyuvando al sector público en el desarrollo del servicio. Esta concesión tiene que ser por tiempo definido (máximo veinte años) y puede ser por todas o parte de las actividades de la prestación del servicio.

Es importante destacar que las funciones de fiscalización y de control de la Superintendencia se harán en base a sus propias verificaciones ya que se establece un modelo mixto. Es decir, un modelo de regulación por comparación de comportamiento, donde se definen incentivos y se verifica el cumplimiento de indicadores de gestión establecidos en los contratos de prestación de servicio. Lo que se busca es crear las condiciones de competencia en aquellas áreas donde sea posible, para impedir el abuso de posiciones de monopolio. Donde ello es inevitable se regulan las condiciones de los servicios para disminuir el impacto sobre el ambiente y garantizar la salud de la comunidad.

En las disposiciones transitorias de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento se establece que Hidroven tenía un plazo de dos años para la creación de los organismos mencionados anteriormente y de cinco años para el proceso de transferencia de la prestación de servicios a los municipios. Con la modificación de esta ley, estos plazos se extendieron a cuatro y seis años, respectivamente. Hasta la fecha no se han creado los organismos ni se han abierto nuevos procesos de transferencia del servicio a los municipios. Para la primera ya el periodo está agotado, mientras que para la segunda apenas quedan dos años. Las MTA se han creado y participan activamente en su ámbito regional. En resumen, esta Ley no se ha cumplido en su totalidad.

Ahora bien, en la sección de esta norma dedicada al régimen económico y financiero de las empresas del sector de agua potable y recolección de aguas residuales se contemplan tres ejes prioritarios: tarifas, subsidios y asistencia financiera. El régimen tarifario busca el equilibrio económico de los prestadores bajo condiciones de eficiencia, ya que las tarifas tendrán el valor de precios máximos y estarán asociadas directamente a los costes en los que incurran los prestadores del servicio. El régimen de subsidios asegurará el acceso del servicio a las poblaciones de escasos recursos y obedecerá exclusivamente a estudios técnicos y económicos orientados a los consumos mínimos necesarios para una familia promedio de escasos recursos. Los subsidios pueden ser directos, a la oferta o cruzados. El régimen de asistencia financiera trata de captar los aportes ordinarios y extraordinarios del ejecutivo nacional para asegurar las inversiones en el sector. Este fondo estará administrado y coordinado por la Oficina Nacional para el desarrollo de los servicios de agua potable y saneamiento. También, formarán parte de este fondo los importes de las multas impuestas a los operadores y a los suscriptores. En opinión de Sandia (2002), este nuevo sistema financiero y económico debe impedir el traslado de ineficiencias de las empresas del sector agua potable y recolección de aguas residuales a los suscriptores, pues lo que se persigue es la eficiencia económica en los servicios.

La Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento busca que la prestación de los servicios de agua y saneamiento sea eficiente. Para ello, las empresas deben suministrar información a la Superintendencia nacional de los servicios de agua potable y de saneamiento, que supervisará la gestión y tomará los correctivos necesarios. Lamentablemente este ente aún no se ha creado.

Otras normas que regulan el servicio de agua potable y recolección de aguas residuales son:

- a. Resolución sobre el régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales
- b. Ley de aguas
- c. Ley Orgánica del poder público municipal
- d. Reglamento sobre el régimen de administración especial de acueductos rurales manejados por cooperativas, organizaciones civiles no gubernamentales o agrupaciones de usuarios
- e. Normas de prestación del servicio de acueducto, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales
- f. Decreto 750. Normas sobre vigilancia y control de las obras afectas a la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento

- g. Providencia Administrativa Número 1. Gaceta Oficial Número 39370, del 19 de febrero 2010, resolución ministerial N° 000018

En Venezuela los precios del agua se establecen mediante resoluciones. La última modificación fue aprobada en 2010. Con el nuevo régimen, se busca asegurar la disponibilidad del servicio por parte de la población y la recuperación de todos los costos de las operadoras del servicio. Un detalle de la normativa antigua y de la aprobada en 2010 es presentado en el Anexo V.

4.4 Operadoras de los servicios en Venezuela

En Venezuela, el servicio de suministro de agua potable ha sido prestado desde 1874 por el Ministerio de Obras Públicas, inicialmente a través de la Dirección de vías de comunicaciones, fluidos, terrestre y acueducto. En la década de los años treinta del siglo XX se creó la Dirección general de recursos hidráulicos que tenía, entre otras, la función de planificar la construcción de las obras necesarias para prestar el servicio.

En 1943 se crea el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), organismo dependiente del poder central, que actuaba como concesionario de los municipios. En sus 45 años de servicio, consiguió prestar el servicio al 90% de la población, elevar la cobertura de servicios en diferentes ciudades, extender redes de distribución de agua y de alcantarillado en gran parte de las zonas urbanas y construir grandes sistemas de producción, potabilización y conducción (Sandía, 2002). La inversión nunca fue cubierta con las tarifas cobradas (situación que se mantiene actualmente). En los años 70, el INOS hace más hincapié en la construcción de obras de infraestructura, descuidando su función de operador de acueductos; situación que se ve reflejada en una baja calidad del servicio de agua potable y en los niveles de cobertura que se reducen hasta el 76%.

En esa época, el servicio a nivel rural era atendido por el INOS y por la Dirección de malariología del antiguo Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, actualmente Ministerio del Poder Popular para la Salud y Desarrollo Social.

En 1985 se dan los primeros pasos para incrementar el nivel de cobertura urbano, desconcentrándose el servicio de agua potable y saneamiento y transfiriendo a la Corporación Venezolana de Guayana, por órgano de la Gerencia de Operaciones de Sistemas Hidráulicos, los servicios que se prestan en los estados Bolívar, Amazonas y Delta Amacuro.

En 1989 se ordena la reestructuración total del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) creando la Compañía Anónima Hidrológica Venezolana

(Hidroven) con la responsabilidad de desarrollar políticas y programas en materia de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de las aguas residuales, así como de establecer directrices para la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas hidráulicos. Se constituyó con capital del INOS y del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Conjuntamente con Hidroven se crean 10 filiales,²² bajo la figura de compañía anónima, con capital propio y cuyo mayor accionista es el estado venezolano, a través de Hidroven. Todas estas empresas operadoras (a excepción de CVG-GOSH) se constituyeron como sociedades mercantiles, con autonomía financiera y funcional, pero atendiendo las directrices de Hidroven. Estas eran, Hidroandes (HAndes), Hidrocapital (HCapital), Hidrocentro (HCentro), Hidrocaribe (HCaribe), Hidrofalcon (HFalcon), Hidrolago (HLago), Hidrollanos (HLLanos), Hidrosuroeste (HSuroeste), Hidropaez (HPaez) e HidroOccidente (HOccidente)

En cumplimiento del proceso de transferencia de la gestión del sector de agua potable y saneamiento, desapareció HOccidente, dando lugar al nacimiento de HidroLara (HLara), HidroYaracuy (HYaracuy) e HidroPortuguesa (HPortuguesa). Se crearon otras empresas que atienden un estado: Aguas de Mérida (AMerida) y Aguas de Monagas (AMonagas) y una empresa local: Aguas de Ejido (AEjido). En estas nuevas empresas el capital accionario está distribuido entre las gobernaciones de los estados y los municipios donde se presta el servicio. Una distribución de cómo ha quedado el sector de empresas de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela, se aprecia en la Tabla 16. Todas estas empresas siguieron prestando el servicio, tal como lo venía haciendo el extinto INOS.

Se observa que no son muchas las empresas creadas en cumplimiento a la normativa de descentralización. En este sentido, las empresas descentralizadas CVG-GOSH y HBolivar, atienden zonas que representan los tres estados más extensos de Venezuela que, sin embargo, son los que tienen menos densidad poblacional.

Las temperaturas promedio de los estados atendidos por cada una de las operadoras se han determinado a través de la información disponible para

²² Estas filiales tienen carácter regional, a pesar de que en esta época, según el artículo 36 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal (actualmente derogada), la competencia era de los municipios (Artículo 36, ordinal 1º Acueductos, cloacas, drenajes y tratamiento de aguas residuales).

algunas ciudades en el portal del INE. Esta información, que corresponde a los años 1994-2003, puede ser tomada como un reflejo de la realidad actual, se muestra en la Tabla 15. En relación al relieve, hay regiones que presentan tanto zonas de gran altitud como costeras. Por ejemplo, AMerida presta sus servicios a la zona más alta del país y tiene también, en el mismo estado, una zona baja con una temperatura promedio de 26,6°C, y máximas de más de 32°C.

Tabla 15. Altura y temperatura promedio de la región atendida por empresa operadora. Venezuela

Hidrológica	Altura promedio (*)	Temperatura promedio (°C)	Hidrológica	Altura promedio (*)	Temperatura promedio (°C)
HAndes	634,67	26,53	CVG-GOSH	57,50	28,09
HCapital	613,80	25,37	AMerida	990,00	24,09
HCaribe	98,11	27,42	AMonagas	67,00	27,01
HCentro	421,44	23,86	APortuguesa	192,00	27,06
HFalcon	14,50	28,23	AYaracuy	423,00	21,03
HLago	21,50	28,88	HLara	541,00	24,81
HLlanos	86,00	27,36	AEjido	990,00	24,09
HPaez	163,00	27,13	HBolivar	182,33	25,91
HSuroeste	293,67	26,83			

(*) Medida en metros sobre el nivel del mar (msnm)

Altura y temperatura promedio de las principales ciudades. El detalle se encuentra en el Anexo III

Fuente: INE de Venezuela, . Elaboración propia

En la medida en que las ciudades donde se distribuye el servicio de agua potable tienen mayor altitud, requerirán de un mayor uso de energía para bombear el agua hasta las ciudades. La zona con mayor altura es atendida por AMerida y AEjido. Estas zonas son las de menor temperatura. Las zonas más bajas, atendidas por HFalcon, CVG-GOSH y HLago, presentan altas temperaturas, por encima de los 29°C, siendo unas de las zonas más cálidas de Venezuela.

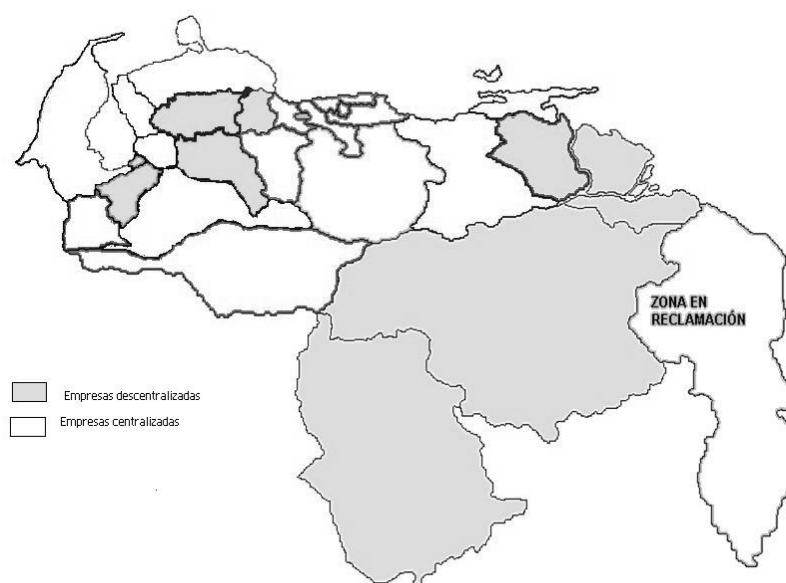
Tabla 16. Organizaciones hidrológicas en Venezuela

Centralizadas				Descentralizadas			
Empresa	Fecha de creación	Área de acción	Extensión (Km ²)	Empresa	Fecha de creación	Área de acción	Extensión (Km ²)
HAndes	01/1990	Barinas	35.200	CVG-GOSH	06/1985	Amazonas	177.617
		Trujillo	7.400			Delta Amacuro	40.200
HCapital	04/1991	Distrito Capital	1.930	AMerida	04/1998	Mérida	10.691
		Vargas	1.172				
		Miranda	7.950				
HCaribe	11/1990	Anzoátegui	43.300	AMonagas	10/1993	Monagas	28.900
		Nueva Esparta	1.150				
		Sucre	11.800				
HCentro	12/1990	Aragua	7.014	AYaracuy	03/1999	Yaracuy	7.100
		Carabobo	4.650				
		Cojedes	14.800				
HFalcon	11/1990	Falcón	24.800	HLara	06/1993	Lara	19.800
HLago	10/1990	Zulia	63.100				
HLlanos	12/1990	Apure	76.500	AEjido	06/1994	Mérida, municipio Campo Elías	609
HPaez	04/1991	Guárico	64.986				
HSuroeste	01/1991	Táchira	11.100	HBolivar	03/2005	Bolívar	240.528

Fuente Hidroven. Elaboración propia

Una imagen del área de responsabilidad de cada una de las empresas se puede apreciar en la Figura 8. Se observa que las empresas descentralizadas abarcan la mayor extensión y están presentes en estados que suponen el área de mayor extensión. Las empresas centralizadas prestan sus servicios a más del 70% de la población venezolana.

Figura 8. Área de responsabilidad por tipo de empresa. Venezuela



Fuente: Elaboración propia.

Los estados Bolívar y Amazonas, por los cuales pasa el río Orinoco, son los mayores en extensión y son atendidos por dos empresas descentralizadas. En el primero, que ocupa más del 25% del territorio nacional, se encuentra una gran extensión no poblada, en la que predomina la sabana y los tepuyes²³, un gran atractivo turístico denominado la Gran Sabana. Por su parte, el Amazonas en su

²³ Son una clase de mesetas especialmente abruptas, con paredes verticales y cimas muy planas (aunque no en la mayoría de los casos) características del escudo guayanés, principalmente en la zona de la Gran Sabana de Venezuela.

mayoría es un territorio selvático, con una poca densidad poblacional y ocupa aproximadamente el 20% del territorio.

En resumen, el sector de agua potable y recolección de aguas residuales es atendido por 9 empresas regionales, bajo una administración centralizada, coordinada por Hidroven; 7 empresas locales, en las cuales los municipios tienen participación conjuntamente con las gobernaciones, y una gerencia de una organización descentralizada que atiende dos estados.

Las diferencias más destacadas entre las empresas centralizadas y descentralizadas se mencionan a continuación. En las primeras, las decisiones en la Asamblea de accionistas son tomadas por un solo ente, Hidroven, que es el único accionista; mientras que en las descentralizadas participan los gobiernos regionales y municipales. Las descentralizadas funcionan con los recursos que gestionan en sus operaciones y algunas inversiones provenientes de los gobiernos regionales, mientras que las centralizadas además reciben aportes del ejecutivo nacional. Las descentralizadas no tienen ninguna relación directa con los entes nacionales y las centralizadas sí. Los trabajadores de las empresas centralizadas son considerados funcionarios públicos, mientras que los de las empresas descentralizadas se rigen por la Ley del Trabajo.

Hidroven ejerce una regulación indirecta en las empresas descentralizadas, fortaleciendo los principios generales de la regulación por contrato y evaluando el cumplimiento de metas e indicadores. Sandía (2002) afirma que esta regulación no ha sido eficaz, ya que las mismas organizaciones reguladas establecieron las metas e indicadores a cumplir. Por otra parte, en opinión de Hitcher (2000a) en algunos casos estas empresas se sienten autónomas y en otros, cuando les es útil, acuden a Hidroven.

4.5 El servicio de agua potable y de saneamiento en Venezuela

El servicio de agua potable en Venezuela, se encuentra definido en el artículo 6 de la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS), como "... la entrega a los suscriptores o usuarios mediante la utilización de tuberías, de agua apta para el consumo humano, incluyendo su conexión y medición así como los procesos asociados de captación, conducción, almacenamiento y potabilización..."

El servicio de saneamiento es definido en la misma ley, como "... la recolección por tuberías de las aguas servidas de los domicilios incluyendo su conexión así como los procesos asociados de conducción, tratamiento y disposición final de dichas aguas servidas". Este proceso abarca:

- a. Recolección de aguas residuales: es la recolección de las aguas residuales desde los puntos de conexión con los usuarios hasta los puntos de entrega para su tratamiento o disposición final.
- b. Disposición de aguas residuales: incluye el tratamiento o depuración de las aguas residuales y su posterior conducción hasta los sitios de descarga.

El servicio de suministro de agua potable a zonas rurales comprende los servicios prestados a poblaciones con un número mínimo de 200 y máximo de 2.500 habitantes. Actualmente se rige por la LOPSAPS y el “Reglamento sobre el régimen de administración especial de acueductos rurales manejados por cooperativas, organizaciones civiles no-gubernamentales o agrupaciones de usuarios”. Es atendido por las empresas hidrológicas, gobernaciones, alcaldías y algunos por asociaciones comunitarias; tal es el caso de las poblaciones de Sanare, El Tocál y Nueva Bolivia en los estados Lara, Apure y Mérida, respectivamente.

Una particularidad de Venezuela radica en que todas las instalaciones y los equipos destinados al servicio de agua potable y de saneamiento son bienes de dominio público, lo que implica que no pueden ser ni enajenados ni objeto de transacciones mercantiles. Por otra parte, y de acuerdo con lo establecido en la LOPSAPS, la gestión de los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales puede hacerse de forma directa por los municipios o a través de una mancomunidad.

La LOPSAPS diferencia entre los usuarios del servicio y los suscriptores. Los primeros hacen referencia a las personas físicas o jurídicas que se benefician de la prestación de los servicios, bien directamente con la condición de suscriptores o bien, como sujetos de los servicios a través de un suscriptor. Por su parte, los suscriptores son las personas físicas o jurídicas, titulares de un contrato de servicios debidamente registrado en el sistema de gestión comercial del prestador de los servicios, con los que mantiene una relación directa. Es decir, que todo suscriptor es un usuario, pero no todo usuario es un suscriptor.

La situación del servicio de agua potable y recolección de aguas residuales para el año 2001 se observa en la Tabla 17. En ella, se aprecia la totalidad de viviendas por estado que existían en dicho año. Estas se clasifican en urbanas y rurales, para luego acotar cuántas de ellas se benefician del servicio de agua por tuberías y cuántas tienen pocetas en sus viviendas.

La mayoría de las viviendas censadas en 2001 gozaban de servicio de agua por tuberías (86%) y menos del 75% están depositando las aguas residuales al servicio ofrecido por las empresas en Venezuela. Si se realiza un detalle por

zonas, estos porcentajes son más significativos en las regiones más pobres. De acuerdo con Sandia (2002) solo se trata el 12% de las aguas residuales.

Tabla 17. Viviendas con servicio de agua potables y recolección de aguas residuales, 2001. Venezuela

Empresa	Total de viviendas	Nº de viviendas urbanas	Nº de viviendas rurales	Acueducto o tubería	Poceta conectada a cloaca
HAndes	343.872	246.715	97.157	223.302	168.969
HCapital	1.299.109	1.252.548	46.561	1.018.455	956.586
HCaribe	659.397	573.430	85.967	430.352	259.051
HCentro	955.121	900.628	54.493	716.859	677.187
HFalcon	223.279	156.966	66.313	134.563	76.264
HLago	733.093	665.054	68.039	511.405	353.159
HLlanos	84.703	56.347	28.356	45.946	20.643
HPaez	174.283	126.589	47.694	106.583	81.724
HSuroeste	272.851	219.101	53.750	212.011	194.954
CVG-GOSH	357.150	318.155	38.995	254.930	167.046
AMerida	200.560	156.480	44.080	147.860	118.143
AMonagas	197.298	164.589	32.709	121.926	69.201
APortuguesa	191.548	142.383	49.165	131.136	89.516
AYaracuy	134.540	104.138	30.402	92.946	72.283
HLara	415.236	341.164	74.072	276.335	219.230
Total Venezuela	6.242.040	5.424.287	817.753	4.424.609	3.523.956

Fuente: Hidroven. Elaboración propia

De acuerdo con la información suministrada por el sitio web de la empresa Hidroven, Venezuela alcanzó la meta de la cumbre del milenio en cuanto a agua potable.²⁴ Se pasó "... de un ochenta por ciento de la población con acceso al agua potable en el año 1998, a un 92% ...".

²⁴ La meta en cuanto al servicio de agua "es reducir a la mitad la porción de la población sin acceso al agua potable y a los servicios básicos de saneamiento".

Las otras formas de tener acceso al agua en Venezuela son las siguientes: camión cisterna, pila pública o estanque, pozo con tubería o bomba pozo o manantial protegidos y otros medios (aljibes o jagueyes, ríos, quebradas, agua de lluvia). En el año 2001, estas formas representaban entre el 1% y el 5%.

La población que gozaba del servicio de alcantarillado en 2001 no sobrepasaba el 65% (Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2010). En la Tabla 18 se aprecia la cobertura de este servicio para los años 1998 y 2008. La situación es más crítica en lo que respecta al tratamiento de las aguas residuales, ya que la infraestructura es escasa y deficiente en su uso y funcionamiento.

Tabla 18. Población con servicio de agua potable y aguas residuales por operadora, 1998 y 2008. Venezuela

Empresa	1998			2008		
	Población	Población agua potable	Población agua residual	Población	Población agua potable	Población agua residual
HAndes	1.214.849	887.696	729.371	1.497.573	1.160.376	1.102.295
HCapital	4.775.890	4.291.688	3.469.138	5.329.055	4.948.081	4.200.068
HCaribe	2.400.542	1.998.473	1.366.197	2.876.834	2.628.347	1.833.370
HCentro	3.583.678	3.283.000	2.960.042	4.257.399	4.136.038	3.590.727
HFalcon	760.815	555.602	389.809	917.696	838.069	582.846
HLago	3.026.632	1.910.882	1.295.720	3.687.332	2.886.792	2.106.036
HLlanos	385.577	280.749	154.327	485.470	361.688	274.544
HPaez	624.557	482.260	348.274	759.508	678.908	608.593
HSuroeste	997.248	720.813	532.764	1.198.892	1.097.329	913.961
CVG-GOSH	1.485.297	1.294.979	1.010.197	302.262	S/I	S/I
AMerida	710.303	511.183	377.147	859.924	311.065	242.391
AMonagas	686.389	501.181	349.684	872.996	730.306	450.883
APortuguesa	731.728	493.432	382.895	890.503	705.085	545.786
AYaracuy	494.541	370.510	288.958	609.861	410.577	371.188
HLara	1.533.171	1.115.942	1.026.148	1.824.087	1.467.271	1.357.197
AEjido		S/I	S/I		88.216	S/I
HBolivar		--	--	1.563.600	S/I	S/I
Total	23.411.217			27.932.992		

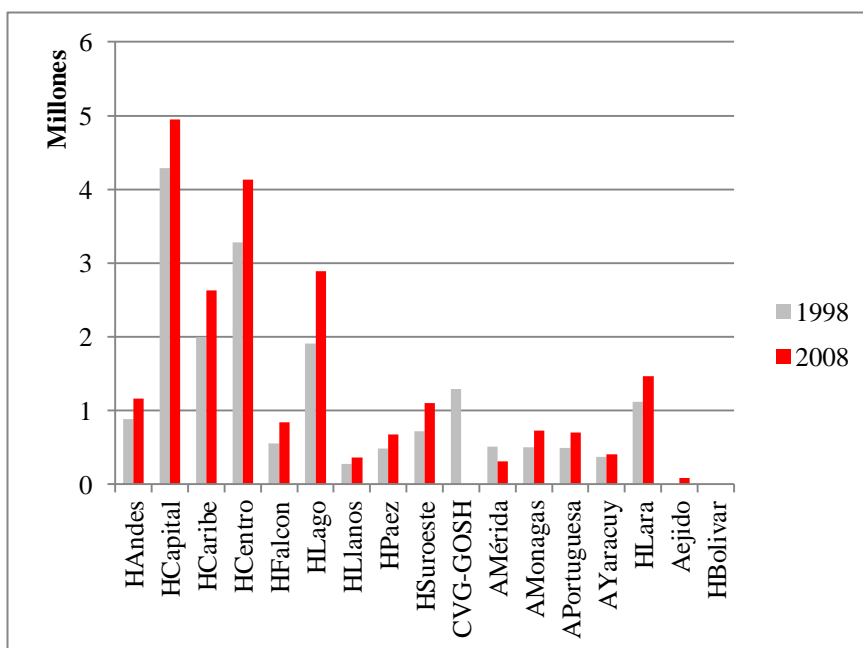
S/I: Sin información

Fuente: Hidroven e INE. Elaboración propia

Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales utilizados en Venezuela son las lagunas (facultativas, anaeróbicas, de oxidación, de estabilización) que representan el 72% del total nacional. Según Paiva (2007), la recolección de aguas residuales alcanzaba el 79%, pasando el tratamiento del 10% (1998) al 22% (2007).

En la Figura 9 se muestra la población con servicio de agua potable, por operadoras para los años 1998 y 2008. Se destaca que todas las empresas, a excepción de AMerida, incrementaron la cantidad de población atendida. En el caso de AMerida, su disminución se debe a la creación de AEjido, que es una empresa municipal que opera en el mismo estado.

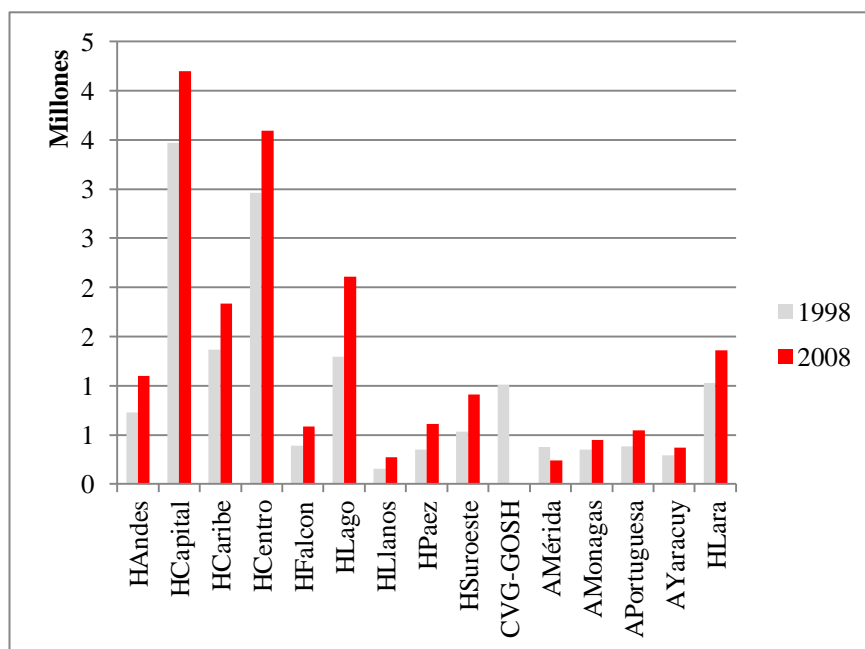
Figura 9. Población con servicio de agua potable por empresa operadora, 1998 y 2008. Venezuela



Fuente: Hidroven. Elaboración propia

El servicio de recolección de aguas residuales presenta una situación similar. En la Figura 10 se aprecia que la mayoría de las empresas incrementaron la cobertura del servicio en una proporción mayor que la población atendida. El incremento menor fue en HCentro, HFalcon, AMonagas y APortuguesa.

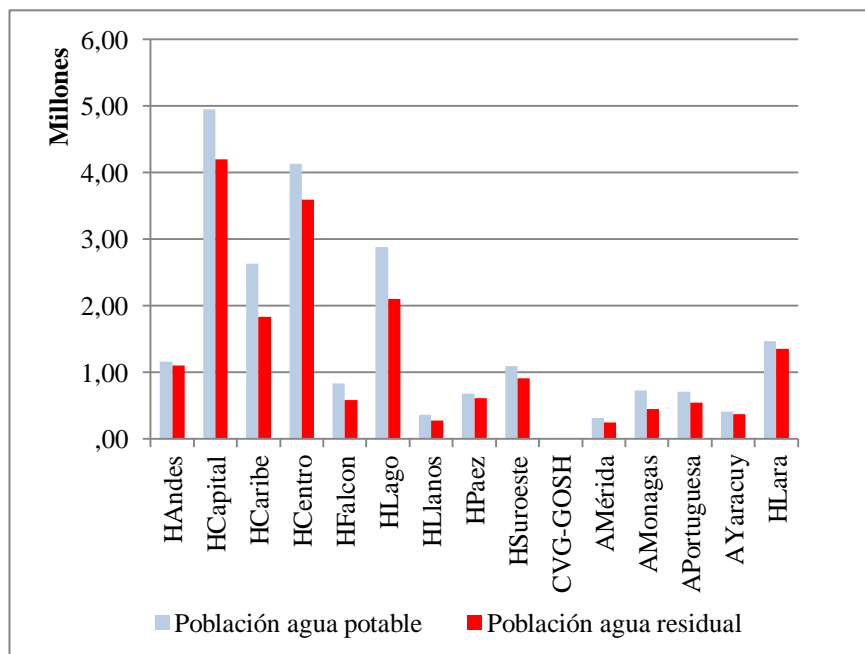
Figura 10. Población con servicio de recolección de aguas residuales por empresa operadora, 1998 y 2008. Venezuela



Fuente: Hidroven. Elaboración propia

A fin de tener una idea de la población atendida con servicio de agua potable y recolección de aguas residuales por cada operadora, la Figura 11 hace una comparación de esta población para el 2008. La cobertura es mayor en el servicio de agua potable que en el servicio de agua residual. Esta diferencia es mayor en las empresas que atienden más de 2 millones de habitantes. Se resalta también, que las empresas centralizadas atienden a la mayor cantidad de población con servicios de aguas potables y recolección de aguas residuales. Si se considera empresa grande a aquellas que prestan servicios a más de 1 millón de habitantes, se podría decir que en Venezuela la mayoría de las empresas son grandes.

Figura 11. Población con servicio de agua potable y residual por empresa operadora, 2008. Venezuela

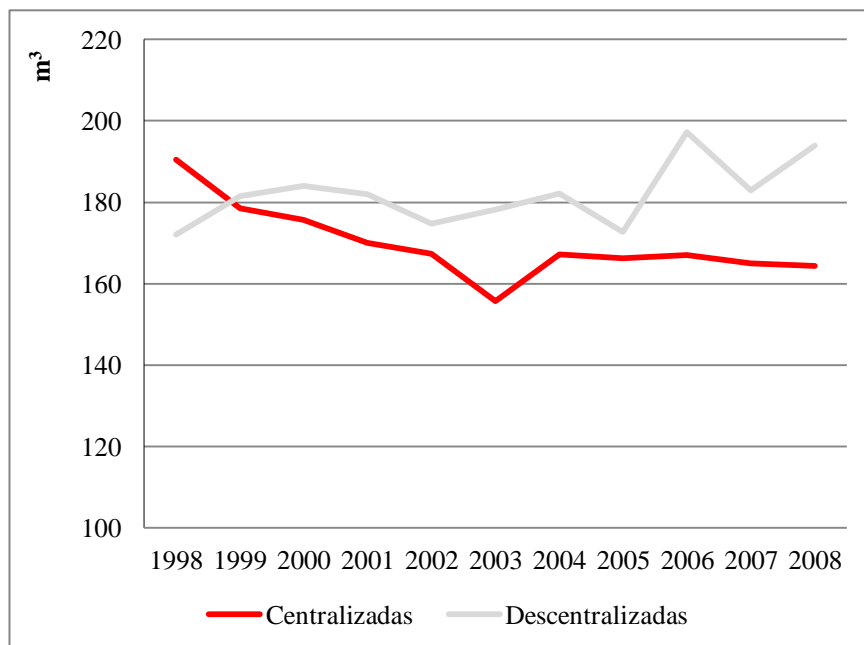


Fuente: Hidroven. Elaboración propia

La relación producción de agua potable por habitante por cada una de las operadoras se muestra en la Figura 12 donde se comprueba que las empresas descentralizadas tienen una mayor relación volumen de agua/habitantes que las descentralizadas. Ello puede deberse al mal uso de parte de los usuarios, o a pérdidas en la red de distribución. Por otra parte, se aprecia un descenso suave continuo en el ratio de las operadoras centralizadas, a pesar de que la población atendida se ha incrementado

Ahora bien, gran parte de los esfuerzos realizados por las operadoras se han dirigido a ampliar la cobertura del servicio a la población venezolana, paradójicamente sin incrementar el número de clientes a facturar. En la Figura 13, se muestra la relación población con agua potable/suscriptores. Para analizar esta relación es conveniente tener en cuenta que, de acuerdo con el censo del año 2001, el promedio de habitantes por vivienda es de 5,56.

Figura 12. Volumen de agua producida/habitante por tipo de operadora, 1998-2008. Venezuela

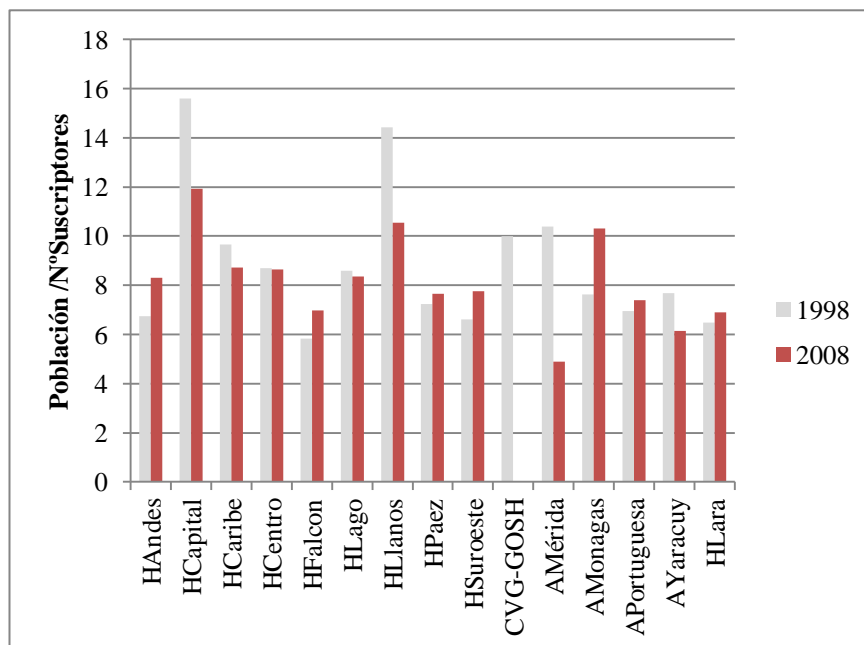


Fuente: Hidroven. Elaboración propia

El ratio población con agua potable/suscriptores mejoró en gran parte de las empresas centralizadas, pero no en las descentralizadas. Destacan HCapital y HLLanos, cuyo ratio disminuyó en una gran proporción, indicando un aumento proporcionalmente más alto en el número de suscriptores que en la población atendida con agua potable, aunque sin llegar al promedio nacional de habitantes por vivienda. Sólo la empresa AMerida ronda los 5 habitantes atendidos con este servicio por suscriptor.

En opinión de Francisco (2005), existe una gran cantidad de usuarios a los que no se les cobra el servicio debido a tres razones. Por una parte, el nivel de ingresos de algunos usuarios no les permite pagar el servicio. Por otra, algunos usuarios utilizan como argumento para no pagar la mala calidad del servicio recibido, ya que en algunas zonas el suministro de agua se produce sólo por las noches o cada 5-7 días. Finalmente, la deficiente capacidad de cobro por parte de las empresas operadoras hace que la factura no llegue a personas que podrían haber pagado.

Figura 13. Población atendida con agua potable/N° de suscriptores, por empresa, 1998 y 2008. Venezuela

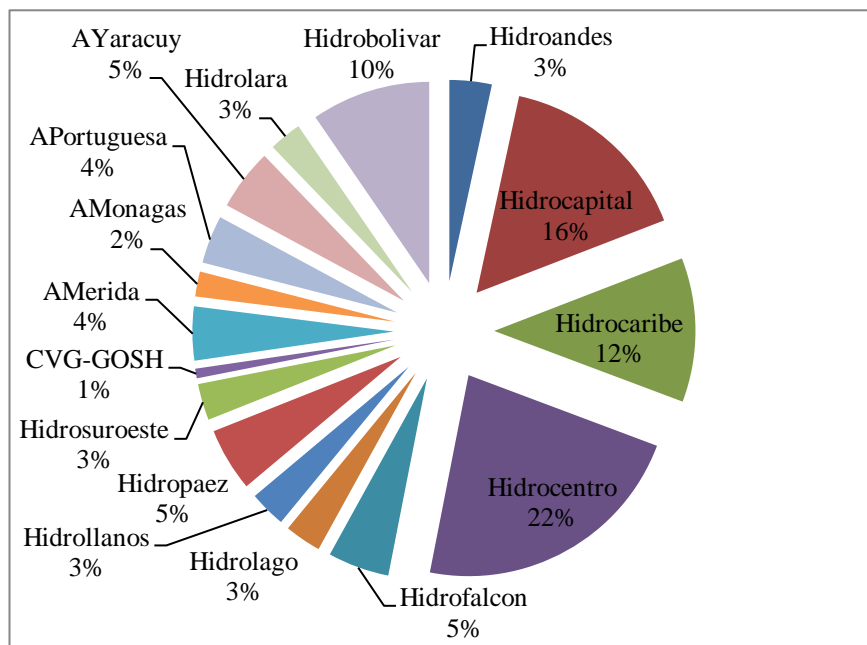


Fuente: Hidroven. Elaboración propia

En 2008, existen en Venezuela un gran número de sistemas de potabilización, de los cuales 648 estaban operativos, 53 no prestaban servicios, y 2 no disponían de información. La Figura 14 representa la distribución de los sistemas que se encontraban operativos por empresa hidrológica responsable. El mayor número de empresas se encuentra en la zona central del país (HCapital e HCentro), que su vez concentra una mayor densidad poblacional.

Casi el 90% del volumen de agua que se procesa en Venezuela proviene de aguas superficiales, el resto proviene en su mayoría de aguas subterráneas. De las fuentes superficiales, sólo una pequeña parte procede del agua del mar. El tratamiento del agua cruda en el sistema de potabilización puede clasificarse en 7 tipos: 1) sólo cloración; 2) cloración - filtración; 3) cloración - coagulación - floculación - sedimentación, sin filtración; 4) cloración - coagulación - floculación - sedimentación -filtración; 5) desalinización 6) proceso de osmosis inversa; y 7) otros. La Tabla 19 presenta el proceso que cada empresa emplea para la potabilización del agua.

Figura 14. Distribución de sistemas de potabilización operativos por operadora, 2007. Venezuela



Fuente: Hidroven. Elaboración propia

El proceso predominante es solo cloración y se presta en la mayoría de los pueblos pequeños. Como se aprecia en la Figura 15 el mayor volumen de agua recibe tratamiento de tipo 4, que es considerado el más completo; mientras que el tratamiento 1, a pesar de contar con un gran número de sistemas, sólo trata el 15% del volumen total. El único sistema de desalinización que existe se encuentra ubicado en el estado Nueva Esparta, una región insular de Venezuela, donde hay poca agua superficial. Los otros dos sistemas tienen muy poca utilización y la suma de ellos no llega al 4% del total de agua tratada.

Tabla 19. N° de sistemas de potabilización por tipo de tratamiento empleado por las empresas hidrológicas. Venezuela

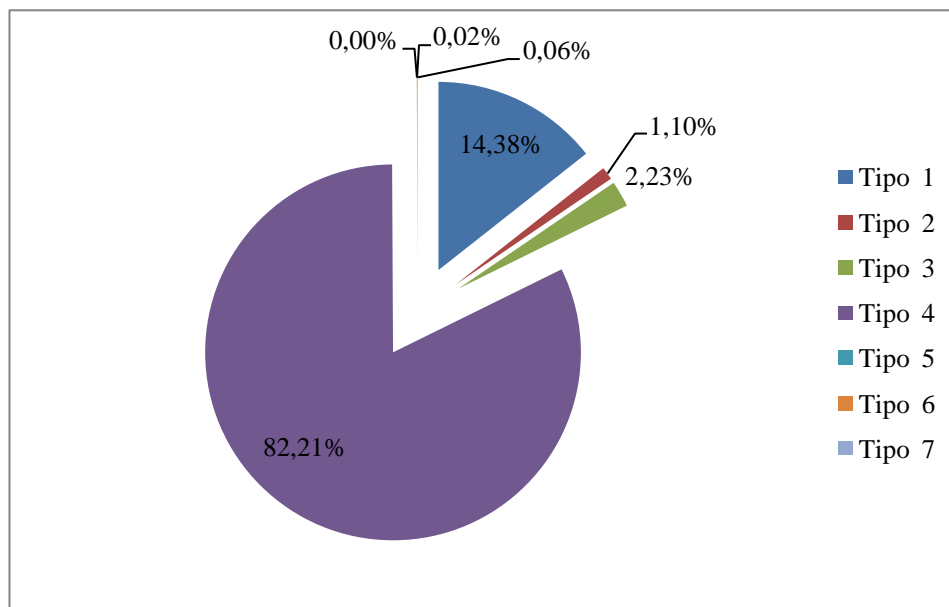
	Tipo de tratamiento de potabilización						
	1	2	3	4	5	6	7
HAndes	16	-	-	7	-	-	-
HCapital	110	8	4	11	-	-	-
Hcaribe	44	1	9	20	1	-	-
HCentro	132	2	2	11	-	-	-
HFalcon	24	-	-	7	-	1	-
HLago	8	-	4	7	-	-	-
HLlanos	2	1	-	13	-	-	4
HPaez	18	3	-	13	-	-	-
HSuroeste	13	-	-	6	-	-	-
CVG-GOSH	1	10	-	3	-	1	-
AMerida	23	-	-	6	-	-	-
AMonagas	1	-	-	11	-	-	-
APortuguesa	26	1	-	1	-	-	-
AYaracuy	25	-	-	7	-	-	-
HLara	8	2	2	5	-	-	-
HBolivar	21	3	2	36	-	-	-
Total	472	31	23	164	1	2	4

Fuente Hidroven. Elaboración propia

Ahora bien, los sistemas de tratamiento completo, representan un monto significativo de las inversiones realizadas por la operadoras; pues este tipo de sistema requiere de una tecnología superior a los otros, excepto la desalinización.

La normativa que regula la calidad del agua potable se encuentra plasmada en las Normas sanitarias de calidad del agua potable, de 11/2/1998 y la de aguas residuales en las Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos de 11/10/1995. De acuerdo con entrevistas a funcionarios de Hidroven, las operadoras realizan pruebas de calidad del agua potable directamente en las potabilizadoras (no se ha obtenido acceso a los datos).

Figura 15. Distribución del volumen de agua por tipo de tratamiento en Venezuela



Fuente: Hidroven. Elaboración propia

En Venezuela, las enfermedades infecciosas y parasitarias de origen hídrico son la diarrea, el cólera, la amibiasis y la hepatitis aguda tipo A, así como epidemias de gastroenteritis de manera recurrente en períodos de lluvia, (González, 2000). La primera de estas enfermedades afecta principalmente a los niños, y está originada por la calidad del agua que se consume y por el acceso a los servicios de recogidas de aguas residuales.

4.6 Estructura de costes en la industria de agua de Venezuela

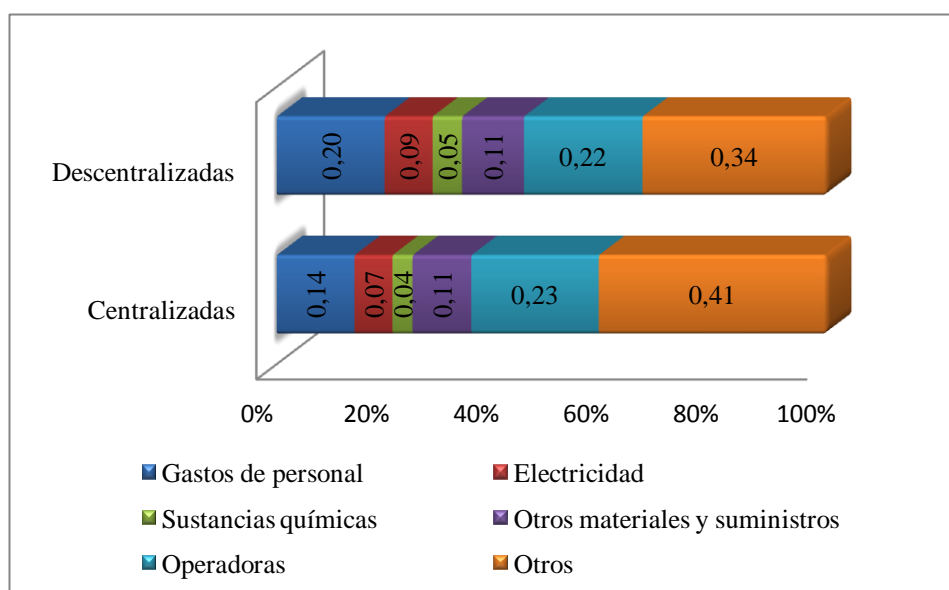
Según el informe presentado por Hidroven ante la Comisión Central de Planificación sobre la “Situación actual de las Empresas Hidrológicas” para el año 2007, la estructura de costes estaba distribuida de la siguiente manera: personal 22%, operadoras 33%, electricidad 19%, otros gastos 17%, otros materiales y suministros 4% y sustancias químicas 5%.

La distribución de los gastos en 2008 de las empresas centralizadas y las descentralizadas se muestra en la Figura 16. Como se observa, las mayores

diferencias se encuentran en las partidas de gasto de personal y otros gastos. Las demás partidas se comportan de manera similar. Las relativas a la electricidad y a las operadoras de las empresas centralizadas disminuyeron, mientras que la partida otros gastos sufrieron gran incremento.

Por otra parte, la partida de gasto operadoras, que comprende la contratación de servicios a terceros, supera en los dos tipos de empresas a los gastos de personal. Es decir, que parte de los trabajos de las empresas se están subcontratando.

Figura 16. Distribución porcentual de los gastos por tipo de empresa, 2008. Venezuela



Fuente: Hidroven. Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 20 el porcentaje de gastos de electricidad ha disminuido en todas las empresas. Esto puede deberse a que la electricidad en Venezuela se encuentra subsidiada. Para los años mostrados, en las empresas HAndes y AMerida, los gastos de personal tienen mayor peso, en torno a 1/3 del total. A excepción de AEjido, que incrementó también sus gastos de manera desproporcionada, en las demás empresas este gasto se mantiene de manera similar. En 1998, la partida de otros materiales y suministros en 7 empresas superaba el 20%. En 2008 en una sola empresa se superaba el 20% de este gasto.

La partida de operadoras se incrementó en la mayoría de las empresas. En Venezuela a partir del año 2002, se masifica la creación de cooperativas bajo el auspicio del gobierno nacional, para la realización de actividades en diferentes áreas. Un alto porcentaje de ellas con el fin de prestar servicios que están reservados al Estado. En el año 1998, se encontraban registradas 762 cooperativas en la Superintendencia Nacional de Cooperativas y en 2005, superaban las 66.000. En el sector hidrológico, la creación de este tipo de organización fue apoyada por Hidroven y las diferentes operadoras. En algunos casos, los integrantes de las nuevas organizaciones eran trabajadores de las empresas hidrológicas, que recibieron incentivos para crear este tipo de organización.

En la cuenta de otros gastos se incluyen todos aquellos gastos no recurrentes en las operaciones normales de las operadoras. Su porcentaje es considerable, llegando a representar más del 18% del total de gastos en la mayoría de las empresas operadoras en el año 2008. En las empresas HCapital, HCaribe, HCentro, HFalcon, HLago, APortuguesa y HLara supera el 40%. Su comportamiento al ascenso y la cantidad que representa resultan preocupantes, ya que estos gastos, desde el punto de vista contable, deberían ser de un menor valor; caso contrario, merecerían una reclasificación.

Tabla 20. Distribución proporcional de los gastos por empresas, 1998 y 2008. Venezuela

Empresa	Gastos de personal		Electricidad		Sustancias químicas		Otros materiales y suministros		Operadoras		Otros	
	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998	2008
HAndes	0,34	0,30	0,16	0,09	0,04	0,04	0,03	0,11	0,15	0,15	0,29	0,32
HCapital	0,04	0,10	0,19	0,09	0,02	0,03	0,28	0,09	0,08	0,26	0,39	0,42
HCaribe	0,14	0,14	0,07	0,04	0,03	0,03	0,07	0,10	0,28	0,27	0,40	0,41
HCentro	0,11	0,14	0,12	0,07	0,04	0,05	0,16	0,11	0,18	0,23	0,39	0,41
HFalcon	0,14	0,32	0,10	0,06	0,01	0,02	0,28	0,06	0,08	0,13	0,39	0,42
HLago	0,08	0,10	0,15	0,05	0,04	0,02	0,21	0,16	0,13	0,23	0,40	0,43
HLlanos	0,20	0,20	0,05	0,06	0,04	0,09	0,18	0,12	0,14	0,14	0,38	0,38
HPaez	0,12	0,16	0,09	0,08	0,07	0,06	0,10	0,15	0,21	0,16	0,40	0,39
HSuroeste	0,09	0,25	0,02	0,01	0,03	0,04	0,21	0,11	0,20	0,20	0,45	0,38
CVG-GOSH	ND	0,30	ND	0,23	ND	0,22	ND	0,00	ND	0,07	ND	0,18
AMerida	0,31	0,34	0,00	0,02	0,07	0,06	0,43	0,22	0,08	0,00	0,12	0,36
AMonagas	ND	0,80	ND	0,00	ND	0,05	ND	0,16	ND	0,00	ND	0,00
APortuguesa	0,00	0,20	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,27	0,99	0,48
AYaracuy	0,15	0,38	0,21	0,12	0,01	0,01	0,42	0,02	0,16	0,16	0,06	0,31
HLara	ND	0,10	ND	0,06	ND	0,01	1,00	0,13	ND	0,27	ND	0,42
AEjido	0,09	0,63	0,04	0,00	0,02	0,01	0,67	0,18	0,05	0,00	0,14	0,18

Fuente: Hidroven. Elaboración propia
 ND: No disponible

4.7 Mesas técnicas de agua

Las mesas técnicas de agua (MTA) son organizaciones promovidas por el Estado (Lacabana et al., 2008) que se constituyen de conformidad al Código Civil, para garantizar la participación de los usuarios en la supervisión de la calidad, la tarifa y la cobertura de los servicios. De acuerdo con la LOPSAPS, sus funciones son:

- a. Representar a las comunidades y grupos vecinales organizados ante los prestadores de los servicios.
- b. Opinar sobre las inversiones que se efectuarán para el desarrollo de estos servicios.
- c. Divulgar información sobre aspectos relacionados con la prestación de los servicios.
- d. Orientar la participación de la comunidad en el desarrollo y en la supervisión de la prestación de los servicios.
- e. Proponer planes y programas que pudieran concederse a los suscriptores.
- f. Colaborar con los prestadores de los servicios en los asuntos que sometan a su consideración y cualquier otro que permita satisfacer adecuadamente sus derechos.

En opinión de Sandia (2002), las MTA legitiman la actuación de los grupos que nacieron de los programas de participación comunitaria,²⁵ fomentados por las empresas hidrológicas regionales para coadyuvar a la mejora de los servicios en las comunidades donde existía disposición de trabajo en conjunto. Ramírez (2005) comenta que éstas provienen de las primeras experiencias del municipio Libertador, del Distrito Capital, en los años 1993-1996. En ese período, se reunían técnicos y miembros de la comunidad para ofrecer soluciones a la problemática del servicio de agua y recolección de aguas residuales. Es un dato histórico la convocatoria de 10 de marzo de 1993 en el Salón Parroquial de Antímano del municipio Libertador para la instalación de la primera MTA (Arconada, citado por Lacabana et al., 2008).

Las MTA (Lacabana et al., 2008) son,

²⁵ Además de las MTA en Venezuela existen otras organizaciones de participación social o comunitaria, como son los comités de tierra urbana, las mesas de energía y el consejo comunitario de agua, entre otras.

“... organizaciones que canalizan la participación de la comunidad en forma permanente para obtener, mejorar y vigilar un servicio de agua y saneamiento de calidad para su asentamiento así como para ir moldeando una cultura del agua y saneamiento que valore y cuide el recurso y el ambiente” (p. 17).

Las MTA tienen una fuerte referencia territorial e incentivan la corresponsabilidad, el control social por parte de las comunidades y la transparencia en la rendición de cuentas. La actuación de las MTA busca dar respuesta a las necesidades de la colectividad y mejorar la calidad de vida, a la vez que se constituyen en espacios para construir y ejercer una ciudadanía responsable. En algunos casos, las MTA no sólo se dedican a solucionar los problemas con el servicio de agua potable, sino que también se tratan otras temáticas, aprovechando la experiencia y el espacio de la reunión.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, en 2005 existían más de 2.000 MTA, y su éxito se debe a que actúan como espacios para la discusión, el acuerdo, la coordinación y la búsqueda de soluciones respecto a todos aquellos problemas que pudieran existir.

Las MTA²⁶ elaboran proyectos comunitarios que van dirigidos a solucionar problemas de su comunidad y que son presentados ante el Fondo de Financiamiento de Proyectos Comunitarios de Hidroven para la obtención de financiación, pero son las MTA quienes ejecutan el proyecto y administran los fondos. Para que los proyectos sean realmente comunitarios, Francisco (2008) expresa que deben darse dos condiciones: haber nacido de la gente, con capacidad para explicárselo a los ingenieros y disposición a aportar trabajo voluntario; y tener un instructivo operativo para la ejecución de los proyectos, a manera de control.

En la Tabla 21 se aprecia la creación de las MTA, llegándose casi a triplicar las existentes en 2005. Las MTA se concentran en las zonas atendidas por las empresas centralizadas, que son las que atienden a la mayor población. En 2010, se han creado más MTA en la zona atendida por HLago, que casi duplica a sus seguidores más cercanos, HCentro e HCapital.

²⁶ Para ampliar información sobre las MTA se puede ver Lacabana et al. (2008). Las mesas técnicas de agua en el contexto de los cambios institucionales, la democracia participativa y la participación popular en Venezuela, en http://www.hidroven.gov.ve/publicaciones/912560_MTA%20AutoresVarios.pdf

Tabla 21. Distribución de las MTA, empresa hidrológica y año. Venezuela

Administración	Empresa	2006	2008	2009	2010
Centralizadas	HAndes	73	253	253	269
	HCapital	553	700	711	712
	HCaribe	129	355	531	699
	HCentro	220	450	677	774
	HFalcon	328	675	849	696
	HLago	616	1518	1686	1813
	HLlanos	51	186	233	234
	HPaez	34	131	132	274
	HSuroeste	137	404	506	587
Descentralizadas	CVG-GOSH	15	66	69	72
	AMerida	128	191	220	239
	AMonagas	64	229	282	296
	APortuguesa	85	205	248	248
	AYaracuy	162	241	298	346
	HLara	105	314	402	402
	AEjido	43	64	87	90
	HBolivar	40	261	286	358
Totales		2.783	6.243	7.470	8.109

Fuente Hidroven. Elaboración propia

Como se comentó anteriormente, las empresas centralizadas atienden casi un 75% de la población venezolana. La Tabla 22 muestra la relación de las MTA con la población servida con agua potable por parte de las empresas centralizadas. Las MTA se han creado fundamentalmente, como era de esperar, en las zonas de mayor población. No obstante, se resalta que siendo HLago la tercera empresa que más población atiende, en su área de acción existe la mayor proporción de MTA, llegando a superar el 30% del total de las creadas a nivel de empresas centralizadas.

Tabla 22. Relación entre las MTA y la población atendida en las empresas centralizadas por año. Venezuela

EMPRESA	2006		2008		2009	
	Población %	MTA %	Población %	MTA %	Población %	MTA %
HAndes	6,18	3,41	6,19	5,42	6,27	4,54
HCapital	27,07	25,83	26,41	14,98	26,39	12,75
HCaribe	13,56	6,03	14,03	7,60	13,85	9,52
HCentro	21,93	10,28	22,08	9,63	22,13	12,14
HFalcon	4,44	15,32	4,47	14,45	4,56	15,22
HLago	15,28	28,77	15,41	32,49	15,52	30,23
HLlanos	1,93	2,38	1,93	3,98	2,05	4,18
HPaez	3,66	1,59	3,62	2,80	3,42	2,37
HSuroeste	5,95	6,40	5,86	8,65	5,81	9,07
Total	100	100	100	100	100	100

Fuente Hidroven. Elaboración propia

En opinión de Lacabana et al. (2008), gracias a la constitución de las MTA se logró alcanzar la meta del milenio de reducir a la mitad la población sin acceso al agua con diez años de anticipación y se mejoró la cobertura de la recolección de aguas residuales. El citado autor recalca que las MTA, como innovación organizativa y social, han contribuido a que las empresas hidrológicas se adapten a la nueva cultura de equidad y de inclusión social en el servicio así como en la búsqueda de eficiencia en la prestación del servicio por parte de las operadoras.

Por otra parte, además de las MTA, existe la figura de Consejo Comunitario de Agua que funciona como instancia coordinadora de organizaciones que pertenecen a un mismo ciclo o red de suministro de agua. Es una instancia de integración, coordinación, participación y comunicación entre las comunidades y las empresas hidrológicas. Dentro de sus principales funciones se encuentra el seguimiento y control del ciclo de suministro, de los proyectos formulados por las diferentes MTA y de los compromisos contraídos por las empresas operadoras y las diferentes comunidades que integran el Consejo Comunitario de Agua.

Se espera que las MTA contribuyan a una mayor eficiencia de las empresas operadoras de suministro de agua, pues su participación activa, busca una mayor cobertura en el servicio de agua potable y de recolección de aguas residuales. A su vez se logrará, a través del contacto y la educación de los clientes, un uso más

racional del servicio que contribuirá a disminuir el consumo irracional del agua, así como las pérdidas del preciado líquido. Por otra parte, se está educando a la comunidad a pagar el servicio que recibe de las operadoras, pues en Venezuela, más del 37% de la población no pagan el agua ni reciben factura (Francisco, 2005).

Es de resaltar que un aspecto importante en la operatividad de las MTA es el aporte voluntario de su trabajo (cuando la obra lo permita) para la ejecución de los proyectos. No obstante, en la investigación realizada por Lacabana et al. (2008) a 6 MTA se concluyó que algunos miembros no participaban, a menos que el trabajo fuese remunerado.

4.8 Indicadores de productividad parcial el sector de agua de Venezuela

En Venezuela, Hidroven ha elaborado indicadores de gestión²⁷ que proveen información comparativa de las diferentes empresas hidrológicas. Este análisis fragmentado no permite establecer una medida de eficiencia global. De ahí la importancia de los análisis de fronteras de eficiencia que permiten determinar la frontera en la que se ubican las empresas más eficientes del sector, para luego determinar la distancia relativa a la que se encuentran las restantes.

Dentro de los índices empleados por las empresas centralizadas, en el marco de la XXIII reunión de presidentes de empresas hidrológicas regionales, se encuentran los mencionados a continuación:

- Cobertura de vivienda
- Cobertura de medidor leído
- % de m³ facturados con medición
- % de agua no facturada
- Cobrabilidad general
- Incremento de la recaudación
- Cumplimiento de metas de recaudación y facturación
- Efectividad en la atención de reclamos comerciales
- Gastos cubiertos con recaudación
- Rentabilidad
- Rotación de cuentas por cobrar
- Empleados por cada mil suscriptores

²⁷ Fuente: Hidroven, http://www.hidroven.gov.ve/ls_indicadores_gestion.php

- Cobertura de agua potable de la empresa en su ámbito de responsabilidad
- Cobertura de aguas residuales de la empresa en su ámbito de responsabilidad
- Cobertura de tratamiento de aguas residuales de la empresa en su ámbito de responsabilidad
- Eficiencia en la conducción de agua cruda
- Eficiencia en la conducción de agua potable
- Pérdidas en el proceso de potabilización
- Porcentaje de agua clorada entregada a la red
- Efectividad en la atención de reclamos técnicos

Ahora bien, estos índices sirven de ayuda para comparar la situación y el avance entre las empresas, pero tratan un solo factor y no combinan ni consideran factores exógenos que puedan afectar a la eficiencia de las operadoras de agua.

4.9 Resumen y conclusiones

Venezuela es considerado un país productor de agua, por la inmensa cantidad que posee de este recurso. Sin embargo, la mayoría de los centros urbanos se ubican al norte del país y en las zonas montañosas, donde el recurso es escaso. El agua procede en su mayoría de fuentes superficiales. De acuerdo con la normativa vigente, el aprovechamiento del agua es competencia nacional, mientras que los municipios tienen la competencia de suministrar el agua y devolverla limpia al ambiente.

El servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales está siendo atendido por 9 empresas regionales, bajo una administración centralizada, coordinada por Hidroven; 7 empresas descentralizadas, en las cuales los municipios tienen participación conjuntamente con las gobernaciones, y una gerencia de una organización descentralizada. Las empresas centralizadas atienden al mayor porcentaje de población, mientras que las descentralizadas tienen la mayor parte del territorio.

Gran parte de la población de Venezuela cuenta con servicio de agua potable y este ha venido incrementándose en los últimos años. La mayoría del agua recibe el tratamiento de potabilización denominado completo. Menos del 90% de la población cuenta con el servicio de aguas residuales. El tratamiento de estas aguas no llega ni al 25%, situación que se considera crítica.

Gran cantidad de usuarios no paga el servicio, entre otras razones, por su baja capacidad de pago. A veces los usuarios justifican el impago por el mal servicio

que reciben. Al mismo tiempo la gestión de cobro de las empresas no es efectiva.

La Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento ordena crear las instituciones necesarias para mejorar el servicio y busca que éste sea eficiente por parte de las empresas. Lamentablemente, aún no se han creado estas instituciones, quedando sus funciones en manos de Hidroven.

Los costes de la industria de agua se comportan de manera similar en todas las empresas. Los mayores gastos corresponde a la partida otros gastos y operadoras, siendo ésta última la mayor en las empresas centralizadas.

Las mesas técnicas de agua (MTA) son organizaciones promovidas por el Estado para buscar solución a los problemas de servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. En ellas tienen participación la comunidad y los técnicos de las empresas hidrológicas. Para solucionar sus problemas presentan proyectos que son financiados por un ente del estado.

*Eficiencia y eficacia en la industria de suministro de agua:
una aplicación a países de Latinoamérica*

PARTE III

EFICIENCIA EN LA INDUSTRIA DE AGUA

Capítulo V

Funciones de fronteras, medidas de eficiencia y de eficacia

5.1 Introducción

Los estudios de eficiencia se iniciaron con la finalidad de evaluar y comparar el comportamiento de las empresas. El hecho de que la realidad de las empresas no esté siempre acorde con el supuesto de la teoría económica que establece que los agentes económicos tienen éxito en la obtención de sus objetivos, motiva la aparición de las técnicas que miden la eficiencia. Estas técnicas se basan en comparar lo que una empresa está produciendo con lo que podría haber producido.

Para la medición del rendimiento de las empresas, se han empleado diferentes conceptos que, en diversas ocasiones, han sido utilizados como sinónimos. Específicamente se trata de productividad, eficiencia²⁸ y competitividad (Coelli et al., 1998; Álvarez, 2001 y González y Trujillo, 2007). Desarrollar un concepto amplio de ellos no es el objetivo de este trabajo pero su delimitación es importante para la comprensión de esta investigación.

El uso de los conceptos de eficiencia y productividad como sinónimos, se inicia al aproximar la medición de eficiencia a través de indicadores de productividad parcial, es decir, ratios entre un producto y un factor. Estos ratios, han sido muy empleados, tanto por empresas como por organismos estatales. Estas medidas tienen como desventaja que no toman en cuenta la existencia de otros factores que también son utilizados para la producción ni la relación de sustitución que existe entre éstos. No obstante, son indicadores útiles que permiten describir de forma sencilla un sector, siendo de gran ayuda en aquellas actividades donde es difícil conseguir datos. Para salvar los inconvenientes de los indicadores de productividad parcial, surge la productividad total de los factores (PTF).

²⁸ Otro concepto que tiende a utilizarse como sinónimo de eficiencia es el de eficacia. La eficacia se refiere únicamente a la obtención de los resultados, sin tener en cuenta los recursos empleados por parte de las unidades productivas.

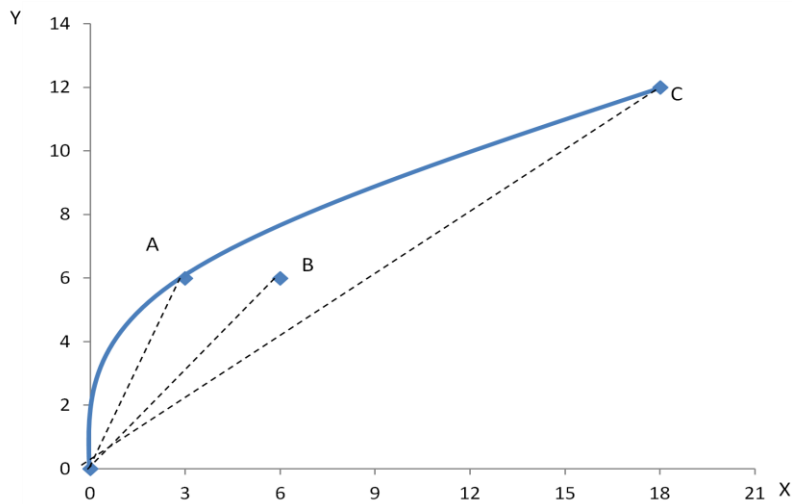
Consiste en el ratio de una función que agrega los outputs y otra función que agrega los inputs.

Por el contrario, la eficiencia productiva descansa en la comparación de la actuación real de una empresa con una actuación óptima; es decir, que surge de la comparación de los valores observados de los outputs e inputs con aquellos valores óptimos de éstos (González, 2004). Este óptimo es el resultado de la evidencia sobre el óptimo alcanzado por otras empresas.

Una diferencia entre ambos conceptos consiste en que el estudio de la productividad se centra en cambios de esa magnitud en el tiempo, mientras que el análisis de eficiencia hace especial referencia a cambios transversales, es decir, a la comparación con otras empresas.

Para facilitar la comprensión de los conceptos de productividad y eficiencia, se muestra en la Figura 17 una función de producción con rendimientos decrecientes. Las empresas identificadas con los puntos *A* y *C* son eficientes, puesto que con la cantidad de factor empleada se está obteniendo el máximo nivel de producto posible. Sin embargo, la empresa identificada en el punto *B* es ineficiente, ya que es posible producir la misma cantidad de output empleando menos input. Cualquier empresa que se ubique en la recta de producción de *A*, tendrá idéntica productividad media que esta unidad, pero no estará en la frontera de producción.

Figura 17. Productividad media y eficiencia



El análisis de productividad parcial del factor X , pone de manifiesto que la empresa A es la que mayor productividad tiene. La empresa ubicada en el punto B es más productiva que la empresa ubicada en C , pero menos eficiente. Si la empresa B se moviera hacia A , ganaría en eficiencia y también en productividad. Lo anterior se debe a que la productividad media está siendo afectada por la evolución de la productividad marginal, que en esta función va decreciendo.

No siempre una mejora en la eficiencia mejora la productividad (cambio de B a C). Cuando el output o el input son considerados fijos, los dos conceptos son equivalentes. Pero cuando ambos varían, la productividad se ve afectada por un efecto tamaño que incorpora la ley de los rendimientos decrecientes; ésta implica que, solo se puede alcanzar mayor producción, disminuyendo la productividad. Esta situación solo es válida, en ausencia de cambios en la tecnología. No obstante, si existe cambio tecnológico, es obvio, que producción y productividad aumenten al mismo tiempo.

El otro concepto empleado como sinónimo es la competitividad; y se define como la capacidad que tiene una empresa para competir con las de su entorno. Este concepto presenta como problema que hasta la fecha no se ha formalizado matemáticamente, siendo difícil su medición. En un ambiente competitivo, las empresas tienen menos posibilidades de obtener ganancias extraordinarias. Éstas se podrían lograr diferenciando los productos mediante la calidad asociada a las marcas (Trillo, 2002).

Este capítulo es una introducción a la conceptualización de la medición de eficiencia y las funciones de fronteras. Se trata de facilitar conceptos relevantes en los servicios de infraestructura (electricidad, agua, gas, telecomunicaciones, aeropuertos, puertos y ferrocarriles), ya que permite crear un ambiente de competitividad. Este último de gran importancia, sobre todo en aquellos mercados caracterizados como monopolio natural.

El resto del capítulo se desarrolla de la siguiente forma: en primer lugar se conceptualiza la eficiencia; después se describe la dirección que puede tener la medida de eficiencia y los diferentes tipos de frontera. A continuación, se analizan las fronteras estocásticas. La función de distancia se define en el punto 6 y tiene un tratamiento amplio, por ser el modelo empleado en esta investigación. Posteriormente, se identifican los efectos que tienen los cambios de las diferentes variables en la función de distancia orientada a los inputs. El índice de PTF también es tratado, específicamente el cambio en la PTF usando función de distancia orientada a los inputs. Luego se conceptualiza la eficacia, su

importancia y forma de determinar. Finalmente, se presentan las conclusiones de este capítulo.

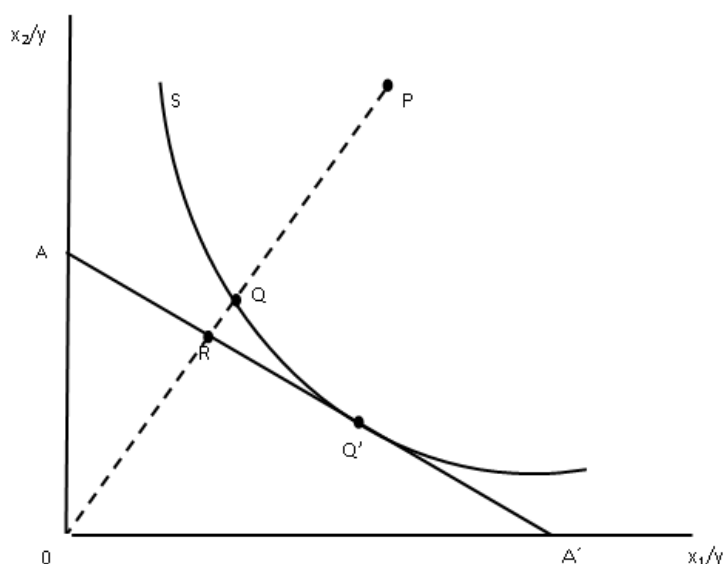
5.2 Eficiencia

La medida de la eficiencia de las empresas se fundamenta en comparar lo que hace una empresa con lo que ésta debería haber realizado para poder lograr la maximización de su producción. Farrell (1957)²⁹ fue el pionero en establecer la medida de eficiencia para empresas que emplean dos factores productivos para obtener un solo output utilizando una tecnología caracterizada por rendimientos constantes a escala. En esta definición salen a relucir tres tipos de eficiencia: eficiencia técnica, eficiencia en precio y eficiencia global (ver Figura 18). Las investigaciones posteriores a Farrell cambiaron algunas denominaciones: la eficiencia de precios se conoce como eficiencia asignativa y la eficiencia global como eficiencia económica total o eficiencia económica.

La Figura 18 es una representación cartesiana de una función de producción de una empresa que combina los factores x_1 y x_2 para obtener un producto y , es decir: $y=f(x_1, x_2)$. Dado los supuestos comentados anteriormente, la función de producción eficiente viene determinada a través de la isocuanta representada por la curva S . Es decir, una empresa que se encuentre ubicada en el punto P está utilizando la misma proporción de inputs que una ubicada en el punto Q ; pero esta última utiliza menos inputs para una combinación de output. Como Q está ubicada en la isocuanta S , se considera eficiente técnicamente. La eficiencia técnica está definida por el ratio OQ/OP y toma valores entre 0 y 1 . Se considera que una empresa es eficiente técnicamente si está situada sobre la isocuanta y , por tanto, el ratio toma valor 1 e ineficiente en caso contrario. La ineficiencia técnica se expresará como $1-OQ/OP$.

²⁹Koopmans (1951) hace la primera definición formal de eficiencia técnica, al establecer que un productor es técnicamente eficiente si es imposible obtener más cantidad de al menos un producto sin producir menos cantidad de los otros productos o sin utilizar más cantidad de al menos un factor. Posteriormente, Debreu (1951) y Shephard (1953) proponen medidas radiales, con dirección a los outputs e inputs, respectivamente.

Figura 18. Medidas de eficiencia de Farrell (1957)



La recta de isocoste AA' tiene una pendiente igual al ratio de los precios de los factores. Si la empresa que está ubicada en el punto Q se traslada al punto Q' , sigue siendo técnicamente eficiente, ya que se encuentra ubicada en la isocanta S . Pero además de ello, esta empresa presenta eficiencia asignativa porque está combinando los inputs que minimizan el coste de la producción, ya que está ubicada en la isocoste AA' . En consecuencia, se considera que una empresa presenta eficiencia asignativa cuando la selección y combinación de sus inputs producen una cantidad de producción a un coste mínimo (Coelli et al. 1998).³⁰ Por su parte, el punto R , al igual que el punto Q' , se encuentran situados sobre la isocoste y tienen el mismo coste de producción. La eficiencia asignativa se mide con el ratio de OR/OQ . Este ratio presenta valores comprendidos entre 0

³⁰Coelli, et al. (2003, 17) define la eficiencia asignativa como "...la capacidad de la empresas para combinar los inputs en una proporción tal que el cociente de precios de los inputs iguale al cociente de los correspondientes productos marginales; es decir, el producto adicional obtenido de una unidad adicional del insumo".

y 1 , siendo 1 la representación de una empresa con eficiencia asignativa. La ineficiencia asignativa se mide con el ratio $1 - OR/OQ$

Por otra parte, una empresa que es eficiente técnica y asignativamente, punto Q' , se considera que es eficiente económicamente y esta eficiencia se mide con el cociente OR/OP , que no es más que el producto de la eficiencia técnica y la asignativa.

Ahora bien, si se compara la eficiencia técnica y asignativa de los puntos P y Q , se aprecia que P es ineficiente desde el punto de vista técnico, mientras que Q no lo es, pero ambas poseen el mismo grado de ineficiencia asignativa. Esto se debe a que para calcular la eficiencia asignativa previamente debe eliminarse el componente de eficiencia técnica.

A pesar de que la idea básica de medir la eficiencia en términos de frontera se remonta a Farrell (1957), la estimación econométrica de la tecnología se inició con los trabajos de Aigner et al. (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977).

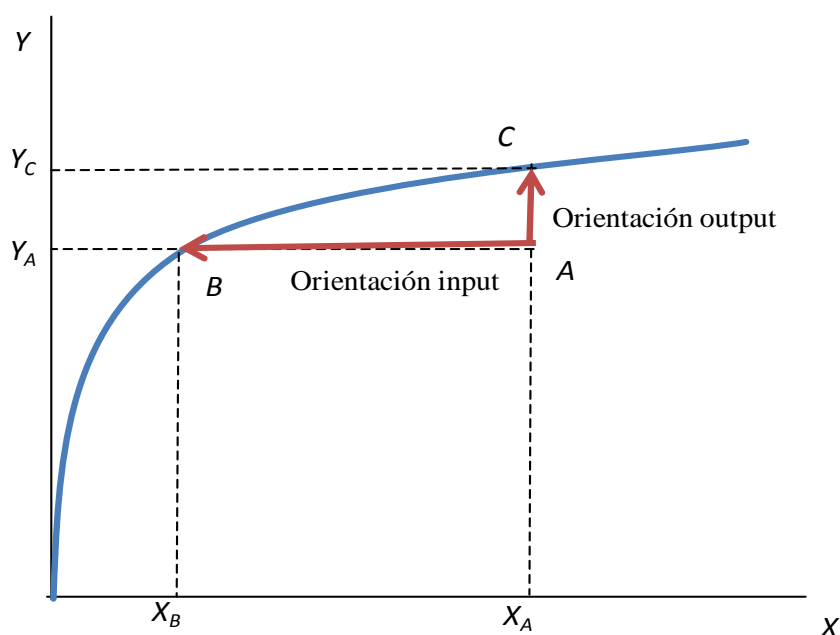
Álvarez (2001) expresa que el gran aporte de Farrell fue establecer empíricamente un estándar de referencia conocido como frontera. Ésta permite evaluar si una empresa es eficiente o ineficiente, comparando su comportamiento con el de las mejores de su sector, las cuales definen la frontera.

5.3 La dirección de la medida de eficiencia

La medida de eficiencia puede estar orientada a los inputs o los outputs. En la primera se toma como referencia aquella empresa eficiente que produce la misma cantidad de output que la empresa a evaluar. En un eje cartesiano tendría una dirección horizontal. El índice de eficiencia será medido con el ratio de los inputs necesarios para producir un determinado nivel de output sobre los inputs utilizados. En la Figura 19, la empresa eficiente es la identificada con el punto B; en este caso, el índice de eficiencia técnica orientado a los inputs, para la empresa señalada con el punto A, sería el siguiente:

$$ET_I = \frac{X_B}{X_A} \quad (5.1)$$

Figura 19. Orientación de las medidas de eficiencia



En la orientación a los outputs se toma como referencia aquella empresa que es eficiente técnicamente y que utiliza los mismos inputs que la empresa a evaluar. En este caso la dirección en un eje cartesiano sería vertical. Es decir, que el índice de eficiencia será medido como el ratio de la producción real y la óptima. Tomando como referencia la Figura 19, el índice de eficiencia técnica para la empresa señalada con el punto *A*, con orientación outputs, será:

$$ET_O = \frac{Y_A}{Y_C} \quad (5.2)$$

5.4 Tipos de fronteras

Los modelos de frontera se pueden clasificar a través de diversos criterios. En la Tabla 23 se muestran diferentes clasificaciones.

La frontera determinística tiene como característica primordial que atribuye toda la desviación de la frontera a la ineficiencia técnica y emplea toda la muestra de observaciones. Sin embargo, ésta restringe los productos observados a que deben

estar sobre la frontera calculada o debajo de ella. En este caso se ignora que la ineficiencia además, puede estar afectada por factores que se encuentran totalmente fuera del control de la empresa.

Tabla 23. Tipos de fronteras

Clasificación	Tipos de frontera	
Según los datos	De corte transversal	
	Panel de datos	
Según las variables	Datos físicos	
	Datos físicos y precios	
Según el método de estimación	No paramétricos (Programación lineal)	
	Paramétrico (Econométrico)	Uniecuacionales
		Múltiples ecuaciones
Según la causa	Determinística	
	Estocástica	
	Probabilística	
Según el tipo de variables	Producción	
	Costes	
	Ingresos	
	Beneficios	

Elaboración propia

La frontera estocástica, denominada también modelo de error compuesto, supone que el output está limitado superiormente por una frontera estocástica; por lo que especifica una distribución para la eficiencia y variaciones aleatorias en la estructura del error de la frontera que se estima. En este caso se considera que los factores externos pueden afectar a la eficiencia de la empresa.

La frontera probabilística (Timmer, 1971) trata de reducir la sensibilidad de la frontera a través de la estimación los errores. Para ello, asigna un porcentaje predeterminado a las observaciones más eficientes para que estén por encima de la frontera. Una de sus limitaciones es la falta de un criterio objetivo para la selección del porcentaje de las observaciones a excluir (Álvarez, 2001).

La frontera paramétrica impone una forma funcional para la tecnología e incorpora un error de especificación que incluye la presencia de errores. En este tipo de frontera, los parámetros son estimados a través de técnicas econométricas. Dentro de las técnicas de estimación se pueden mencionar las siguientes: máxima verosimilitud, mínimos cuadrados ordinarios, mínimos

cuadrados generales, Seemingly Unrelated Regressions Estimation (SURE), y el estimador intragrupos.

Por su parte, la frontera no paramétrica realiza algunos supuestos sobre las propiedades de la tecnología que generan el conjunto de procesos productivos factible y cuya frontera envuelve a los datos observados. Esta no incluye la presencia de ruido estadístico y no describe ninguna especificación funcional. La metodología más utilizada es el Análisis Envolvente de Datos (DEA, en sus siglas en inglés, Data Envelopment Analysis). Esta técnica emplea algoritmos de programación lineal para la estimación de la frontera; su precursor fue Boles (1966).³¹

El DEA considera que una empresa es eficiente si no existe otra o una combinación que produzca más de algún producto, dados los insumos; o utilice menos de algún insumo, dados los productos. Tiene como ventajas que no impone ninguna forma funcional a priori sobre los datos, que puede acomodar múltiples outputs e inputs, y que produce información sobre las "empresas de referencia" para cada una de las empresas ineficientes. Es decir, las empresas que tienen los siguientes aspectos similares a la empresa eficiente en particular: mezcla de outputs, mezcla de inputs y operaciones de escala.³²

En oposición, el DEA tiene como desventaja que utiliza para la estimación de la frontera sólo un subconjunto de los datos disponibles. En opinión de Picazo et al. (2008), el rendimiento en el DEA es un concepto relativo. La eficiencia solo se puede comparar con la que posee la mejor de la empresa de la muestra que se está estudiando. Por otra parte, Anwandter y Ozuna (2002) expresan que una debilidad en el DEA son los grados de libertad; es decir, que para que se pueda caracterizar la eficiencia técnica, el número de observaciones debe ser bastante mayor que la suma del número de inputs y outputs. Estos últimos autores agregan que, para solucionar este problema, el número de observaciones debe ser grande, sugiriendo que éste sea tres veces más grande que la suma de los inputs y outputs.

A pesar de la cantidad de investigaciones que se han realizado en el campo de la medición de la eficiencia, hasta el momento no existe un consenso general sobre qué enfoque es mejor. Ambos métodos tienen defensores y detractores en la

³¹ Para un análisis detallado de las características de la frontera estocástica y el DEA véase Coelli, et al. (2003) y González y Trujillo (2007).

³² Una diferenciación detallada entre el DEA y el análisis de regresión y su aplicación en la industria de agua puede ser consultada en Cubbiny Tzanidakis (1998).

comunidad científica. Queda a decisión del investigador, de su alcance y de la información disponible, decidir el enfoque a emplear.

5.5 Fronteras estocásticas

Dentro de las fronteras estocásticas existen varios modelos como la frontera estocástica de producción, la frontera estocástica de coste y la función de distancia (FD).

Las fronteras estocásticas se basan en la hipótesis de la existencia de dos tipos de factores que hacen que la empresa se desvíe de la frontera determinística. Por un lado, se encuentran los hechos fortuitos, de carácter aleatorio que pueden estar a favor o en contra de la empresa, mientras que, por el otro, se encuentran los fallos que hacen que la empresa no pueda alcanzar su objetivo, es decir, la ineficiencia.

Los modelos de error compuesto fueron planteados simultáneamente por Aigner et al. (1977) y Meeusen y van de Broeck (1977), añadiendo al modelo determinístico un segundo componente de error de tipo aleatorio. De esta forma, se consideran los posibles errores de medida o la influencia de otro tipo de variables cuyo efecto es desconocido. El modelo propuesto por Aigner et al. (1977) es el siguiente:

$$Y_i = f(X_i; \beta) \exp(v_i - u_i) \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (5.3)$$

- Y_i , es la producción de la empresa i -ésima;
- f , es la forma funcional que se adopta;
- X_i , es un vector de cantidades de los factores empleados por la empresa i -ésima;
- β , es un vector de parámetros desconocidos a estimar;
- v_i , es una variable aleatoria que toma en consideración errores de medida, de otros tipos, que no son controlables por la empresa y a los efectos derivados de una mala especificación de la función de producción. Se supone que esta variable se distribuye independientemente e idénticamente (iid) como una normal $N(0, \sigma^2)$, y es independiente del término de ineficiencia.
- u_i , es una variable aleatoria no negativa, que toma en cuenta la ineficiencia técnica, y se distribuye iid como una variable aleatoria seminormal, $|N(0, \sigma^2)|$ o exponencial.

La frontera estocástica está determinada por la estructura de la tecnología de la producción, que es la parte determinística y está constituida por el primer

término de la derecha de la ecuación (5.3) que es común en todas las empresas, y por la parte estocástica ($exp(v_i)$), que son factores aleatorios externos (bien sean favorables o desfavorables), que están fuera del control de la empresa.

El componente de error (v_i) es simétrico mientras que el término de la ineficiencia técnica (u_i) es no negativo. En consecuencia, el término de error compuesto ($v_i - u_i$) es asimétrico y, por lo tanto, las empresas cuyo $u_i = 0$ operarán sobre la frontera estocástica de producción [$f(x_i, \beta)exp(v_i)$], y cuando $u_i > 0$, se encontrarán por debajo de dicha frontera. Es decir, que cuando $u_i = 0$ su exponencial será 1, y por lo tanto será 100% eficiente, y cuanto mayor sea el error, mayor será la ineficiencia.

Ahora bien, el término de error (v_i) puede ser positivo o negativo y variará sobre la parte determinística del modelo de frontera $exp(x_i, \beta)$. Si el componente (v_i) de la empresa i -ésima es mayor que cero, la estimación de la producción, $y_i^* = exp(x_i\beta + v_i)$, de esa empresa estará por encima de la frontera. Si (v_i) es menor que cero, la estimación estará por debajo de la frontera. Los resultados observados pueden ser mayores que la parte determinista de la frontera si los errores aleatorios correspondientes son mayores que los efectos de la ineficiencia correspondiente, es decir $y_i > exp(x_i\beta)$ si $v_i > u_i$.

Por su parte, el término u_i puede adoptar diferentes formas de distribución. Entre las más recomendadas se encuentran la media normal (Aigner et al, 1977), la gamma (Greene, 1990), la exponencial (Meusen y van de Broeck, 1977) y la normal truncada (Stevenson, 1980), siendo la primera la más empleada.

Determinación de la eficiencia técnica

La eficiencia técnica para la empresa i -ésima, se define como:

$$ET_i = \frac{y_i}{f(x_i\beta)exp(v_i)} = exp(-u_i) \quad (5.4)$$

La ecuación (5.4) puede interpretarse como el cociente entre el producto alcanzado por la empresa i -ésima y su producción potencial definida por la frontera estocástica. Se trata de una medida de eficiencia técnica orientada al output que indica la cantidad de producto que podría haber alcanzado la empresa i -ésima utilizando la misma cantidad de factores productivos que la empresa eficiente.

Es necesario comentar que el término de error (u_i) no puede observarse. Lo único que puede observarse, una vez estimada la frontera de producción, es la diferencia ($v_i - u_i$). Por consiguiente, para poder hallar la eficiencia técnica de cada empresa (ET_i), primero debe estimarse la ecuación (5.3) y luego

descomponer el término de error compuesto, para separar el ruido de la eficiencia.

Para la determinación de las fronteras estocásticas también puede emplearse una función de coste o una función de distancia. Esta última es la empleada en esta investigación. La función de coste puede ser a corto o a largo plazo. Para la primera es necesario contar con datos sobre costes variables, precios de los inputs variables, cantidades de los inputs y outputs; mientras que para la segunda se requiere información sobre costes totales, precios de los inputs y cantidades de outputs.

5.6 Función de distancia

La función de distancia (FD) permite describir tecnologías que utilizan múltiples inputs para producir varios outputs sin tener que suponer un determinado comportamiento optimizador (maximización de la ganancia o minimización de los costes).

Entre sus ventajas destacan las siguientes: se adapta a los procesos productivos con varios outputs; no presupone ningún comportamiento económico, no requiere la exogeneidad de los precios de los factores de producción; y la ineficiencia asignativa puede obtenerse sin necesidad de hacer supuestos restrictivos para separarla de la ineficiencia técnica.

Para describir la función de distancia, se utilizará el conjunto de posibilidades de producción, $P(x)$, que representa una tecnología que utiliza diversos inputs para producir múltiples outputs. En este caso $P(x)$ representa todos los vectores de outputs $y \in R_+^M$, que se pueden obtener empleando el vector de inputs $x \in R_+^M$. Es decir:

$$P(x) = \{y: x \text{ puede producir } y\} \quad (5.5)$$

Este conjunto debe cumplir con las siguientes propiedades:

- a. $0 \in P(x)$: La producción nula pertenece al conjunto de posibilidades de producción.
- b. Para realizar la producción debe utilizarse por lo menos un input.
- c. $P(x)$ satisface el supuesto de disponibilidad fuerte de outputs; es decir que si $y \in P(x)$, $y^* \leq y$, entonces $y^* \in P(x)$.
- d. $P(x)$ satisface el supuesto de disponibilidad fuerte de inputs: si y puede ser producido con x entonces y también puede ser producido con cualquier $x^* \geq x$.

e. $P(x)$ es cerrado, es un conjunto limitado y convexo.

Para la determinación de la FD, solo es necesario contar con datos físicos relativos a la cantidad de los productos obtenidos y de los factores utilizados en el proceso productivo. Esta es una ventaja apreciable en aquellos sectores o países en que la disponibilidad de datos financieros es difícil.

En la FD no participan variables de contenido económico (precio de los factores) y por ello no se construye ninguna hipótesis sobre el comportamiento de las empresas. Esta situación hace que dicha función sea apropiada para el estudio de sectores regulados, en los cuales las empresas no tienen necesariamente un comportamiento optimizador (González, 2004). En muchas ocasiones, estas empresas contribuyen a alcanzar objetivos de las autoridades públicas (como es el caso del servicio de suministro de agua y recolección de aguas residuales). En opinión de Pestieau y Tulkens (1994), el criterio más apropiado para comparar este tipo de organizaciones, es la eficiencia técnica.

La FD puede estar orientada a los outputs, a los inputs o hiperbólica. La decisión de la orientación dependerá de las características del sector. No obstante, Coelli y Perelman (1999), obtienen resultados similares aplicando la FD, tanto orientada los outputs como a los inputs, al sector de ferrocarriles. Ellos proponen emplear una medida de eficiencia basada en la media geométrica de los diferentes resultados obtenidos.

Función de distancia orientada a los outputs

La función de distancia orientada al output fue introducida por Shephard (1970), y está definida en términos del conjunto de posibilidades de producción $P(x)$ de la siguiente manera:

$$D_0(x, y) = \min\{\delta(y/\delta) \in P(x)\} \quad (5.6)$$

Esta función con las propiedades que se muestran a continuación:

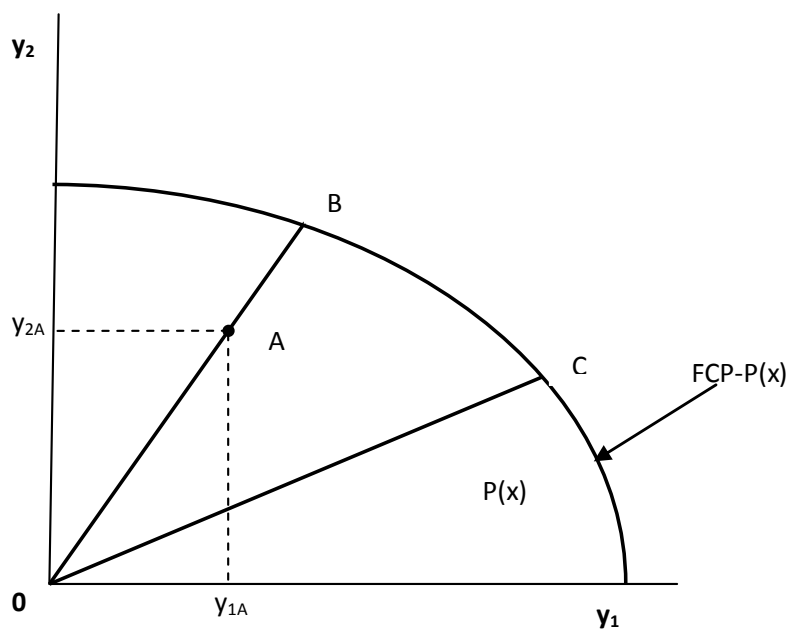
- a. $D_0(x, y)$ es no decreciente en outputs y creciente en inputs.
- b. $D_0(x, y)$ es linealmente homogénea en outputs.
- c. Si $y \in P(x)$ entonces. $D_0(x, y) = \leq 1$
- d. $D_0(x, y) = 1$ si y pertenece a la frontera de $P(x)$.

La FD orientada a los outputs se define como el menor escalar por el que se pueden dividir proporcionalmente todos los outputs, utilizando el mismo nivel

de factores productivos. Esta orientación utiliza un enfoque que contempla la expansión del producto, para medir la distancia de la empresa estudiada a la frontera tecnológica.

Para facilitar la comprensión de la FD orientada a los outputs se utiliza la Figura 20. En ella se representan dos outputs y_1 e y_2 , y el conjunto de posibilidades de producción, $P(x)$ para un vector de inputs. $P(x)$ es el área limitada por la frontera de posibilidades de producción, $FCP-P(x)$, y los dos ejes de coordenadas.

Figura 20. Función de distancia orientada a los outputs y conjunto de requerimientos de inputs



Ahora bien, el valor de la FD para la empresa que utilizando el vector de inputs x produce las cantidades determinadas por el punto A , va a ser igual al índice $\delta = OA/OB$ (cumpliéndose la propiedad “c”). En el caso de que la empresa esté en la frontera, este tomará el valor de 1, como es el caso de los puntos B y C (cumpliéndose la propiedad “d”). Cabe resaltar que el valor de δ determinado es equivalente a la inversa del factor por el cual se puede incrementar la cantidad producida de todos los outputs y mantenerse dentro del conjunto de posibilidades de producción, dada la cantidad de inputs disponible.

Función de distancia orientada a los inputs

El uso de la FD orientada a los inputs se recomienda, principalmente, en aquellos sectores regulados en los que las empresas tienen que satisfacer una demanda exógena y solo tienen capacidad para actuar sobre la cantidad de factores que se emplean.

La FD orientada a los inputs se define como el mayor escalar por el que se pueden multiplicar proporcionalmente todos los factores de producción y seguir produciendo el mismo nivel de outputs. Supóngase el conjunto de todos los vectores de inputs, $L(y)$, que permiten obtener el vector de output, y . Al igual, x representa el vector de inputs e y el vector de outputs. Es decir:

$$L(x) = \{x: x \text{ puede producir } y\} \quad (5.7)$$

Por lo que la FD orientada a los insumos podría definirse como:

$$D_I(x, y) = \max\{\rho: (x/\rho) \in L(y)\} \quad (5.8)$$

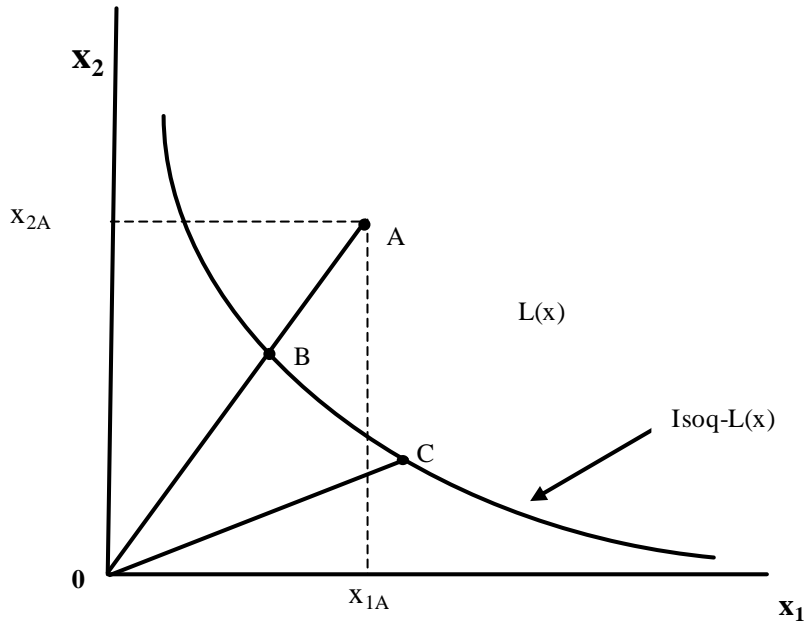
La cual cumple con las siguientes propiedades:

- a. Es no decreciente en x ,
- b. Creciente en y
- c. Linealmente homogénea en x ;
- d. Es cóncava en x
- e. Es dual de la función de coste.

En la Figura 21, se muestran dos inputs, x_1 y x_2 que son empleados para producir el vector de output, y . El conjunto de inputs $L(y)$ es el área ubicada por encima de la isocuanta $Isoq-L(y)$. El punto A define la producción de esa empresa hipotética, la cual emplea x_{1A} del input x_1 y x_{2A} del input x_2 y la cual produce el vector y . Por ello, la FD en A , vendría determinada por el índice $\rho=OA/OB$.³³ En este caso, la FD orientada a los inputs tomaría valores iguales o mayores a 1; un valor igual a 1 implica que la empresa se encuentra operando en la isocuanta, lo que indica que los inputs se están empleando de manera eficiente. Este es el caso de los puntos B y C de la Figura 21. Un valor superior a la unidad indicaría una ineficiencia, por ejemplo 2, indica que se puede emplear la mitad de la totalidad de los inputs para obtener el mismo nivel del outputs.

³³Si se invierten los datos se obtendría la medida de eficiencia técnica orientada al input de Farrell (1957)

Figura 21. Función de distancia orientada a los inputs y conjunto de requerimientos de inputs



En este sentido, Saal et al. (2007) comentan que, en contraste con la medición de eficiencia a través de la FD orientada a los outputs, la FD orientada a los inputs implica la adopción de un enfoque en el que se mejora la eficiencia al reducir el consumo de los inputs para un determinado nivel de outputs exógenos. De esta manera, queda justificada su aplicación en la industria de agua, dada la naturaleza de la producción y la regulación de la que es objeto el servicio.

Función de distancia hiperbólica

Esta FD está orientada simultáneamente a los outputs e inputs. Está definida por la máxima expansión equiproporcional del vector de output y la máxima reducción equiproporcional del vector de input. Esto es posible para una combinación inputs-outputs determinada, dada la frontera de producción existente. Así la FD hiperbólica se define como:

$$D_H(x, y) = \inf\{\theta > 0: (x\theta, y/\theta) \in T(x, y)\} \tag{5.9}$$

$$T(x, y) = \{(x, y): y \text{ factible con } x\} \tag{5.10}$$

siendo θ el parámetro que mide el incremento de output y la disminución de inputs de forma equiproporcional simultáneamente. La función de distancia hiperbólica cumple con las siguientes propiedades:

- a. $D_H(x, y)$ es no decreciente en outputs;
- b. $D_H(x, y)$ es no creciente en inputs;
- c. $D_H(x, y)$ es casi homogénea.

La FD hiperbólica es homogénea de grado $-1, 1, 1$. Es decir, que si el conjunto de inputs se reduce en una proporción y el conjunto de outputs se incrementa en esa misma proporción, entonces la función se incrementa en la misma proporción. Para un desarrollo completo de esta metodología, puede verse Cuesta y Zofío (2005).

En la FD hiperbólica se homogenizan los outputs y los inputs, escogiendo cualquier input u output. La homogenización de los outputs se hace dividiendo los demás outputs entre el output escogido; y la de los inputs multiplicando los inputs por el output escogido.

5.7 Efectos de cambio en las variables sobre la frontera de la función de distancia orientada a los inputs

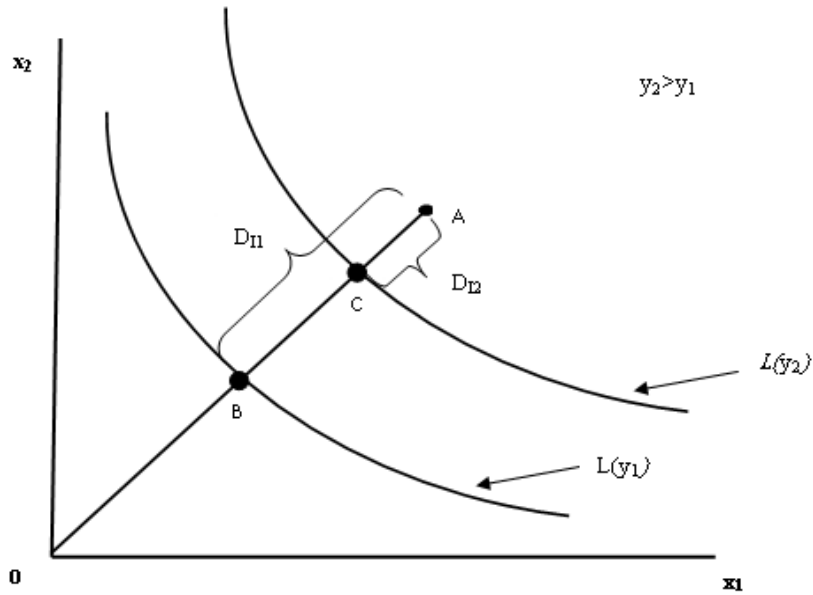
En este apartado se muestra el efecto que tiene el cambio de los valores de las variables en la frontera de la función de distancia orientada a los inputs.

La Figura 22 muestra 2 inputs, x_1 y x_2 , que son empleados para producir el vector de outputs; siendo $L(y_1)$ la frontera para el nivel de producto. En este caso, la eficiencia técnica de la empresa A vendría dado por la $D_{I1} = {}^0A/{}_0B$.

Para un incremento del output dado por y_2 , *ceteris paribus*, la frontera se traslada hasta $L(y_2)$, acercándose al punto de la empresa A y disminuyendo la distancia: $D_{I2} = {}^0A/{}_0C$. En este caso, se espera que el signo de los parámetros de los outputs, en la FD orientada a los inputs, sea negativo. Es decir:

$$\frac{dDi}{dy} < 0$$

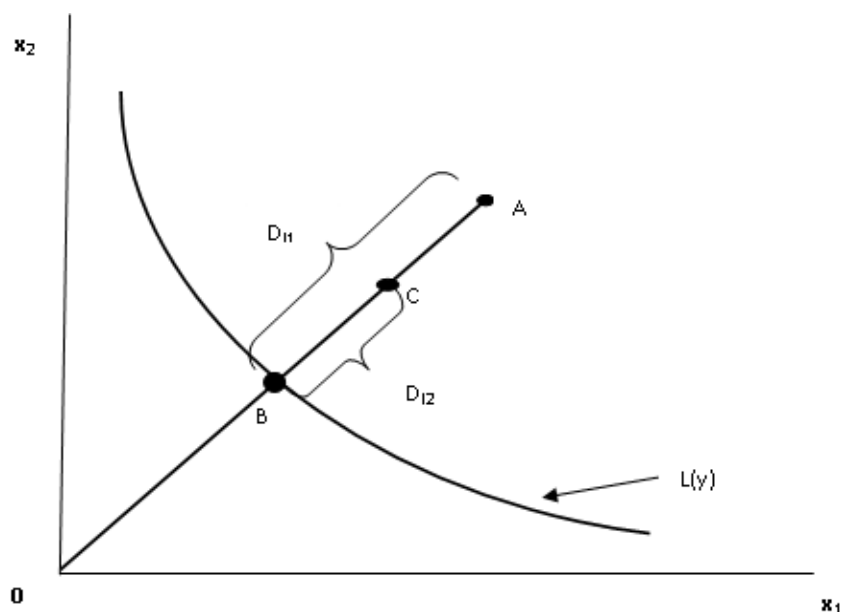
Figura 22. Efecto del cambio en un output en la frontera de la FD_1



La situación es diferente cuando existe una variación en los inputs. Partiendo de la Figura 23 en la que se representa la isocuanta $L(y)$ una disminución de los inputs para un determinado nivel de producción, *ceteris paribus*, hará que la empresa se acerque a la frontera, punto C , disminuyendo su distancia. La frontera permanece igual, pero la distancia será $D_{12} = \frac{OC}{OB}$. En este caso se espera que en la FD orientada a los inputs, el signo de los inputs sea positivo. Es decir:

$$\frac{dDi}{dx} > 0$$

Figura 23. Efecto del cambio en un input en la frontera de la FD_1



Para el caso de las variables ambientales, es necesario determinar si el cambio de éstas producirá efectos favorable o desfavorable para las empresas.

Supóngase el caso de variables ambientales que sean favorables a la empresa; por ejemplo, el progreso técnico. Se espera que las empresas mejoren técnicamente a través del tiempo y que estas se sitúen más próximas a la frontera.

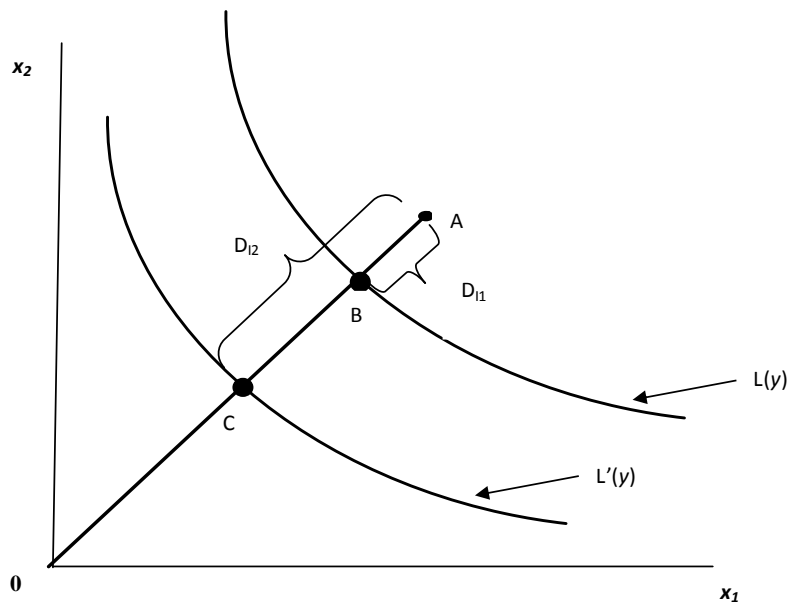
Por el contrario, un ejemplo de variables ambientales desfavorables es el agua pérdida. Un aumento de las pérdidas de agua, trae consigo una mayor utilización de inputs sean considerables, lo que hace que la empresa se aleje de la frontera.

La Figura 24, parte de la isocuanta $L(y)$. Un incremento de las variables ambientales favorables (o una disminución de las variables ambientales desfavorable), *ceteris paribus*, trasladará la frontera hacia el origen, incrementando la distancia: $D_{12} = 0A/0C$.

En conclusión, se espera que en la FD orientada a los inputs el signo de los coeficientes de las variables ambientales favorables sea positivo; y negativo en las variables desfavorables. Es decir:

$$\frac{dD_I}{dz} > 0, \text{ si } Z \text{ es favorable}$$

Figura 24. Efecto del cambio en una variable ambiental en la frontera de la FD_I



5.8 Índices de productividad total de los factores

La Productividad Total de los Factores (PTF) se define como el resultado de dividir un índice de outputs entre un índice de inputs, en el cual se pueden emplear M productos y K inputs, adaptándose así a empresas multiproductivas (Coelli et al., 2003). Ambos índices, generalmente, son definidos como una suma ponderada de todos los outputs o inputs, respectivamente. Su expresión en función lineal es:

$$PTF = \frac{\sum_{m=1}^M a_m Y_m}{\sum_{k=1}^K b_k X_k} \quad (5.11)$$

Donde a y b son ponderaciones que dependen de la importancia que tenga cada input o output en la industria. Esta ponderación puede determinarse por los precios del mercado o por los precios sombras. Estos bajo condiciones de competencia perfecta son iguales; en caso contrario existe una cierta ineficiencia asignativa en la combinación de insumos y en la combinación de productos.

Para determinar la productividad usando los números índices basados en precios hacen falta, por lo menos dos períodos y los precios de mercado correspondientes a los insumos y productos. Ahora bien, dependiendo de la base que se tome como referencia, el índice tendrá una denominación diferente. En caso de que se tome el período cero como base se denominará Índice Laspeyres; por el contrario, si se toman como base los precios del período 1, se denominará Paasche. También se encuentran dos variantes de los índices, el denominado índice de Fisher, en el cual se trabaja con una media geométrica de los dos índices; y el Índice de Törnqvist, que utiliza una tecnología subyacente tipo translogarítmica.

No obstante, a pesar de las limitaciones teóricas de la PTF, es aceptada como un índice estándar del progreso técnico (Saal y Parker, 2001). Tiene como desventaja que requiere tener acceso a información fiable de precios, que a menudo es difícil de obtener; y no proporciona espacio, explícitamente, a los efectos de escala (Coelli y Walding, 2005).

Las medidas de cambio en la PTF (CPTF) se pueden dividir en tres componentes: cambio en la eficiente técnica (CET), cambio tecnológico (CT), y cambio en la eficiencia de escala (CEE) (Coelli et al., 2003); siendo todas ellas multiplicativas, expresándose de la siguiente manera:

$$CPTF = CET * CT * CEE \quad (5.12)$$

En la ecuación (5.12) la eficiencia asignativa no aparece, ya que las medidas de PTF que se obtienen en la función de producción no incluyen este factor. Esta eficiencia sí es considerada cuando se determina una frontera de coste.

Cambio en la PTF usando función de distancia orientada a los inputs

Para medir el cambio en la productividad total de los factores en una función de distancia orientada a los inputs, de acuerdo a la ecuación (5.12), y siguiendo a Coelli et al. (2003), se empleará la siguiente ecuación

$$\ln\left(\frac{PTF_{n1}}{PTF_{n0}}\right) = \ln\left(\frac{ET_{n1}}{ET_{n0}}\right) + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial d_{n0}}{\partial t}\right) + \left(\frac{\partial d_{n1}}{\partial t}\right)\right] + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^M [(FS_{n0}\varepsilon_{jn0} + FS_{n1}\varepsilon_{jn1}) \cdot (y_{jn1} - y_{jn0})] \quad (5.13)$$

El primer término de la derecha representa el cambio en la eficiencia técnica, el segundo el cambio tecnológico y el último el cambio en la eficiencia de escala. En el cambio en la eficiencia técnica, la medida de la eficiencia técnica, ET_{nt} , representa la eficiencia técnica de la empresa n -ésima en el t -ésimo período. Es la inversa de la medida de distancia orientada a los inputs y sus valores se encuentran entre 0 y 1.

Por su parte, el cambio tecnológico es la media de los cambio tecnológicos evaluados en los períodos 0 y 1. En el caso de la empresa n en el período t , esto sería:

$$\frac{\partial d_{nt}}{\partial t} \quad (5.14)$$

Por otra parte, para el CEE es necesario calcular las elasticidades de producción

$$\varepsilon_{mnt} = \frac{\partial d_{nt}}{\partial y_{mnt}} \quad (5.15)$$

La ecuación (5.15) se determinará para cada producto en cada observación y el cálculo de los factores de escala para cada observación será:

$$SF_{nt} = (\varepsilon_{nt} + 1)/\varepsilon_{nt} \quad (5.16)$$

Siendo

$$\varepsilon_{nt} = \sum_{m=1}^M \varepsilon_{mnt} \quad (5.17)$$

La ecuación (5.18) es igual al negativo de la inversa de la elasticidad de rendimientos a escala estándar.

El crecimiento de la PTF a través del tiempo se debe a los siguientes aspectos:

- Cambio tecnológico, que se representa por un desplazamiento de la frontera;

- Cambio en la eficiencia técnica (acercarse a la frontera);
- Cambio en la eficiencia de escala;
- Cambio en la eficiencia asignativa en la combinación de insumos; y
- Cambio en la eficiencia asignativa en la combinación de productos.

5.9 Eficacia

Otra forma de evaluar el desempeño de las empresas consiste en analizar lo que se ha denominado eficacia. Este concepto de eficacia viene definido por el nivel de cumplimiento de las metas propuestas. Una empresa se considera eficaz si alcanza todos los objetivos planteados para un período. Por tanto, el grado de eficacia de una empresa vendrá determinado por el esfuerzo que realice en sus diferentes actividades para el cumplimiento de los fines formulados.

Para que una empresa pueda ser 100% eficaz debe realizar esfuerzos, que requieren consumos adicionales de factores productivos. En general, las empresas desean ser eficaces y eficientes. Sin embargo, en algunos casos, las empresas pueden llegar a ser eficientes a expensas de la eficacia y viceversa (Brooks y Pallis, 2008).

Las medidas de eficacia también tienen que ver con la utilización por parte de las empresas de sus estrategias, factores de producción, y el medio ambiente para cumplir con sus objetivos declarados. De esta manera, la eficacia va dirigida a la satisfacción del cliente y los accionistas se verán compensados a largo plazo con una mayor rentabilidad (Brooks y Pallis, 2008).

Para medir el comportamiento de empresas o países se han desarrollado diferentes indicadores. Los indicadores se complican cuando son varios los outputs que se desean evaluar. Cherchye et al. (2007) hacen una exposición de estos indicadores y describen un indicador ponderado, denominado “beneficio de la duda”, que fue introducido por Melyn y Moesen (1991). Este indicador se expresa como:

$$IC = \max \sum_{i=1}^m w_i y_i \quad (5.18)$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m w_i y_i \leq 1; \quad m \text{ restricciones, una por cada país}$$

$w_{c,i} \geq 0$ m restricciones, una por cada subindicador

donde IC es el índice compuesto, w_i es el peso de la suma de los subindicadores, e y_i son los diferentes subindicadores.

Los mencionados autores proponen que este indicador sea calculado a través del DEA orientado a los inputs, sugerido por Charnes et al. (1978).

Para el cálculo del IC se consideran como outputs los sub-indicadores y como inputs una *dummy* igual a 1 para todas las empresas. Esta última es interpretada como un “pivote” (*helmsman*) que consigue combinar los objetivos de cada sub-indicador.

Brooks y Pallis (2008) proponen un proceso para medir la eficacia compuesto por cuatro acciones:

- definir a los clientes (incluyendo usuarios, compradores y grupo de interés);
- identificar los atributos de importancia para los usuarios. Estos atributos pueden ser representados por pesos de importancia;
- evaluar los atributos propios de la empresa que presta el servicio. ¿Qué es un servicio de calidad? ¿Cómo debe ser medido?;
- evaluar el desempeño de las empresas operadoras del servicio.

Capacidad potencial de los inputs

Una empresa puede ser 100% eficiente, pero no eficaz. Por el contrario, una empresa puede conseguir sus objetivos, pero sin minimizar la utilización de los inputs. La comparación entre la eficacia de las empresas y la eficiencia, permite analizar la relación que existe entre estos dos conceptos.

Mbuvi et al. (2012) emplean la capacidad potencial de los inputs (CPI) para estudiar la relación existente entre la eficacia y la eficiencia. Para su determinación utilizan la siguiente ecuación:

$$CPI = \frac{\text{Eficacia (IC)}}{\text{Eficiencia Técnica}} \quad (5.19)$$

Los resultados del CPI pueden interpretarse de la siguiente manera. Si el $CPI > 1$, indica que existe un problema de ineficiencia, originado por un exceso de recursos. Por el contrario, si el $CPI < 1$, entonces existe un problema de eficacia, que motivado por una falta de recursos. Por otra parte, si $CPI = 1$, entonces existe una utilización exacta de los recursos.

La finalidad de las empresas es alcanzar los objetivos propuestos a la vez que son eficientes. En algunos casos esta mayor eficacia en las empresas puede verse

compensado con una menor eficiencia, debido a un mal aprovechamiento de los recursos. Sin embargo, una mejor combinación de los factores productivos en la industria de agua traerá consigo una empresa eficiente.

5.10 Resumen y conclusiones

Como un aporte de la ciencia económica a la solución de los problemas de las empresas se encuentra el estudio de la eficiencia. La eficiencia de las empresas podría transformarse en un beneficio para la comunidad a través de la provisión de productos de mayor calidad y, en algunos casos, más económicos, ya que parte de los beneficios de las empresas pueden ser trasladados hacia los clientes.

Comparar el desempeño de las diferentes empresas de un sector es importante. De esta manera ha surgido el concepto de eficiencia. Este término ha sido a veces confundido con el de productividad. El primero compara el resultado real de una empresa con el resultado óptimo que podría haber alcanzado; mientras que la productividad es la relación que existe entre los productos obtenidos y los factores empleados por una empresa. El principal precursor de los estudios de eficiencia fue Farrell (1957), seguido y perfeccionado luego por Aigner et al. (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977).

La eficiencia puede ser técnica, asignativa y económica o total. Mientras que la primera mide la capacidad para obtener la máxima producción con los recursos disponibles; la segunda muestra la capacidad para combinar los factores productivos en las proporciones óptimas. La eficiencia total es la combinación de las eficiencias técnica y asignativa.

Las medidas de eficiencia pueden estar orientadas a los inputs o a los outputs. La primera toma como referencia la empresa eficiente que produce la misma cantidad de output con los factores dados y la segunda toma como referencia aquella empresa que utiliza los mismos inputs y produce una cantidad dada de outputs.

Para la evaluación de la eficiencia se han utilizado diversas herramientas entre las que destacan los modelos econométricos y de fronteras. En los primeros se han empleado funciones de costes y de producción para evaluar la eficiencia técnica, económica y eficiencia total de las empresas.

La estimación de la frontera puede efectuarse utilizando dos metodologías: paramétrica y no paramétrica. La elección del método a emplear dependerá del tipo de industria y de los datos disponibles. La frontera estocástica especifica una distribución para la eficiencia y las variaciones aleatorias en la estructura del error de la frontera que se estima. Esta supone que el output está limitado

superiormente por una frontera estocástica. Dentro de los estudios de fronteras no paramétricos, el competidor más cercano es el DEA. En este modelo la frontera envuelve a los datos observados, no incluyendo para su cálculo la presencia de ruido y no especificando la forma funcional.

Las fronteras estocásticas se basan en la hipótesis de la existencia de dos tipos de errores. Por un lado, se encuentran los hechos fortuitos, de carácter aleatorio y, por el otro lado, se encuentran los fallos que hacen que la empresa no pueda alcanzar su objetivo, es decir la ineficiencia. La frontera estocástica está determinada por la estructura de la tecnología de la producción, que es la parte determinística, y por la parte estocástica conformada por los factores aleatorios externos.

Un enfoque para determinar la eficiencia es la función de distancia. Esta permite describir tecnologías que utilizan múltiples inputs para producir varios outputs sin tener que suponer un determinado comportamiento optimizador (maximización de la ganancia o minimización de los costes). Entre sus ventajas destacan su adaptación a los procesos multiproductivos y la no presunción de comportamiento económico sobre los agentes.

La función de distancia puede estar orientada a los outputs, a los inputs o a los dos (hiperbólica). En la primera, la homogeneidad se impone a los outputs; en la segunda se impone a los inputs.

La FD orientada a los inputs, implica la adopción de un enfoque en donde se mejora la eficiencia al reducir el consumo de los inputs, para un determinado nivel de outputs exógenos. Esta situación justifica su aplicación a la industria de agua, por la naturaleza de la producción y la regulación de la que es objeto el servicio.

La productividad total de los factores es el resultado de dividir un índice de productos entre un índice de insumos. Las medidas de cambio en la productividad total de los factores se pueden dividir en cambio en la eficiente técnica, cambio tecnológico y cambio en la eficiencia de escala.

La evaluación de la eficacia permite comparar las empresas en el cumplimiento de sus objetivos. En la medida de que las empresas logren incrementar su eficacia, podrán cumplir con la comunidad y a largo plazo con los propietarios de las organizaciones. En las empresas públicas, esta evaluación es importante, ya que se mide si las empresas están cumpliendo con las metas y objetivos para las que fueron creadas.

Capítulo VI

Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

6.1 Introducción

Los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales pueden ser prestados a través de diferentes formas organizacionales: sector público o privado, empresas, corporaciones, organizaciones no gubernamentales o cooperativas. A su vez, el sector público puede proveerlo por sí mismo o a través de instituciones o empresas creadas para tal fin. En la mayoría de los países la prestación de este servicio es responsabilidad de los entes locales.

Con independencia del tipo de organización asumida para prestar el servicio, la empresa prestataria debe actuar de manera eficiente. Medir la eficiencia es importante para los propietarios de las empresas, ya que se garantiza el retorno del capital; para los consumidores, pues permite mejorar el precio y la calidad del producto; para el gobierno, porque ayuda al establecimiento de políticas; y para los entes reguladores, pues facilita la fijación de parámetros de referencia para la determinación de precios y estándares de calidad del servicio.

Estache y Kouassi (2002) afirman que la medición de la eficiencia en el sector de agua se complica por la propia naturaleza del proceso de producción. Generalmente, la tecnología de producción se representa a través de una función de muchas variables, gran cantidad de ellas exógenas al sector: ingresos del hogar, precios de los productos químicos, decisiones dentro del hogar, entre otros. Al mismo tiempo características como el número de clientes, el tamaño del área de servicio o la longitud de la red, junto a las variables anteriores, pueden influir en la estructura de costes de la industria. Algunas de estas variables, tales como el número de clientes y el tamaño del área de servicio permiten distinguir entre economías de densidad de outputs, densidad de clientes y tamaño (Filippini et al., 2008).

En relación al servicio de recolección de aguas residuales, Downing (citado por Knapp, 1978) comenta que la topografía, el clima y las consideraciones del suelo tienen efectos directos (a través de los métodos de tratamiento y eliminación de residuos) e indirectos (a través de su influencia sobre volumen, tipo y

cronograma de los flujos a las obras de alcantarillado). Igual apreciación tienen Coelli y Walding (2005) sobre los efectos directos.

Por otra parte, la industria de agua está obligada a prestar un servicio de calidad. Las normas que regulan la calidad del servicio son diferentes en cada país. El cumplimiento de la norma de cloro residual, la continuidad del servicio que se presta y el porcentaje de agua residual que recibe tratamiento químico, son algunos indicadores de calidad (Corton, 2003).

El objetivo principal de los primeros estudios económicos en la industria de agua se centró en analizar aspectos como resultados de procesos de fusión empresarial, estructura de costes y evaluación de economías de escala y de alcance.

El trabajo de Ford y Warford (1969), pionero en la industria de agua, demostró que en los procesos de fusión en la industria de agua de Inglaterra y Gales no siempre se obtuvieron los mejores resultados, y que los resultados dependían de cada caso en particular y de las variables empleadas. Una gran cantidad de trabajos han analizado la eficiencia en la industria de agua en este país.

Posteriormente y con la finalidad de evaluar la eficiencia de las empresas prestatarias del servicio, se incorporaron nuevas técnicas y enfoques, que ya habían sido aplicados en otros sectores, como los modelos econométricos y las fronteras, tanto paramétricas como no paramétricas. Con el tiempo, el objetivo de las investigaciones se fue ampliando para determinar la incidencia de ciertos aspectos en la ineficiencia como el tipo de propiedad, la forma de organización empresarial, factores tecnológicos y ambientales, entre otros.

Algunos de estos estudios han sido utilizados por organismos reguladores para establecer controles y fijar metas a las empresas que prestan el servicio. Otros han sido usados por las entidades gubernamentales para establecer políticas de desarrollo o ambientales. Por su parte, las empresas han utilizado los resultados para mejorar la prestación del servicio.

El objetivo de fomentar la competencia se ha utilizado de manera efectiva en el Reino Unido (Crampes y Estache, 1996), donde el regulador calcula factores X diferenciales de los diferentes participantes de la industria y difunde las comparaciones. Para la determinación de los precios emplean la ecuación

$RPI+K$ ³⁴, que es una variante del antiguo *pricecap*, *RPI-X*. Esta regulación de precios busca alentar el aumento de eficiencia y proveer fondos para las inversiones de capital que permitan mantener un buen servicio, al mismo tiempo que estas mejoras se trasladan a los usuarios en forma de precios más bajos.

En el modelo empleado en Holanda, las empresas operadoras del servicio de agua están obligadas a mostrar sus resultados operativos. Con ello se busca incentivar a las que tienen peores resultados a mejorarlos. La medida holandesa de “*sunshine regulation*” no se emplea para la fijación de precios, más bien lo que se busca es que sean las propias empresas, al sentirse evaluadas por la comunidad, las que tiendan a reducir los costes y, por ende, a conseguir una reducción en el precio del servicio.

Un concepto que parece ser aceptado por una amplia gama de expertos en lo referente a la regulación en el sector de agua, es la eficiencia técnica. Ésta mide la capacidad del operador para producir el mayor volumen posible de outputs con el nivel mínimo de inputs. Por su parte, la eficiencia de costes añade la preocupación de que el operador también se base en la combinación de inputs que minimiza los costes de producción de la industria. Los conceptos mencionados pueden medirse observando la evolución de una empresa a lo largo del tiempo o, por el contrario, en relación con el rendimiento alcanzado por los operadores similares.

En los últimos años se ha incrementado el interés por analizar este sector. Así, los estudios realizados durante la primera década de este siglo triplican los realizados en el siglo pasado. Una de las principales razones que justifican esta expansión es la necesidad de mejorar el conocimiento del sector con fines regulatorios, aunque también puede haber influido la mayor disponibilidad de datos.

En el presente capítulo se describen las metodologías empleadas en los estudios sobre eficiencia en la industria de agua. Esto permitirá formular una guía que facilite futuras investigaciones y ayude a identificar las herramientas con que se cuenta. No se pretende hacer un análisis exhaustivo de las diferentes metodologías que se han aplicado a la industria de agua. Más bien, se pretende formar las bases para caracterizar los estudios de eficiencia en esta industria.

³⁴ K es igual a $(Q-X)$. X representa el porcentaje en que cada empresa tiene que reducir los costes, mientras que Q refleja el porcentaje en que deben incrementarse los gastos para alcanzar los niveles de calidad de agua que han sido fijados por la Unión Europea.

Para cumplir el objetivo planteado se revisaron 89 trabajos. En la Tabla 24 se presenta la distribución de las investigaciones por país y continente. Los países en los que más se ha estudiado este sector son Inglaterra (con un poco más de la cuarta parte de los trabajos revisados) y Estados Unidos. En ese mismo orden se ubican Europa y América del Norte, seguidos muy de cerca por América Latina. Un poco más de la mitad de los trabajos revisados se han dedicado al estudio de la eficiencia de las empresas que prestan solo el servicio de suministro de agua. El servicio de alcantarillado como una sola actividad ha sido poco investigado. Esta última situación puede deberse a la escasa disponibilidad de datos en esta industria.

Este capítulo se estructura de la siguiente manera: en primer lugar se describen los enfoques metodológicos utilizados en las investigaciones. En el punto 6.3 se detallan los objetivos. Los epígrafes siguientes están dedicados al análisis de la descripción de las variables que se han empleado para caracterizar al sector: productos, factores productivos y otras variables. En el apartado 6.7 se muestran los resultados obtenidos y, finalmente, se presentan las conclusiones.

6.2 Enfoques metodológicos

Diferentes metodologías se han aplicado al estudio de la eficiencia en la industria del agua. Siguiendo a Filippini et al. (2008), los trabajos se pueden dividir fundamentalmente en dos grupos: los que estiman funciones de producción o de costes y calculan economías de densidad de outputs, densidad de clientes y/o economías de escala; y los que estiman funciones fronteras, de producción o de coste, y computan la eficiencia en la producción o en los costes.

La metodología de fronteras cada vez se empleada más. Al final del siglo pasado, Bhattacharyya et al. (1995b) comentaba que su uso se debía a que la noción de una frontera es coherente con la teoría económica subyacente de la conducta de optimización, y a que la desviación de una frontera tiene una interpretación natural como una medida de eficiencia. Por otra parte, la información sobre la eficiencia relativa de las unidades económicas posee mucha relevancia a la hora de establecer políticas públicas, por lo que las implicaciones de política económica también han jugado un papel dinamizador en estas investigaciones.

Tabla 24. Distribución de los trabajos revisados por países y área de servicio.

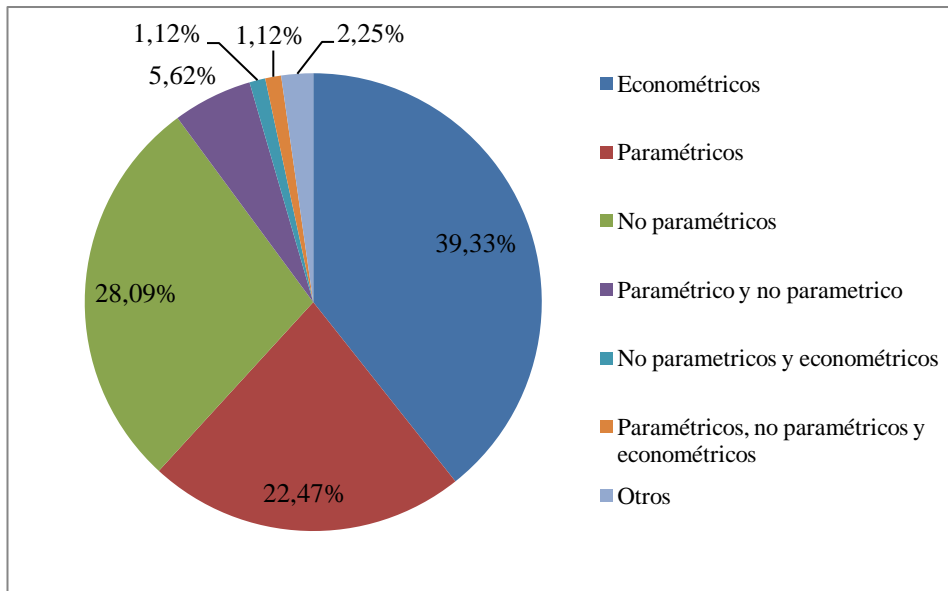
Continente	País	Nº de Trabajos	A	AyAl	Al	AR	Total continente
África	Varios países	2		1			3
	Uganda	1	1				
América Latina	Argentina	1		1			19
	Brasil	4	1	3			
	Colombia	1		1			
	México	1		1			
	Perú	5	5				
	Venezuela	1		1			
	Varios países	6	2	4			
América del Norte	Canadá	2	1	1			21
	Estados Unidos	19	15	1	3		
Asia	Japón	1	1				3
	Corea	1	1				
	Pacífico Asiático	1	1				
Europa	Eslovenia	2	2				37
	España	5	3	2	1		
	Francia	1	1				
	Holanda	1	1				
	Italia	4	2	2			
	Portugal	2	1	1			
	Reino Unido	20	6	12	2		
	Suecia	1	1				
Varios países	1	1					
Oceanía	Australia	3	2	1			3
Intercontinentales	Varios países	3	1	2			3
Total trabajos revisados		89	49	34	3	3	89

A: Empresa Agua; Al: Alcantarillado; AyAl: Agua y Alcantarillado; AR: Agua rural

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 25 se muestra la distribución porcentual, de los 89 trabajos de investigación sobre eficiencia en la industria de agua, por metodologías aplicadas. En ella, se aprecia que el método más empleado es el de modelos econométricos, seguido de los enfoques no paramétricos, fundamentalmente el DEA, y de los paramétricos. Otras técnicas aplicadas fueron el análisis financiero y estadístico: Sawkins (1996) y Houtsma (2003), respectivamente. La comparación entre los enfoques paramétrico y no paramétrico se efectuó en 5 trabajos, mientras que solo uno aplicó el modelo econométrico y los enfoques de frontera paramétrica y no paramétrica.

Figura 25. Distribución porcentual de los trabajos revisados por modelo



Los precursores, Ford y Warford (1969), emplearon un modelo econométrico para la determinación de una función de costes de empresas en Inglaterra y Gales, utilizando diferentes formas funcionales. Por su parte, Fox y Hofler (1985) fueron los primeros que utilizaron el enfoque paramétrico para determinar una frontera de producción. Más adelante se aplicó el DEA a través del trabajo presentado por Byrnes et al. (1986). Estos dos últimos trabajos calcularon la eficiencia de empresas de los Estados Unidos de América.

A partir de este momento, el estudio de la eficiencia se generaliza y surge una variedad de trabajos que aplican diferentes metodologías: funciones econométricas y enfoques paramétrico y no paramétrico. Los principales aspectos de estos trabajos se resumen en la Tabla 25, en la Tabla 26 y en la Tabla 27.

La frontera estocástica de producción ha sido empleada en 8 trabajos. En la mayoría de ellos, se ha evaluado la eficiencia técnica, mientras que Estache y Kouassi (2002) en su trabajo sobre países de África determinan la elasticidad de escala. La frontera estocástica de costes ha sido aplicada en 20 trabajos que estimaron ineficiencia técnica, asignativa y de costes. Romero y Ferro (2009) para su trabajo sobre los países de América Latina, emplearon los dos tipos de fronteras. Algunos autores además de hallar la frontera estocástica, calcularon la productividad total de los factores, lo que les permitió determinar el cambio tecnológico.

Dentro de las técnicas empleadas para estimar las fronteras paramétricas se encuentran, máxima verosimilitud, mínimos cuadrados generalizados, intragrupos, seemingly unrelated regressions estimation, iteratively emingly unrelated regressions, efectos fijos, variables instrumentales, mínimos cuadrados ordinarios corregido y métodos de momentos generalizados. Algunos autores emplearon varias técnicas, como es el caso de Estache y Kouassi (2002), Estache y Rossi (2002) y Filippini et al. (2008). Por otra parte, se constata que la forma funcional más adoptada en los trabajos es la translogarítmica.

La función de distancia ha sido aplicada en esta industria muy recientemente por Saal et al. (2007) y Berg y Lin (2008). La productividad total de los factores (PTF) ha sido determinada por Bosworth y Stoneman (1998), Ashton (2000a, 2000b), Saal y Parker (2001), Estache y Trujillo (2003), Corton y Berg (2009) y Filippini et al. (2010).

La mayoría de los trabajos que emplearon metodologías no paramétricas utilizaron el DEA, fundamentalmente los modelos sugeridos por Banker et al. (1984) y Charnes et al. (1978). La eficiencia se ha evaluado tanto con orientación a los inputs como a los outputs. Algunos autores combinaron esta metodología con otras, para determinar los factores que inciden en la ineficiencia. El índice de Tobits es empleado por Anwandter y Ozuna (2002), Renzetti y Dupont (2008), De Witte y Marques (2010) y Byrnes et al. (2010). Otros autores como Shih et al. (2004) y Seroa da Motta y Moreira (2006) han utilizado regresión lineal; los primeros para la industria de agua de Estados Unidos y los segundos para la industria de Brasil. El índice de Malmquist es utilizado por Woodbury y Dollery (2004) en su estudio sobre las empresas de

Australia, mientras que Erbetta y Cave (2007) emplean también una frontera estocástica para analizar los factores que inciden en la ineficiencia en la industria de agua en Inglaterra y Gales.

La mayoría de estos trabajos determinaron la eficiencia técnica unos bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, mientras que otros asumen rendimientos variables a escala. Byrnes et al. (2010) determinaron la eficiencia técnica global, pura y de escala para la industria de agua en Australia.

Woodbury y Dollery (2004) y De Witte y Saal (2010) emplearon el DEA y determinaron el cambio tecnológico. Los primeros autores realizaron su trabajo sobre la industria de agua de Australia y los segundos autores en Holanda.

Como se comentó al inicio de este apartado, proporcionalmente son más los trabajos que aplicaron modelos econométricos en la industria de agua. Estos determinaron funciones de coste, de producción y de costes hedónicos. Bhattacharyya et al. (1995a), a través de precios sombra, estudiaron la industria de agua rural de Estados Unidos y Ashton (2003) utilizó el análisis de regresión en su trabajo sobre la industria de agua de Inglaterra y Gales.

Al igual que en los estudios de frontera estocástica, la función translogarítmica es la que más se utiliza en los trabajos econométricos. Ford y Warford (1969) emplean las funciones cuadrática, semi-logarítmica y exponencial; Martin et al. (2006) utiliza una función cúbica; Torres y Morrison (2006) asumen una función cuadrática; y Revollo y Londoño (2008) emplean las funciones Cobb-Douglas, translogarítmica y cuadrática.

Diferentes bases de datos que se han empleado para la elaboración de las investigaciones (véase Anexo IV). Las bases de datos más utilizadas son OFWAT (Office of Water Services) y American Water Works Association, como era de esperar, pues los países donde más se ha estudiado la eficiencia en la industria de agua son Reino Unido y USA.

Las bases de datos de la International Benchmarking Network (IBNET) y de la Asociación de Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas (ADERASA), que agrupan varios países, han sido poco utilizadas. Por otra parte, sólo 11 autores han construido su propia base de datos, bien sea a través de cuestionarios o revisando trabajos originales; éstos son Teeple y Glycer (1987), Bhattacharyya et al. (1995a, 1995c), Sawkins (1996), Estache y Kouassi (2002), Estache y Trujillo (2003), Fraquelli y Moiso (2005), García-Valinas y Muniz (2007), Bel et al. (2010) y Abrate et al. (2011).

Tabla 25. Medidas de eficiencia en la industria de agua: enfoque paramétrico

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Fox y Hofler (1985)	Ar	Corte transversal 1981 EEUU 156 (Pu) 20(Pr)	FEP	Lineal logarítmico	$Y_3(Y_1, X_1, X_2, Z_1, D_4)$	ML	Ineficiencia técnica: (0,23; 0,25) Ineficiencia asignativa (0,39; 0,46)
Bhattacharyya et al. (1995b)	A	Corte transversal 1992 EEUU 190 (Pu) 31(Pr)	FEC	Translogarítmica	$CV(Y_2, W_1, W_3, W_4, X_2, Z_1, Z_5, 2D_3)$ $Ef(Z_6, Z_{11}, 2D_2, D_7)$	ITSUR	Media de ineficiencia de coste (*) (0,09; 0,19)
Bhattacharyya et al. (1995c)	Ar	Corte transversal 1992 EEUU 24 (Pu) 2(Pr)	FEP	Translogarítmica	$Y_2(W_1, W_3, W_4, X_8, Z_1, Z_2, Z_{11})$ $Ef(Z_4, Z_5, Z_6, D_1, 2D_3, D_7)$	ML	Media de eficiencia técnica (*) (0,86; 0,88)
Ashton (2000a)	AyAl	Panel de datos 1989-1997 Inglaterra y Gales 10 (E)	FEC PTF	Translogarítmica	$CO(Y_6, W_1, W_5, W_7)$	SURE	Media de eficiencia: 0,84
Ashton (2000b)	AyAl	Panel de datos 1989-1997 Inglaterra y Gales 10 (E)	FEC PTF	Translogarítmica	$CT(Y_6, W_1, W_2, W_7, D_5, T)$	SURE	Economía de escala: 0,68 Cambio tecnológico: -0,05
Estache y Kouassi (2002)	AyAl	Panel de datos 1995-1997 África 21 (E)	FEP	Lineal	$Y_3(X_1, X_2, X_3, X_4, Z_4, 2Z_{11}, T)$ $Ef(D_2, 2D_7)$	IG, MCG, VI, GMM	Elasticidad de escala (*) (0,30; 1,09)

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Estache y Rossi (2002)	A	Corte transversal 1995 Pacífico Asiático 28 (P) 22 (Pr)	FEC	Cobb Douglas	CO ($Y_3, Y_6, Y_7, W_1, Z_1, Z_2, Z_4, Z_{10}, D_2, D_6, D_7$) Ef ($2D_2, D_7$)	ML, MCO y MCC	Media de eficiencia (*) (1,39; 1,44)
Botasso y Conti (2003)	AyAl	Panel de datos 1995-2001 Inglaterra y Gales 10 (A) 12(Al)	FEC	Translogarítmica	CO ($Y_1, W_1, X_2, Z_1, Z_6, T$) Ef ($2Z_1, 2Z_2, Z_8, T$)		Media de ineficiencia de coste por año (*) (1,05; 1,16)
Corton (2003)	A	Corte transversal 1999 Perú 41 (E)	FEC	Lineal logarítmica	C ($Y_3, W_7, X_2, Z_{10}, 2D_4$)	MCO	
Aubert y Reynaud (2005)	A	Panel de datos 1998- 2000 EEUU 211 (E)	FEP	Translogarítmica	CV($Y_2, Y_7, W_1, W_3, X_2, Z_8, 2D_3, T$) Ef ($2D_7, T$)	ML	Media de eficiencia (*) (1,097; 1,199)
Fraquelli y Moiso (2005)	AyAl	Panel de datos Proyección 20 a 30 años Italia 18 (R)	FEC	Translogarítmica	CT($Y_1, W_1, W_3, Z_2, Z_6, D_6, T$) Ef (Z_2)	ML	Evolución de la ineficiencia (%) 1ºaño 28 Último año: (21; 32)
Lin (2005)	A	Panel de datos 1996-2001 Perú 36 (E)	FEC	Cobb Douglas	CT($Y_2, Y_7, W_1, W_2, [Z_2, Z_5, 2Z_{10}, T]$) Ef [$Z_2, Z_4, Z_5, 2Z_{10}$]	ML	Índice de eficiencia (*) (-0,57; 0,37)
Romero y Ferro (2006)	AyAl	Panel de datos 2003-2005 América Latina 14 (P)	FEC	Cobb Douglas	CO (Y_7, W_1, W_7) [$Z_1, Z_3, Z_5, 2Z_{10}, Z_{11}$]	MCC y ML	Media de eficiencia (*) (0,30; 0,78)

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Kirkpatrick et al. (2006)	A	Corte transversal 2002 África 13 (P) 14 (E)	FEC	Cobb Douglas	CO ($Y_1, W_1, W_4, Z_1, Z_2, 4Z_{11}$) Ef (D_2)	MCO ML	
Da Silva e Souza et al. (2007)	A	Corte transversal 2002 Brasil 149 (Pu) 15 (Pr)	FEC	Función cuadrática	C (Y_3, W_1, X_2) Ef (Z_1, Z_2, D_2, D_4)	ML	Media de ineficiencia (1,32; 1,45)
Mugisha (2007)	A	Panel de datos 1996-2004 Uganda 14 (E)	FEP	Translogarítmica	$Y_2(X_1, 2X_2, X_6, T)$ Ef (Z_2, D_7)	ML	
Saal et al. (2007)	AyAl	Panel de datos 1985-2000 Inglaterra y Gales 10 AyAl	FEP FD ₀₁	Translogarítmica	D ($Y_1, Y_4, 2Y_8, X_1, X_2, X_7, Z_1, Z_4, Z_7, Z_{11}, T$)	ML	Media de la eficiencia técnica (0,93; 0,97)
Berg y Lin (2008)	A	Panel de datos 1996-1998 Perú 41 (E)	FD ₀₁	Logaritmo lineal	D ($Y_2, Y_7, 2Y_9, X_1, X_7, X_8, T$)	ML	Eficiencia (0,79; 0,98)
Filippini et al. (2008)	A	Panel de datos 1997-2003 Eslovenia 48 (Pu) 4 (Pr)	FEC	Translogarítmica	CT/ $W_2(Y_1, W_1, W_4, Z_2, Z_3, D_1, 2D_3, D_6, T)$	ML, MCG y EFV	Media de ineficiencia (*) (1,19; 1,66)
Sabbioni (2008)	AyAl	Panel de datos 2000-2004 Brasil 2000: 180 (O) 2004: 340 (O)	FEC	Lineal	CO ($[Y_2, Y_6], W_1, Z_6, 3Z_{10}, D_1$) Ef (D_2, D_4)	MCO	

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Corton y Berg (2009)	A	Panel de datos 2002-2005 América Latina 6 (P)	FEC	Exponencial	CV (Y_2, W_1, W_3, Z_{11})		
Romero y Ferro (2009)	AyAl	Corte transversal Panel de datos 2003-2008 América Latina 19 (P)	FEC FEP	Cobb Douglas Translogarítmica	CO($[Y_1, Y_7, Y_8], W_1, W_5, [Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_7, 2Z_{11}, 3D_7]$) $[Y_1, Y_7, Y_8](X_1, X_2)$ $[Z_1, 2Z_2, Z_4, Z_5, Z_7, Z_{11}, 3D_7]$	MCO ML	Media de eficiencia De coste (*) (0,24; 0,26) De producción (*) (0,53; 0,72)1
Filippini et al. (2010)	A	Panel de datos 1997-2003 Eslovenia 52 (E)	FEC PTF	Translogarítmica	CT ($Y_1, Y_7, Y_9, W_1, W_2, W_4, Z_1, T$)	ML	Cambio total de la muestra: Eficiencia de costes: 0,04 Tecnológico: 0,92 Eficiencia de escala: 0,17 PTF: 0,37
Söderberg (2011)	AyAl	Corte transversal 2006 Suecia 148 (E)	FEC	Translogarítmica	CV ($Y_1, W_1, W_3, X_2, 2Z_3, Z_8, Z_{11}$) Ef ($Z_5, D_1, D_2, 2D_7$)	ML	Media de eficiencia (*) (0,82; 0,84)
Abrate et al. (2011)	AyAl	Panel de datos Proyección 20 a 30 años Italia 46 (R)	FEC	Translogarítmica	CT ($Y_1, Y_8, W_1, W_2, W_5, D_2, 4D_4, T$)	MCG ML	Media de eficiencia costes: (*) (0,67; 0,95)

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)	Medida de eficiencia (6)
Ferro et al. (2011)	AyAl	Panel de datos 2003-2008 América Latina 14 (P)	FEP	Cobb Douglas Translogarítmica	$Y_1 (X_1, X_2, Z_2, Z_3, Z_5, D_4, D_7)$	ML	Media de eficiencia (*) (0,42 y 0,480)
Ferro y Romero (2011)	AyAl	Panel de datos 2003-2005 América Latina 14 (P)	FEC	Cobb Douglas	$CO (Y_7, W_1, W_5) [Z_1, Z_5]$	ML	Media total (0,68; 0,78)
Corton (2011)	A	Panel de datos 1996-2005 Perú 49 (E)	FEC	Translogarítmica	$CT (Y_3, Y_9, W_1, W_2, D_7)$ $Ef (3D_4, 2D_7)$	ML	Media de reducción de costes (*) (11,5 ; 16,08)

(1) Entre paréntesis el tipo de actividad: A: Agua potable; AyAl: Agua y alcantarillado; Al: Alcantarillado; Ar: Agua rural

(2) Entre paréntesis el tipo de empresas: E: Empresas; Pu: empresa pública; P: Países; R: Regiones, Pr: Empresas privada; A: Empresa agua; Al: Alcantarillado; AyAl: Agua y alcantarillado,

(3) FEP: Frontera estocástica de producción; FEC: Frontera estocástica de coste; FD_{0i} : Función de distancia orientada a los inputs

(4) CT: Coste Total; CV: Coste variable; CO: Costes operativos; C: Costes; D: Distancia; []: Diferentes modelos, alternando y/o combinando las variables del corchete; Ef: Eficiencia; Y_1 : Agua suministrada; Y_2 : Agua facturada o vendida; Y_3 : Producción de agua; Y_4 : Volumen de aguas residuales; Y_6 : Número de conexiones de agua y/o aguas residuales; Y_7 : Número de clientes agua y/o aguas residuales; Y_8 : Población servida con agua y/o aguas residuales; Y_9 Varios; X_1 : Factor trabajo; X_2 : Factor capital; X_3 : Energía; X_4 : Materiales y suministros (químicos); X_6 : Agua (comprada, propia, suministrada, etc.); X_7 : Gastos operativos; X_8 : Factores varios; W_1 : Precio del trabajo; W_2 : Precio del capital, W_3 : Precio de la energía; W_4 : Precio de los materiales; W_5 : Precio de otros factores; W_7 : Precios varios; Z_1 : Agua (comprada, subterránea, rio, propia, etc.); Z_2 : Densidad; Z_3 : Clientes (residenciales o no, medidos); Z_4 : Conexiones; Z_5 : Pérdida de agua; Z_6 : Longitud de la red; Z_7 : Alcantarillado; Z_8 : Almacenamiento, bombeo, red; Z_{10} : Calidad, hogares y zonas; Z_{11} : Varios; D_1 : Alcantarillado; D_2 : Propiedad; D_3 : Agua; D_4 : Densidad y ubicación; D_5 : Tiempo; D_6 : Pérdida y calidad; D_7 : Varios. T: Tiempo

(5) MCO: Mínimos cuadrados ordinarios; ML: Máxima verosimilitud; MCG: Mínimos cuadrados generalizados; IG: Intragrupos; SURE: Seemingly unrelated regressions estimation; ITSUR: Iteratively emingly unrelated regressions; EFV: efectos fijos verdaderos, VI: Variable instrumental; MCC: Mínimo cuadrado ordinario corregido; GMM: Métodos de momentos generalizado

(6) (*) Resultados son variados dependiendo del modelo; () : Entre paréntesis (mínimo; máximo).

Tabla 26. Medidas de eficiencia en la industria de agua: enfoque no paramétrico

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Variables (4)	Medidas de eficiencias (5)
Byrnes et al. (1986)	A	Corte transversal 1976 EEUU 68 (Pu) 59 (Pr)	DEA	$Y_1, 2X_1, 2X_2, 3X_6, Z_8$	PET: (0,92; 0,94) PEE: (0,96; 0,96)
Bosworth y Stoneman (1998)	AyAl	Panel de datos 1979-1995 Inglaterra y Gales 10 (E)	PTF	Y_9, W_1, W_4, W_7	Productividad Trabajo: (0,03) Materiales (-3,5; -0,1)
Cubbin y Tzanidakis (1998)	A	Corte transversal 1994-1995 Inglaterra y Gales 29 (E)	DEA	Y_1, Y_9, X_7, Z_1	RCE(0,64; 1) RVE(0,68; 1)
Thanassoulis (2000)	A	Corte transversal 1994 Inglaterra y Gales 32 (E)	DEA	Y_1, Y_6, Y_9, X_7	Eficiencia: (0,44; 1,24)
Saal y Parker (2001)	AyAl	Panel de datos 1985-1999 Inglaterra y Gales 10 (E)	PTF	$2Y_8, X_1, W_2, W_5, W_7, 3Z_{11}$	Índice PTF: (1%; 2,3%)
Anwandter y Ozuna (2002)	AyAl	Corte transversal 1995 México 110 (E)	DEA-BCC Tobit	$Y_1, 2Y_5, X_1, X_3, 2X_4, 3X_7$ $Ef (Z_2, Z_3, Z_5, D_4, 2D_7)$	ET: (0,3; 1)
Thanassoulis (2002)	Al	Panel de datos 1992-1993 Inglaterra y Gales 10 (E)	DEA	$4Y_9, X_7$	PE (*): (0,40; 0,88)

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Variables (4)	Medidas de eficiencias (5)
Estache y Trujillo (2003)	AyAl	Panel de datos 1992-2001 Argentina 4 (R)	PTF	Y_3, Y_4, W_1, W_2, W_3	Promedio anual PTF (*) (1,98; 4,3)
Shih et al. (2004)	A	Panel de datos 1995-2000 EEUU 1367 (E)	DEA-CCR Regresión lineal	$Y_3, W_1, W_2, W_3, W_4, 2W_7,$ $Ef (Y_3, 3Z_1, D_2)$	Elasticidad de la Eficiencia Técnica (*) (0,11; 0,13)
Tupper y Resende (2004)	AyAl	Panel de datos 1996-2000 Brasil 20 (E)	DEA-CCR	$Y_3, Y_5, 2Y_8, W_1, W_5, W_7$ $Ef (2Z_2, Z_5)$	PET: (0,66; 1)
Woodbury y Dollery (2004)	AyAl	Panel de datos 1997-2000 Australia 73 (E)	DEA PTF Índice de Malmquist	$Y_3, Y_5, 2Y_8, X_2, X_3, X_5, X_7$ $Ef (2Z_1, 2Z_2, Z_3, 2Z_9)$	Promedio Cambio en Eficiencia 0,98 Cambio Tecnológico 1,02 PTF 1,00
Coelli y Walding (2005)	A	Panel de datos Corte transversal 1995-2003 Australia 18 (E)	DEA	Y_1, Y_6, X_2, X_7	PET: 0,90 PEE: 0,90 ET-RCE 0,83
García-Sánchez (2006)	AyAl	Corte transversal 1999 España 24 (Ci)	DEA-CCR	$Y_1, Y_6, Y_9, X_1, 2X_2, 2Z_2, Z_9,$ $Z_{10}, 6Z_{11}$	PET RCE 0,87 PET RVE 0,95 PEE: 0,91
Romero y Ferro (2006)	AyAl	Panel de datos 2003-2005 América Latina 14 (P)	DEA	Y_7, X_7, Z_1, Z_4, Z_5	PE (*): RCE (0,26; 0,52) RVE: 0,32; 0,75)

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Variables (4)	Medidas de eficiencias (5)
Seroa da Motta y Moreira (2006)	AyAl	Panel de datos 1996-2002 Brasil 104 (E)	DEA Regresión lineal	$Y_1, Y_3, Y_4, 2Y_6, X_7$ Ef: $Z_{11}(2Z_{10}, 3Z_{11}, D_1, D_2, D_4)$	PTF Pr: (0,37; 0,51) Pub (0,29; 0,55)
Kirkpatrick et al. (2006)	A	Corte transversal 2002 África 13 (P) 14 (E)	DEA	$Y_1, Y_9, X_1, W_1, W_5, Z_1, Z_2,$ $4Z_{11}$	Empresas con eficiencia del 100% Pr: 32 Pub: 6
Erbetta y Cave (2007)	AyAl	Panel de datos 1992-2005 Inglaterra y Gales 10 (E)	DEA FE	$Y_1, Y_4, 2Y_6, W_1, W_2, W_7)$ Ef ($Z_1, 2Z_2, Z_5, Z_7, 2D_7, T$)	PET: (0,91;0,66) PEA: (0,81; 0,35)
García-Valinas y Muñiz (2007)	A	Serie temporal 1985-2000 España 3 (M)	DEA _{OI}	$Y_1, Y_8, Y_9, X_7, [Z_9]$	Promedio de la evolución de la eficiencia por país (*). (81,4; 94,4)
Berg y Lin (2008)	A	Panel de datos 1996-1998 Perú 41 (E)	DEA-CCR DEA-BCC DEA _{OI}	$Y_2, Y_7, Y_8, Y_9, X_2, 2X_7$	PET CCR: 0,95 BCC: 0,91 DEA-INPUT: 1,06
Lin y Berg (2008)	A	Panel de datos 1996-2001 Perú 38 (E)	DEA-CCR	Y_2, Y_7, X_1, X_2, X_7	Eficiencia: (0,56; 1)
Picazo-Tadeo et al. (2008)	AyAl	Corte transversal 2001 España 38 (E)	DEA-BCC ₀₀	$Y_1, Y_5, Y_8, X_1, 2X_2, X_7, Z_5$	ET BCC: 0,77
Renzetti y Dupont (2008)	A	Corte transversal 1996 Canadá 64 (E)	DEA _{OI} Tobits	$Y_1, X_1, X_2, X_4,$ Ef ($Z_2, Z_3, 3Z_9, Z_{11}, D_3$)	PET: (0,54; 0,82)

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Variables (4)	Medidas de eficiencias (5)
Escalona (2008)	AyAl	Panel de datos 2000-2005 Venezuela 15 (E)	DEA	Y_3, Y_7, X_1, X_2, X_6	PE: 0,83
Corton y Berg (2009)	A	Panel de datos 2002-2005 América Latina 6 (P)	DEA PTF	$Y_2, Y_6, X_1, X_2, Z_{11}$ $[Y_2, Y_6], X_1, X_3$	ET: (0,63;1)
Hernández-Sancho y Sala-Garrido (2009)	Al	Corte transversal 2004 España 338 (PI)	DEA	$Y_9, X_1, X_3, X_4, X_5, X_7$	Eficiencia: (0,1;1)
Romero y Ferro (2009)	AyAl	Panel de datos 2003-2008 América Latina 19 (P)	DEA _{OI} Costes Producción	$Y_1, Y_5, 2Y_7, 2Y_8, X_1, X_2 [Z_4, Z_{11}]$ $Y_1, Y_5, 2Y_7, 2Y_8, X_7 [Z_4, Z_{11}]$ $Y_1, Y_5, Y_7, 2Y_8, X_1, 2X_2, Z_3, Z_4$	PET: (*) RCE (0,31 ; 0,87) RVE (0,39; 0,95)
García et al. (2010)	A	Panel de datos 1997-2005 España 13 (UG)	DEA _{OI}	$Y_1, Y_6, 2Y_9, W_1, W_7, Z_1$	Promedio del rango Mann–Whitney(*): (44,75; 72,96)
De Witte y Marques (2010)	A	Corte transversal 2005 Países Bajos, Inglaterra y Gales, Australia, Portugal y Bélgica	DEA Tobits	Y_1, Y_6, X_1, X_2 $Ef (2Z_1, Z_3, Z_5, Z_{10}, 2Z_{11}, D_3, D_4, 3D_7)$	PET por país: (0,53; 0,91)
De Witte y Saal (2010)	A	Panel de datos 1992-2006 Holanda 19 (E)	DEA _{OI}	$2Y_2, W_1, W_2, W_5, Z_2$	Cambio tecnológico: 12,3 a 77,3 Cambio en eficiencia: -113,1 a 6.4

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Variables (4)	Medidas de eficiencias (5)
Byrnes et al. (2010)	A	Panel de datos 2000-2004 Australia 52 (E)	DEA _{OI} Tobits	Y ₁ , Y ₉ , X ₇ Ef (Z ₁ , 2Z ₂ , Z ₃ , 2Z ₁₁ , D ₂ , D ₇ , T)	Eficiencia técnica global: 0,46 Eficiencia técnica pura: 0,52 Eficiencia técnica escala: 0,90
Marques y De Witte (2011)	AyAl	2005 Portugal 66 (E)	FDH _{OI}	Y ₂ , 2Y ₇ , W ₁ , W ₂ , W ₇ , Z ₁₁	
Ferro y Romero (2011)	AyAl	Corte transversal Panel de datos 2003-2005 América Latina 14 (P)	DEA _{OI}	[Y ₇ , X ₇] Z ₁ , Z ₅	RCE (0,26; 0,37) RVE (0,32; 0,52)

(1)Entre paréntesis el tipo de actividad: A: Agua potable; AyAl: Aguay alcantarillado; Al: Alcantarillado.

(2)Entre paréntesis el tipo de unidad de estudio: E: Empresas; Pu: Empresa pública; Pr: Empresa privada; P: Países; R: Regiones, UG: Unidades de gestión; Pl: Plantas; M: Municipios; Ci: Ciudades

(3) DEA: Análisis envolvente de datos; OI: Orientado a los inputs; OO: Orientado a los outputs; BCC: Banker et al., 1984; CCR: Charnes et al., 1978; PTF: Productividad total de los factores; FDH: Free Disposal Hull; FE: Frontera estocástica.

(4) []: Diferentes modelos, alternando y/o combinando las variables del corchete; Ef: Eficiencia; Y₁: Agua suministrada; Y₂: Agua facturada o vendida; Y₃: Producción de agua; Y₄: Volumen de aguas residuales; Y₅: Volumen de agua residual tratada; Y₆: Número de conexiones de agua y/o aguas residuales; Y₇: Número de clientes agua y/o aguas residuales; Y₈: Población servida con agua y/o aguas residuales; Y₉ Varios; X₁: Factor trabajo; X₂: Factor capital; X₃: Energía; X₄: Materiales y suministros (químicos); X₅: Otros; X₆: Agua (comprada, propia, suministrada, cruda, etc.); X₇: Factores varios; W₁: Precio del trabajo; W₂: Precio del capital, W₃: Precio de la energía; W₄: Precio de los materiales; W₅: Precio de otros factores; W₇: Precios varios; Z₁: Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.); Z₂: Densidad; Z₃: Clientes (residenciales o no, medidos); Z₄: Conexiones; Z₅: Pérdida de agua; Z₇: Alcantarillado; Z₈: Almacenamiento, bombeo, red; Z₉: Características del ambiente; Z₁₀: Calidad, hogares y zonas; Z₁₁: Varios; D₁: Alcantarillado; D₂: Propiedad; D₃: Agua; D₄: Densidad y ubicación; D₇: Varios. T: Tiempo.

(5)ET: Eficiencia técnica; PE: Eficiencia promedio; PET: Eficiencia técnica promedio empresas públicas; PEA: Eficiencia asignativa promedio; PEE: Eficiencia de escala promedio; PTF: Productividad total de los factores; Pu: Empresas públicas; Pr: Empresas privadas. Am: Ambas empresas. (*) Resultados son variados dependiendo del modelo; RCE: Rendimiento constante a escala; RVE: Rendimiento variable a escala; (): Entre paréntesis (mínimo; máximo)

Tabla 27. Estimación econométrica de funciones de producción y coste en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)
Ford y Warford (1969)	A	Corte transversal 1965-1966 Inglaterra y Gales 67 (Au) 75 (JA) 20 (E)	FC	Cuadrática Semi-logarítmica Exponencial	CU (Y ₁ , X ₇ , 2Z ₂) CU (Y ₂ , X ₇ , 2Z ₂) CU (Y ₁ /Y ₂ , X ₇ , 2Z ₂)	Análisis multivariante
Crain y Zardkoohi (1978)	A	Corte transversal 1970 EEUU 88 (Pu) 24 (Pr)	FC	Logaritmo lineal	CO (Y ₃ , W ₁ , X ₂ , D ₂)	MCO
Knapp (1978)	Al	Corte transversal 1972-73 Inglaterra y Gales 172 (E)	FCM	Lineal	CO (Y ₄ , W ₇ , 5Z ₇ , 2Z ₁₁ , 4D ₁ , 4D ₆ , D ₇)	MCO
Clark y Stevie (1981)	A	Panel de datos 10 años EEUU 12 (E)	FC	Cobb-Douglas	CT (Y ₁ , X ₂ , Z ₂ , Z ₁₀ , Z ₁₁)	
Feigenbaum y Teeples (1983)	A	Corte transversal 1970 EEUU 57 (Pr) 262 (Pu)	FCH	Translogarítmica	CV (Y ₁ , W ₁ , W ₂ , W ₃ , Z ₁ , Z ₃ , Z ₄ , Z ₈ , Z ₁₀ , Z ₁₁)	ML
Hayes (1987)	A	Panel de datos 1960, 1970, 1976 EEUU 475 (E)	FCM	Cuadrática	C (2Y ₂)	MCO
Kim (1987)	A	Corte transversal 1973 EEUU 60 (E)	FCM	Translogarítmica	CT (2Y ₂ , W ₁ , W ₂ , W ₃ , Z ₈ , Z ₁₁)	SURE

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)
Teeples y Glycer (1987)	A	Corte transversal 1980 EEUU 119 (E)	FC	Translogarítmica	$C (Y_1, 4W_1, W_2, W_3, 2W_6, 3Z_4, Z_8, D_2, 4D_7)$	SURE
Raffiee et al. (1993)	A	Corte transversal 1989 EEUU 238 (Pu) 33 (Pr)	FC	Cobb-Douglas	$C (Y_3, W_1, W_2, W_3, W_4, D_2)$	MCO
Bhattacharyya et al. (1994)	A	Corte transversal 1992 EEUU 225 (Pu) 32 (Pr)	FC	Translogarítmica	$CV (Y_2, Y_9, W_1, X_2, W_3, W_4, Z_{11}, D_2)$	ML
Hunt y Lynk (1995)	AyAl	Panel de datos 1979-1988 Inglaterra y Gales 10 (E)	FCM	Logarítmica	$CV (Y_1, Y_4, W_1, D_4, T)$	MCO
Bhattacharyya et al. (1995a)	Ar	Corte transversal 1992 EEUU 24 (Pu) 2 (Pr)	Función de precios sombra	Translogarítmica	$CV (Y_2, W_1, W_3, Z_1, Z_2, 2Z_4, Z_{11}, D_1, D_2, D_7)$	SUR
Schmint y Boisvert (1997)	A	Serie de tiempo Corte transversal 1987-1992 EEUU 348 (E)	FCH	Translogarítmica	$C (Y_1, W_1, W_3, X_2, Z_2, 7D_7)$	MCO
Cubbin y Tzanidakis (1998)	A	Corte transversal 1994-1995 Inglaterra y Gales 29 (E)	FEC	Cobb Douglas	$Y_9 (X_2, X_6, Z_1)$	MCOC

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)
Kim y Lee (1998)	A	Corte transversal 1989-1994 Corea 42 (Cla)	FCM	Translogarítmica	C (Y ₁ , W ₁ , W ₂ , W ₄ , 2Z ₂)	SURE
Ashton (1999)	A	Panel de datos 1991-1996 Inglaterra y Gales 20 (E)	FC	Translogarítmica	CV (Y ₁ , W ₁ , X ₂ , W ₅ , Z ₂ , T)	MCG y SURE
Renzetti (1999)	AyAl	Corte transversal 1991 Canadá 77 (O)	FC	Translogarítmica	C (2Y ₁ , W ₁ , W ₂ , W ₃ , 2Z ₃ , Z ₁₁ , D ₁) C (Y ₅ , W ₁ , W ₂ , W ₃ , 2Z ₃ , Z ₉ , D ₇)	SURE
Fabrizi y Fraquelli (2000)	A	Corte transversal 1991 Italia 173 (E)	FCH	Translogarítmica	C (Y ₁ , W ₁ , W ₃ , W ₇ , 2Z ₁ , Z ₂ , Z ₃)	MCG
Saal y Parker (2000)	AyAl	Panel de datos 1985-1999 Inglaterra y Gales 10 (E)	Coste compartido	Translogarítmica	CT (2Y ₈ , 2Y ₉ , W ₁ , W ₂ , W ₅ , 2D ₅ , T)	SURE
Antonioli y Filippini (2001)	A	Panel de datos 1991-1995 Italia 32 (E)	FC	Cobb Douglas Log-Log	CV (Y ₁ , W ₁ , X ₂ , Z ₃ , Z ₅ , Z ₆ , D ₆ , T)	MCO y MCG
García y Thomas (2001)	A	Panel de datos 1995-1997 Francia 55 (E)	FCM	Translogarítmica	CV (Y ₂ , Y ₉ , W ₁ , W ₃ , W ₄ , 4X ₂ , Z ₃ , Z ₉)	MCG

Parte III: Eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)
Mizutani y Irakami (2001)	A	Corte transversal 1994 Japón 112 (E)	FC FCH	Logaritmo-lineal, Translogarítmica	CT ($Y_1, W_1, W_2, W_3, W_4, 3Z_1,$ Z_6, Z_{10})	SURE
Ashton (2003)	A	Panel de datos 1991-1996 Inglaterra y Gales 10 (E)	AR	Translogarítmica	CV ($Y_1, W_1, X_2, W_5, Z_2, T$)	MCG SURE
Saal y Parker (2004)	AyAl	Panel de datos 1985-1999 Inglaterra y Gales 10 (E)	FCM	Translogarítmica	CT ($Y_3, Y_4, W_1, W_2, W_5, 2D_5,$ T)	
Saal y Reid (2004)	AyAl	Panel de datos 1993-2003 Inglaterra y Gales 10 (E)	FC	Translogarítmica	CO ($Y_1, Y_5, W_1, 2X_2, W_5, 2Z_2,$ $Z_4, Z_7, Z_8, 2Z_{10}, 2D_5, T$)	SURE
Martin et al. (2006)	AyAl	Corte transversal 2002 Portugal 282 (E)	FCM	Cúbica	CT (Y_1, Y_4, Z_2, Z_6, D_2)	MCO
Torres y Morrison (2006)	AyAl	Corte transversal 1996 EEUU 225 (O)	FCM	Cuadrática	CV ($2Y_2, W_1, W_3, W_6, 2X_2, Z_1,$ Z_2, Z_3, Z_{11})	ML
García et al. (2007)	A	Panel de datos 1997-2000 EEUU 211(E)	FC	Translogarítmica	CV ($Y_2, W_1, W_3, 2W_4, W_6, 2X_2,$ Z_3, Z_5, Z_6) CV ($Y_1, W_1, W_3, 2W_4, W_6, 2X_2$) CV ($Y_1, Y_2, W_1, 2W_4, Z_3, Z_6$)	MCG, SURE
Nauges y van den Berg (2007)	AyAl	Panel de datos 1996-2004 Brasil 26, Vietnam 67,	FCM	Translogarítmica	CV ($Y_3, W_3, W_5, W_7, X_2, T$) [$2Z_1, Z_4, Z_{10}, 3Z_{11}$]	SURE

Capítulo VI: Evidencia empírica de la eficiencia en la industria de agua

Autor	Actividad (1)	Datos (2)	Modelo (3)	Forma funcional	Variables (4)	Método de estimación (5)
		Moldavia 31, Colombia 48				
Nauges y van den Berg (2008)	AyAl	Panel de datos 1996-2004 Brasil 26, Moldavia 38, Rumanía 23, Vietnam 47	FC	Translogarítmica	CV ($Y_3, Y_5, W_1, W_3, W_5, W_7, Z_4, Z_6, Z_{10}, 3Z_{11}$)	SURE
Revollo y Londoño (2008)	AyAl	Panel de datos 2003-2005 Colombia 77 (E)	FC	Cobb- Douglas Translogarítmica Cuadrática	CV ($[Y_2, Y_4], W_1, W_3, W_4, Z_2, Z_6, Z_{10}, T$)	SURE
Berg y Lin (2008)	A	Panel de datos 1996-1998 Perú 41 (E)	FC	Logaritmo Lineal	CO ($Y_3, X_2, Z_{11}, 2D_4$)	
Botasso y Conti (2009)	A	Panel de datos 1995-2005 Inglaterra 18 (E)	FC	Translogarítmica	CV ($Y_1, Y_6, Y_9, W_1, X_2, 2Z_1, 2Z_8, 2Z_{10}$)	SURE, y Panel de errores estándar corregidos
Ferro et al. (2010)	A	Corte transversal 2005 América Latina 14 (P)	FP	Cobb-Douglas	$[Y_3, Y_7, Y_8] (X_1, X_2)$ $[Z_2, Z_3, Z_5, Z_7, Z_{11}]$	SURE

(1) Entre paréntesis el tipo de Actividad: A: Agua; AyAl: Agua y alcantarillado; Al: Alcantarillado; Ar: Agua rural

(2) Entre paréntesis el tipo de unidad de estudio: E: Empresas; Pu: Empresa pública; Pr: Empresas privada; P: Países; R: Regiones, UG: Unidades de gestión; Pl: Plantas; M: Municipios; Ci: Ciudades, O: Observaciones. Au: Autoridades locales. JA: Juntas de agua. Cla: Corporaciones locales de agua

(3) FC: Función de coste. FP: Función de producción. FCM: Función multiproducto. FCH: Función de costes hedónicos. AR: Análisis de regresión

(4) CT: Coste total; CV: Coste variable; CO: Costes operativos; CU: Coste unitario; C:Cotos; []: Diferentes modelos, alternando y/o combinando las variables del corchete; Y_1 : Agua suministrada; Y_2 : Agua facturada o vendida; Y_3 : Producción de agua; Y_4 : Volumen de aguas residuales; Y_5 : Volumen de agua residual tratada; Y_6 : Número de conexiones de agua y/o aguas residuales; Y_7 : Número de clientes agua y/o aguas residuales; Y_8 : Población servida con agua y/o aguas residuales; Y_9 Varios; X_2 : Factor capital; X_6 : Agua (comprada, propia, suministrada, etc.); X_7 : Factores varios; W_1 : Precio del trabajo; W_2 : Precio del capital; W_3 : Precio de la energía; W_4 : Precio de los materiales; W_5 : Precio de otros factores; W_6 : precio del agua comprada; W_7 : Precios varios; Z_1 : Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.); Z_2 : Densidad; Z_3 : Clientes (residenciales o no, medidos); Z_4 : Conexiones; Z_5 : Pérdida de agua; Z_6 : Longitud de la red; Z_7 : Alcantarillado; Z_8 : Almacenamiento, bombeo, red; Z_9 : Características del ambiente; Z_{10} : Calidad, hogares y zonas; Z_{11} : Varios; D_1 : Alcantarillado; D_2 : Propiedad; D_4 : Densidad y ubicación; D_5 : Tiempo; D_6 : Pérdida y calidad; D_7 : Varios; T: Tiempo.

(5) MCO: Mínimos cuadrados ordinarios; ML: Máxima verosimilitud; MCG: Mínimos cuadrados generalizados; SURE: Seemingly unrelated regressions estimation

6.3 Objetivos de las investigaciones

Los objetivos propuestos en los trabajos revisados son variados y pueden agruparse de la manera siguiente: determinación de eficiencia técnica y económica; cálculo de economías de escala y de alcance; evaluación del tipo de propiedad; aspectos relacionados con el sistema de regulación, como precio y calidad del servicio, cuestiones medioambientales y evaluación de las reformas; comparación de metodologías; revisión de literatura; y otros objetivos variados.

La determinación de la eficiencia en las empresas de agua ha sido de interés para gran cantidad de investigadores. Comparar una empresa con sus similares y observar el ranking que ocupa en la industria, puede incentivar a las empresas a mejorar su situación. Fox y Hofler (1986) midieron la eficiencia de las empresas que prestan los servicios de agua rural de los Estados Unidos empleando un enfoque paramétrico, mientras que Bhattacharyya et al. (1995a) determinaron la eficiencia a través de un modelo econométrico para la industria del sector urbano.

Botasso y Conti (2003) se propusieron comparar las empresas grandes y pequeñas en Inglaterra y Gales aplicando una frontera estocástica y Thanassoulis (2002), usando el DEA, comparó 10 empresas de la misma región. Un modelo econométrico fue empleado por Ashton (2000b) y Botasso y Conti (2009), quienes se plantearon comparar la industria de agua de Inglaterra y Gales. El período temporal estudiado fue de 10 años en el primer trabajo y el comprendido entre 1995 y 2005 en el segundo.

En el continente europeo, Hernández-Sancho y Sala-Garrido (2009) se plantearon analizar la eficiencia en el proceso de tratamiento de aguas residuales de Valencia (España). Estos autores emplearon un enfoque no paramétrico. Söderberg (2011) midió la ineficiencia de costes de las empresas del sector de agua de Suecia con una función de coste estocástica.

En Latinoamérica algunos trabajos compararon las empresas de un mismo país y otros lo hicieron con países de la región. Tupper y Resende (2004) y Sabbioni (2008) analizaron la eficiencia de las empresas de agua de Brasil; el primero utilizó el DEA y el segundo análisis de frontera estocástica. Escalona (2008) empleó el DEA y se propuso analizar la eficiencia técnica global y económica de las empresas hidrológicas de Venezuela. Romero y Ferro (2006) y Ferro et al. (2011) compararon 14 países de Latinoamérica. En los primeros se emplearon el análisis de frontera estocástica y el DEA, mientras que en los segundos se determinó una función de producción estocástica.

Determinar la eficiencia en el servicio de agua municipal en New South Wales (Australia) fue el propósito de Woodbury y Dollery (2004). En este mismo país, Coelli y Walding (2005) determinan la eficiencia de las empresas de agua. Por su parte, De Witte y Marques (2007) compararon la eficiencia de las empresas de agua de 5 países (Países Bajos, Australia, Portugal, Bélgica e Inglaterra y Gales). Estos trabajos utilizaron un enfoque no paramétrico.

Estache y Trujillo (2003) comentan que la forma más sencilla de medir la eficiencia en la industria de agua es a través del indicador de la productividad total de factores (PTF). Este índice mide las variaciones entre la producción total con respecto al total de inputs. Esta metodología fue empleada por Ashton (2000a) quien se propuso comparar la industria de agua de Inglaterra y Gales. Usando esta metodología, Estache y Trujillo (2003) se plantearon evaluar la eficiencia alcanzada en una muestra de empresas de Argentina y Corton (2003) se propuso analizar a las empresas que prestaban el servicio de agua en Perú. Filippini et al. (2010) estimaron el crecimiento de la PTF del servicio de distribución de agua de Eslovenia y evaluaron los resultados del régimen de reglamentación con respecto a la promoción del crecimiento de la productividad. Otros autores determinaron el cambio en la PTF acompañada de otros objetivos, Saal y Parker (2001) y Saal et al. (2007).

Conocer el tamaño de la economía de escala en la industria de agua es importante. Si existen economías de escala y la demanda es creciente, puede resultar más rentable para las empresas añadir más capacidad de la que se espera emplear en un futuro inmediato. Además, si existen economías de escala en el dominio de la demanda del mercado, las grandes empresas en comparación con las pequeñas pueden producir a un coste promedio más bajo. Así pues, un equilibrio competitivo no sería sostenible, considerándose un argumento válido para el establecimiento de una gran empresa (o monopolio), a fin de que se puedan obtener los beneficios de estas economías (Kim, 1987).

Los sistemas de suministro de agua potable y de alcantarillado se caracterizan por presentar economías de densidad, debido a que los costes de construcción de un sistema de recogida y transmisión se ven afectados por la densidad de las viviendas, la distancia de los hogares o poblaciones, la topografía del terreno (que puede requerir estaciones de bombeo para una mayor presión), por el volumen esperado en la calidad de la red de alcantarillado (algunos productos químicos pueden dañar las redes, aunque sería un caso singular), y por el tipo de suelo en el que se establecen las alcantarillas. Las economías de escala en la construcción de sistemas de alcantarillado son sustanciales, mientras que los costes de operación y mantenimiento de éstas serán mucho menores que los

costes de construcción y, probablemente, requerirán de menos variables (Knapp, 1978).

Existen varias investigaciones que miden las economías de escala y de alcance en la industria de agua. Knapp (1978) se propuso estudiar la presencia de economías de alcance y de escala en las plantas de tratamiento de aguas residuales de Inglaterra y Gales, utilizando una función de costes. Hunt y Lynk (1995) buscaron evaluar el grado de las economías de alcance que existía en la industria de agua antes de la privatización en Inglaterra y Gales a través de una función de costes multiproducto. En este mismo país, Ashton (1999 y 2003) se propuso estimar las economías de escala y de utilización del capital. En el primer trabajo utilizó una función de costes y en el segundo un modelo de regresión.

Kim (1987) se fijó como propósito presentar nuevos datos sobre las economías de escala en el contexto multiproducto de las empresas de agua de los Estados Unidos empleando una función de costes. En este país, García et al. (2007) se plantearon estimar las economías de integración vertical en la industria utilizando una función de costes.

La finalidad de Fabbri y Fraquelli (2000) fue analizar las economías de escala en la industria de agua de Italia y se propusieron identificar la mejor forma funcional para analizar la tecnología de esta industria. Estos autores emplearon una función de costes hedónicos de tipo Cobb Douglas. García y Thomas (2001) se plantearon determinar las economías de alcance en la industria de Francia. El objetivo de Martin et al. (2006) fue determinar si el mercado de agua resulta un monopolio natural en Portugal. Estos dos últimos trabajos utilizaron una función de costes multiproducto. Marques y De Witte (2011) se proponen evaluar las economías de escala y de alcance de Portugal.

Revollo y Londoño (2008) estimaron las economías de escala y de alcance para los servicios de acueducto y alcantarillado de Colombia. Analizar la estructura de la industria del agua en Perú y determinar las economías de escala y las ineficiencias utilizando una frontera de costes estocástica fue el propósito de Corton (2011). Filippini et al. (2008) aplican un modelo paramétrico para estimar la ineficiencia de costes y las economías de escala de los servicios de distribución de agua de Eslovenia.

Nauges y van den Berg (2007 y 2008), a través de una función de costes multiproducto, se plantearon estimar medidas de economías de densidad y de escala en la industria de agua de varios países. En la primera investigación comparan la industria de Brasil, Moldavia, Vietnam y Colombia y en la segunda intercambia a Colombia por Rumania para su comparación.

En los estudios que se han realizado para determinar la eficiencia en la industria de agua ha ocupado un espacio importante la determinación del nivel de eficiencia de las empresas públicas o privadas. La literatura sobre la teoría de la agencia y los derechos de propiedad sugiere que la propiedad privada es más eficaz ya que favorece un aumento de la productividad y un descenso de los costes unitarios.

Los estudios que comparan los tipos de propiedad en la industria de agua se han realizado en varios países. La mayor parte de las investigaciones se han centrado en Estados Unidos, fundamentalmente de la mano de Bhattacharyya et al. (1994, 1995b, 1995c). En el primer trabajo los autores determinaron una función de costes y se propusieron evaluar el impacto de la privatización en los costes y en las economías de escala en esta industria. En el segundo aplicaron una frontera estocástica de coste. En el tercero examinaron las posibles diferencias en los niveles de eficiencia entre los tipos de propiedad existentes en las empresas de agua rural, aplicando una frontera estocástica de producción. En estos tres trabajos se adopta una función translogarítmica.

Byrnes et al. (1986), empleando un enfoque no paramétrico, plantean proporcionar evidencia adicional sobre el tipo de propiedad y la eficiencia en el mismo país. Crain y Zardkoohi (1978) y Feigenbaum y Teeple (1983) se propusieron demostrar la mayor eficiencia de las empresas de capital privado sobre las públicas. Los primeros autores aplican una función de costes translogarítmica y trabajan con datos de la industria del año 1970. Los segundos incorporan variables ambientales y aplican una función de costes hedónicos.

Evaluar las diferencias en el comportamiento de minimización de los costes en las empresas de servicios de agua públicos y privados de EEUU fue el propósito de Raffiee et al. (1993). Estos autores determinan una función de costes. Teeple y Glyer (1987) se propusieron evaluar la eficiencia de las empresas públicas y privadas del Sur de California (Estados Unidos), a través de una función de coste. Houtsma (2003) se plantea determinar el efecto del tamaño de la población en las economías de escala y demostrar la eficiencia del capital privado sobre el público en este mismo país. Este último autor emplea un análisis estadístico.

El objetivo de da Silva e Souza et al. (2007) fue proporcionar evidencia de que las empresas privadas son más eficientes que las empresas públicas en el servicio de agua de Brasil. Para ello emplearon una frontera de costes estocástica y datos de 2002. García et al. (2010) se propusieron analizar el desempeño de los servicios de agua públicos y privados en Andalucía (España).

Estache y Rossi (2002) aportaron evidencia sobre la eficiencia de los diferentes tipos de propiedad en la industria de agua de Asia y la región del Pacífico. Para ello emplearon un enfoque paramétrico y utilizaron datos de 29 países en el año 1995.

El sistema regulatorio de la industria de agua también ha sido analizado en diferentes investigaciones. Algunas de ellas estudian el sistema de fijación de precios, otras el impacto de las políticas medioambientales y de calidad del agua, mientras que otros evalúan la incidencia de las reformas normativas.

Tener acceso al agua es un derecho humano declarado por la Organización de las Naciones Unidas. El precio que se paga por los servicios de agua potable y de alcantarillado debe considerar esta situación. En algunos países, el precio de los servicios está subsidiado, mientras que en otros, es fijado tomando en cuenta diferentes aspectos como la cobertura de costes, la tasa de retorno, etc.

El objetivo de Renzetti (1999) fue estudiar la distribución de costes y evaluar las prácticas de fijación de precios en Ontario (Canadá). Para ello empleó una función de costes translogarítmica y datos de 1991 de 77 empresas de agua y alcantarillado. Thanassoulis (2000) se propuso describir el uso del DEA en la revisión de los precios de las empresas de agua de Inglaterra y Gales. Erbetta y Cave (2007) se propusieron, empleando el DEA, evaluar el impacto de los ajustes en los precios máximos establecidos por la Office of Water Services (OFWAT) y de otros factores operativos que influyen en la eficiencia de las empresas de Inglaterra y Gales. Thanassoulis (2002) evalúa la utilización del DEA por el órgano regulador de agua de Inglaterra y Gales.

La actividad que realizan las empresas que operan en la industria de agua tiene gran impacto en el medio ambiente. Una obtención excesiva del agua de sus fuentes originales puede agilizar su agotamiento, mientras que arrojar las aguas residuales sin el debido tratamiento, ocasiona daños en el medio ambiente. Por otra parte, el cumplimiento de las normativas ambientales genera mayores gastos a las empresas.

En este sentido, algunos trabajos han evaluado el impacto de las políticas ambientales en la industria de agua. Saal y Reid (2004) se propusieron evaluar la incidencia de la regulación económica y ambiental en el crecimiento de la productividad en la industria de agua de Inglaterra y Gales. Por su parte, Seroa da Motta y Moreira (2006) se plantearon demostrar que los objetivos sociales impuestos a los operadores de agua en Brasil, no constituyen un obstáculo para el desarrollo del sector, siempre que los operadores posean un rendimiento eficiente. La finalidad de Renzetti y Dupont (2008) fue examinar la importancia de los factores ambientales al evaluar la eficiencia técnica de las empresas de

agua de Ontario (Canadá). En el primero trabajo se aplicó un modelo econométrico y en los otros se utilizó una metodología no paramétrica.

El servicio de agua potable debe realizarse cumpliendo unas normas mínimas de calidad. El suministro de agua de escasa calidad puede traer consigo un incremento de enfermedades hídricas. Las aguas residuales también deben cumplir unos requerimientos mínimos para poder ser arrojadas a las fuentes naturales. En este sentido, los gobiernos elaboran normativas muy estrictas sobre la calidad de los servicios y del producto. Muchos de estos estándares normativos provienen de organismos internacionales que han estudiado estos factores.

Parte de la literatura económica de la industria de agua evalúa el impacto de estas políticas en la eficiencia y en los costes de la industria de agua. Knapp (1978) expresa que los estudios de los servicios públicos locales se han visto obligados a introducir variables que reflejen las condiciones del servicio, por ejemplo, la antigüedad del capital o factores ambientales como densidad de población, situación geográfica y otras condiciones (temperatura, altitud, promedio de lluvia, entre otros). El mencionado autor sugiere que estos factores se deben incluir siempre que los datos estén disponibles y su inclusión no constituya un error grave del modelo especificado.

Lin (2005) pone de relieve la importancia de considerar la calidad del servicio en los trabajos futuros de eficiencia en la industria de agua de Perú. Los objetivos de Lin y Berg (2008) fueron evaluar la incorporación de la calidad en los resultados de la industria de agua del mismo país y determinar los cambios en la eficiencia, la tecnología y la calidad del servicio. En el primer trabajo se determina una frontera de costes estocástica y en el segundo se emplea el DEA.

En España, Picazo-Tadeo et al. (2008) incorporan la calidad del servicio en la medición del rendimiento de los servicios públicos del agua. Estos autores emplean datos de las empresas de Andalucía y aplican una función de distancia no paramétrica orientada a los outputs.

Los gobiernos y entes reguladores en algún momento realizan cambios en las normas aplicadas al sector de agua. Estos tienen efectos en la eficiencia de las empresas y algunas investigaciones se han dirigido a estudiar el impacto de los cambios en el sistema regulatorio.

En este orden de ideas, Kim y Lee (1998) se plantearon analizar los efectos económicos de la integración espacial de los mercados urbanos de agua en Corea, para lo cual aplican una función de costes multiproducto. Mugisha (2007) se propuso evaluar la influencia de la política de orientación cliente/comercial

sobre la eficiencia técnica de las empresas que prestan el servicio de agua en Uganda.

El objetivo de Kirkpatrick et al. (2006) fue determinar los efectos de la privatización de los servicios de agua en economías en desarrollo. Estos autores analizan información de 14 empresas en 13 países africanos. Byrnes et al. (2010) se propusieron medir las consecuencias en la eficiencia de una serie de políticas en el sector urbano de agua en Australia. Anwandter y Ozuna (2002) se plantearon determinar si las reformas aplicadas a la industria de agua de México lograron mejorar la eficiencia de los servicios públicos de agua en ese país.

Bosworth y Stoneman (1998) exploran el alcance de las mejoras en las futuras ineficiencias en la industria de agua y de alcantarillado de Inglaterra y Gales. Sobre la industria de agua de esta región se centran las investigaciones realizadas por Saal y Parker (2000, 2001, 2004) y Saal et al. (2007). En la primera, se proponen analizar el impacto de la privatización y de la regulación en el desempeño económico de las empresas; para ello aplica un modelo econométrico. En la segunda investigación, con la misma base de datos, se pretende evaluar el éxito de la privatización y del sistema resultante de la regulación económica. La productividad total de los factores es calculada para analizar su variación en el tiempo. En el tercer trabajo, se plantean estudiar los efectos relativos a la privatización y la regulación en el crecimiento de la productividad. Un modelo econométrico es empleado utilizando una función de costes multiproducto. En la última investigación los autores se plantearon determinar el cambio tecnológico, el cambio en la eficiencia de escala y el crecimiento de la productividad total de los factores; para ello aplican una función de distancia orientada a los inputs y calculan el índice de productividad total de los factores.

Aubert y Reynaud (2005) se plantearon medir el impacto de la regulación sobre la eficiencia en Wisconsin (Estados Unidos); mientras que Torres y Morrison (2006) se propusieron desarrollar un modelo de estructura de costes para la industria de servicios públicos de agua estadounidense.

Analizar el efecto de las reformas del sector de agua en Italia fue la finalidad de Fraquelli y Moiso (2005). De Witte y Saal (2010) analizaron el desempeño de los servicios públicos de agua potable holandeses antes y después de la introducción del “sunshine regulation”. En el primero se determina una frontera de costes estocástica y en el segundo se emplea el DEA orientado a los inputs. García-Sánchez (2006) se propuso facilitar la selección subjetiva de variables en los modelos y estimar la influencia del entorno en la eficiencia de las empresas de agua de España; estos últimos autores emplean un enfoque no paramétrico.

Estache y Kouassi (2002) se propusieron mostrar, que vale la pena evaluar cuidadosamente las mejoras potenciales de eficiencia, derivadas de las reformas realizadas en África. Emplean un enfoque paramétrico; y la muestra corresponde a 21 empresas de Benín, Burkina Faso, Costa de Marfil, Etiopía, Mauritania, Marruecos, Namibia, Nigeria, Níger, Senegal, Sud África, Togo, Túnez, Uganda, y Zambia.

El objetivo de Bel et al. (2010) fue analizar si la privatización constituye una alternativa eficaz para la reducción de costes en la prestación de los servicios de desechos sólidos y de distribución de agua a escala metropolitana. La metodología aplicada se basa en un análisis de metas y sus datos fueron tomados de empresas de varios países (EEUU, Canadá, Inglaterra, Suiza, Irlanda, Asia, Pacífico, Holanda, España, África, y Suecia).

Sólo unos pocos trabajos de investigación, en la industria de agua y alcantarillado, examinan la sensibilidad de la eficiencia y los rankings de clasificaciones basadas en diferentes metodologías. Cubbin y Tzanidakis (1998) comparan la clasificación basada en MCO y el DEA con datos de las empresas de Inglaterra y Gales. Kirkpatrick et al. (2006) confrontan los resultados de la aplicación de modelos paramétricos y no paramétricos de 13 países de África. Berg y Lin (2008) aplican modelos econométricos, paramétricos y no paramétricos a datos de las empresas de Centroamérica. Romero y Ferro (2006, 2009) y Ferro y Romero (2011) emplean modelos paramétricos y no paramétricos a datos de una muestra de países de Latinoamérica. Corton y Berg (2009) compara la aplicación de los modelos paramétricos y no paramétricos a datos de las empresas de Perú.

Algunos estudios presentan objetivos diferentes a los mencionados anteriormente, pero todos hacen referencia a la eficiencia de la industria de agua. Ford y Warford (1969) se propusieron explicar los costes unitarios en la industria de agua de Inglaterra y Gales aplicando una función de costes. Hayes (1987) se estableció como finalidad determinar si la estructura de costes es sub-aditiva con información de las empresas de agua de Estados Unidos. Schmint y Boisvert (1997) intenta demostrar que una función de costes indirectos se puede utilizar para aislar los costes adicionales de los diferentes tratamientos de agua, con datos de empresas de Nueva York.

En Italia, Antonioli y Filippini (2001) se proponen analizar la estructura de costes de las empresas de distribución de agua de ese país. García-Valinas y Muñiz (2007) proponen contribuir a mejorar la distribución del agua mediante el estudio del proceso productivo, en tres municipios de España. Revisar el modelo

utilizado por el órgano regulador de Colombia, empleando para ello el DEA, fue el propósito de Marques y Garzón (2007).

Conocer los costes subyacentes o factores de producción que sirvan como primer paso para iniciar el uso del benchmarking como una herramienta de regulación en América Latina, fue el objetivo establecido por Ferro y Romero (2011).

Abrate et al. (2011) se propusieron analizar la eficiencia de los costes incorporados en los planes presupuestarios, a fin de evaluar la capacidad real de los reguladores locales para orientar el desempeño de las empresas de agua de Italia. Para cumplir con este objetivo aplican una función de costes estocástica para una proyección de 20 a 30 años.

Sawkins (1996) busca evaluar, a través de un análisis de datos financieros, la eficiencia del organismo regulador del agua, y la incidencia de las políticas tomadas por los accionistas y los usuarios en Inglaterra y Gales. Datos de empresas de agua y alcantarillado de los años 1989 -1994 son empleados.

Un caso especial, es el trabajo realizado por Bosworth y Stoneman (1998) quienes determinan el índice de productividad total de los factores para la industria de agua en el Reino Unido, y los compara con el mismo índice de otros sectores industriales del país (electricidad, gas, carbón, energía nuclear y farmacia, entre otros).

En otro contexto, y al igual que en este trabajo, se han presentado investigaciones que han revisado la literatura sobre la eficiencia de la industria de agua: González - Gómez y García - Rubio (2008), Abbott y Cohen (2009), Walter et al. (2009), García-Rubio et al. (2010), de Whitte y Marques (2010) y Berg y Marques (2011).

6.4 Productos

La industria de agua es, en esencia, una actividad multiproductiva ya que, en general, se provee a la población de al menos dos servicios: el suministro de agua potable y el de recolección y, en ocasiones, además, el tratamiento de aguas residuales. Por otra parte, la caracterización del agua, como output suministrado puede hacerse atendiendo a múltiples aspectos.

Los primeros estudios económicos sobre el servicio de agua utilizaban un solo output, agua vendida a los clientes finales en el área de servicio de la empresa (García y Thomas; 2001). Posteriormente, se desagregó la producción total de agua en volúmenes vendidos a diferentes categorías de clientes, como hogares y empresas. En la caracterización del producto también se diferencian dos tipos de

mercados: ventas de agua al por menor y al por mayor (Hayes, 1987). Renzetti (1999) hace la distinción entre clientes residenciales y no residenciales (usuarios comerciales, industriales y clientes institucionales).

García y Thomas (2001) sugieren que en los modelos que evalúan la eficiencia y los costes en este sector es aconsejable incluir variables de output que capturen el volumen físico de los servicios de agua potable y de aguas residuales. Los outputs pueden medirse a través del número o tipo de clientes o de usuarios y los que hacen referencia a la población atendida o ubicada en el área de responsabilidad de las empresas.

El output más utilizado en las investigaciones revisadas es el agua potable suministrada, en sus diferentes medidas: suministrada (despachada), facturada (vendida) y producida (ver

Tabla 28). La primera es la que más se ha utilizado, seguida del agua facturada. El volumen de agua suministrada puede medirse en litros, galones o metros cúbicos, por período de días, meses y año.

Tabla 28. Variables utilizadas como outputs

Variable	Nº de veces utilizada
Agua suministrada (residenciales y no residenciales)	48
Agua facturada o vendida	21
Agua producida	19
Agua residual	9
Agua residual tratadas	9
Número de conexiones	16
Número de clientes	18
Población con agua y/o alcantarillado	13
Varios	22

Elaboración propia

Otras categorías utilizadas para identificar el output en el servicio de agua son las siguientes: agua al detal, agua al por mayor, agua comprada, agua consumida, agua suministrada o facturada a residenciales y no residenciales, agua propia, agua subterránea, calidad de la producción de agua, cantidad de clientes de agua, cantidad de habitantes cubiertos, conexiones para suministro de

agua, continuidad del servicio, cobertura, cuentas de agua potable, dispersión población, índice de calidad, longitud de la red, número de hogares conectados, número de propiedades (hogares y no hogares) conectadas al servicio de agua, tamaño del área servida, potencia instalada, pérdidas en el sistema de distribución o transmisión.

El agua al detal es aquella utilizada por los usuarios finales, mientras que el agua al por mayor es la despachada a otras plantas o empresas que utilizan el agua como materia prima.

La cantidad de clientes hace referencia al número de usuarios a los que realmente se les factura el servicio. Existen usuarios que utilizan el servicio de agua potable, pero no figuran en los registros de la empresa como clientes. En algunos países la población atendida también se divide en rural y urbana.

Por otra parte, la cantidad de habitantes cubiertos o población atendida se refiere al total de la población a la que se le presta el servicio de suministro de agua potable. Las conexiones por servicios son las registradas en la empresa y están conectadas a las redes de distribución de agua. Este se divide en hogares (residenciales) y no residenciales.

Entre los outputs que se han empleado para definir el servicio de recolección de aguas residuales o de alcantarillado se encuentran los siguientes: aguas residuales tratadas, calidad de las aguas residuales, carga física de aguas residuales, conexiones por clientes de aguas servidas, contaminantes removidos, número de propiedades (hogares y no hogares) conectadas al servicio de alcantarillado, población servida con alcantarillado sanitario sobre población residente, tratamiento de aguas, volumen de agua recolectada, agua residual que ha recibido tratamiento y coste de la planta de tratamiento.

El agua recogida por el servicio de alcantarillado puede ser medida en litros o metros cúbicos, por período de días, meses y año. Este servicio puede ser medido por el volumen de aguas residuales recolectadas y/o tratadas. Este tratamiento, tal como se mencionó anteriormente, puede ser primario o secundario. El tratamiento primario consiste en la filtración, la sedimentación y la reducción de la demanda biológica de oxígeno de las aguas residuales. El secundario requiere de más productos químicos para poder colocar los fluidos en los cauces de aguas.

El agua perdida ha sido empleada como output no deseado. Las pérdidas del sistema vienen determinadas por los volúmenes de agua distribuida menos volúmenes vendidos o facturados (Tupper y Resende, 2004 determinan el agua perdida como el volumen de agua despachada menos el volumen de agua

consumida; siendo volumen de agua despachada igual a la producción de agua más el agua comprada bruta o cruda mas el agua comprada tratada).

Los primeros en utilizar esta variable como output no deseado fueron García y Thomas (2001). A través de una función de coste buscaban determinar las economías de alcance empleando dos variables: agua suministrada a los clientes finales y agua perdida. Esta modalidad fue seguida por Corton (2011).

En la literatura revisada, diversos trabajos le han dado la categoría multiproducto a la industria de agua, empleando diferentes variables para categorizarla. Entre ellos se encuentra Hunt y Lynk (1995) quienes aplicando una función de costes multiproducto emplearon los siguientes outputs: el agua suministrada, el servicio de aguas residuales y los servicios ambientales o de tratamiento.

Por su parte Renzetti (1999), estudiando los costes de la industria en Canadá, empleó como outputs el agua suministrada a la población residencial, el agua suministrada a la población no residencial y el tratamiento de aguas residuales.

Saal y Parker (2000, 2001) estudiaron la industria de Inglaterra y Gales a través de una función de costes. Utilizaron como outputs el agua suministrada (empleando como proxy la población residencial con suministro de agua) y el agua de alcantarillado (empleando como proxy la población conectada al servicio de tratamiento residual). Además utilizaron índices de calidad tanto para el agua potable como para las aguas residuales. En este mismo país, Ashton (2000a, 2000b) aplicando diferentes metodologías emplea el número de hogares conectados como una proxy del servicio conjunto de agua potable y alcantarillado; además supone a priori que todas las personas emplean la misma cantidad de agua. Esta metodología también se aplica en la industria de generación de electricidad en ese país.

Anwandter y Ozuna (2002), en su trabajo realizado para las empresas que operan en México, aplicaron el DEA. Consideraron como outputs el agua suministrada y las aguas residuales, clasificando esta última en función del tratamiento que recibían las aguas (tratamiento primario o secundario). Estache y Trujillo (2003) determinan la PTF para las empresas de Argentina y toman como outputs el volumen de agua producida y de aguas recolectadas. Estos últimos autores expresan que existen, claramente, dos líneas de producción y que existen pocos estudios en la industria que consideran estos dos outputs, debido a la falta de datos disponibles del sector.

Nuevamente para las empresas de Inglaterra y Gales, Saal y Parker (2004) y Saal y Reid (2004), consideran la industria de agua como multiproducto. Emplean el agua suministrada y la recolección de las aguas residuales. Por su parte, Martin

et al. (2006), a través de una función de coste total, utilizan como outputs el volumen de agua suministrada y de agua servida recolectada, para la industria de Portugal.

Para la industria de Brasil, Tupper y Resende (2004) emplean como outputs el agua producida, el volumen de aguas residuales tratadas, la población servida con recolección de aguas residuales y la población servida con agua potable. En este mismo país, Seroa da Motta y Moreira (2006), utilizando una metodología no paramétrica, incluyen una variedad de outputs: volumen de agua suministrada, producción de agua, volumen de agua recolectada, agua tratada, y las conexiones para la recolección de agua y para el suministro de agua.

En Estados Unidos, Torres y Morrison (2006) calculan una función de costes multiproducto. Los outputs representan la cantidad de agua que es vendida al por mayor y al detal. Mientras, Erbetta y Cave (2007), empleando el DEA en la industria de agua de Inglaterra y Gales, utilizan como outputs el volumen de agua potable y no potable entregada, la cantidad física de aguas residuales, el número de propiedades (hogares y no hogares) conectadas al servicio de agua potable y el número de propiedades (hogares y no hogares) conectadas al servicio de alcantarillado.

Saal et al. (2007), con datos de la industria de Inglaterra y Gales, aplican una función de distancia orientada a los inputs y emplean como outputs el suministro físico de agua y la carga física de aguas residuales. Emplean además dos índices de calidad tomando en consideración la población conectada al servicio de agua y al de alcantarillado. En España, Picazo-Tadeo et al. (2008), con una muestra de empresas de Andalucía (España) y usando como metodología el DEA, incorporan como outputs el agua suministrada, las aguas residuales tratadas y la población servida.

Por su parte, Nauges y van den Berg (2008) determinan las economías de densidad y de escala para la industria de agua de Brasil, Vietnam, Moldavia y Rumanía. Para ello consideran como outputs el volumen de agua producida y el volumen de aguas residuales recolectadas.

6.5 Factores productivos

Para prestar el servicio de agua, tanto potable como residual, las industrias requieren de una serie de factores productivos, como son los siguientes: trabajo, capital, energía, materiales o químicos y otros costes. Como en la mayoría de las aplicaciones empíricas en todos los sectores de la economía, capital y trabajo son los factores productivos más empleados (ver Tabla 29). Estos factores son

definidos y medidos de diferente manera. Si bien existe amplio consenso entre los autores en la forma de aproximar el factor trabajo, en la estimación del factor capital se aprecia una mayor diversidad.

El factor trabajo ha sido medido de diferentes formas, destacan las siguientes: cantidad de trabajadores a tiempo completo, número de empleados o trabajadores, total personal propio, número de horas trabajadas en el año, horas hombre, etc.

Otra forma de medir el trabajo es a través de su coste, que ha sido determinado de diferentes maneras: salario anual, salario medio, coste de personal anual, coste de personal dividido entre el número total de empleados a tiempo completo, gastos de mano de obra entre el número de horas trabajadas durante el año, total costes de personal entre el número de empleados. Para la determinación del gasto de personal, algunas investigaciones han incluido la totalidad de los sueldos y demás beneficios de los trabajadores. Otros han tratado de diferenciar el trabajo administrativo del que realmente interviene directamente en la prestación del servicio.

Tabla 29. Variables utilizadas como inputs

Variable	Nº de veces utilizada
Trabajo	79
Capital	63
Energía	29
Materiales y suministros (químicos)	21
Otros inputs	18
Agua (comprada, propia, suministrada, etc.)	7
Costes operativos	26
Varios	12

Elaboración propia

En términos generales, en la estructura de costes el capital representa el mayor peso porcentual. Gran cantidad de este capital, se encuentra bajo el suelo, en forma de tuberías para el suministro de agua potable y para la recolección de aguas residuales. Otra parte de sus activos de capital está constituida por las plantas de potabilización y las de tratamiento de aguas residuales.

Las variables que se han utilizado como una proxy del capital son las siguientes: el valor neto contable, las existencias de agua, capital fijo, la renovación de activos tangibles, la capacidad de tratamiento, los gastos de capital, la longitud de la red de distribución de agua o de la red de recolección de aguas servidas y las plantas de potabilización y de tratamiento.

De acuerdo con Clark y Stevie (1981), los autores Linaweaver y Clark en 1964 fueron los que, uniendo las concepciones de ingeniería y economía, sentaron las bases para agregar dos componentes en la transmisión de agua: el coste de capital de la tubería y el coste de la energía para el bombeo de agua. Este último depende del flujo y la distancia de bombeo, mientras que el primero fue determinado por la longitud de la tubería.

Mizutani y Urakami (2001) expresan que el tamaño de la red de distribución en las empresas de servicios públicos es importante. A pesar de que el tamaño y la producción de las empresas sea la misma, la estructura de coste puede verse afectada por éste. En este caso, juega un papel importante la densidad poblacional y el tipo de población atendida. La red ha sido la variable más empleada para aproximar el factor capital en los trabajos revisados.

No obstante, Aubert y Reynaud (2005) consideran que es una medida imperfecta. Ellos opinan que no se toma en cuenta la totalidad del capital instalado en la empresa y que no refleja ninguna alteración del capital. Recomiendan como alternativa, utilizar directamente los activos operativos como una medida de capital.

Otros activos se han agregado para medir el capital, como la cantidad de bombas y/o plantas de tratamiento, la capacidad de almacenamiento (depósitos de agua), vehículos, edificios y equipo, entre otros (Coelli y Walding, 2005). El número de conexiones se ha usado también como proxy del capital, (Mugisha, 2007; Berg y Lin, 2008 y Lin y Berg, 2008), ya que cuanto mayor sea el número de conexiones, mayores serán los requerimientos de capital para su mantenimiento. También, se ha utilizado como coste de capital, el coste de reposición de las redes de suministro y drenaje (Saal y Parker, 2001).

El precio del capital ha sido calculado como un coste de inputs diferente al gasto de trabajo dividido entre la longitud de red. También, se ha determinado deduciéndoles a los gastos de la empresa los gastos de personal y/o energía y materiales, para luego ser dividido entre la longitud de red, la población o la densidad. Algunos autores incluyen dos medidas de capital para darle mayor robustez a los datos (Coelli y Walding, 2005); mientras que Shih et al. (2004) emplea los gastos de amortización como un sustituto de los gastos de capital.

Otro factor empleado en esta industria es la energía. La fuente de energía más empleada por las empresas de agua es la electricidad. El factor energía ha sido medido de diferentes formas. Dada la disponibilidad de datos, la mejor variable es el consumo eléctrico real medido en kilowatios. El precio de la energía se ha determinado dividiendo el total de gastos de electricidad entre el volumen de agua facturada o suministrada. El precio, además, se ha establecido como un promedio del precio cargado por la empresa de electricidad en el área cubierta por la empresa de agua. Otros autores han considerado el total de gastos de energía entre el total de kilowatios utilizados.

La distancia y la capacidad de bombeo también se han utilizado como proxy de la energía, debido a que largas distancias (en el caso de que no se utilice la gravedad como impulsor del agua) o una mayor tasa de bombeo, implican un mayor uso de electricidad.

Al tomar como referencia la variable electricidad se debe considerar la energía que ha sido generada por la empresa a través de sus plantas eléctricas. Es por ello que se recomienda, incluir no sólo la electricidad, sino también aquellos combustibles (gasoil, gasolina, entre otros) que son necesarios para el funcionamiento de las plantas de electricidad y las bombas.

Otras variables importantes en los servicios de suministro de agua potable y recolección de las aguas residuales son los gastos en sustancias químicas y otros materiales necesarios para potabilizar el agua y para el tratamiento de las aguas residuales. Cuanto más tratamiento se realice al agua cruda (bruta), y menor sea la calidad del agua, mayor será el coste.

En el caso de las aguas residuales, el tratamiento será mayor en los efluentes provenientes de las industrias que de los hogares. Al mismo tiempo, el tipo de industria determinará la necesidad de tratamiento. Por ejemplo, las aguas residuales que proceden de las industrias de pintura requieren de más tratamiento, lo que incide en los costes de proveer este servicio. En algunos países, la legislación exige a determinados tipo de industrias que el agua sea tratada para poder ser arrojada al servicio de alcantarillado.

La variable otros costes ha sido incluida de diferentes formas: los costes de operación menos la depreciación; los gastos de renovación de infraestructura y la mano de obra o capitalizable.

Por último, algunos autores han empleado factores de producción diferentes a los mencionados anteriormente. Woodbury y Dollery (2004) desagregaron los inputs, detallándolos de la manera siguiente: costes de administración, operación, mantenimiento, energía y químicos y de reemplazamiento de activos.

Por su parte, García et al. (2009) utilizaron como inputs los gastos de explotación y el rendimiento hidráulico, como una proxy del estado de conservación de la red. Thanassoulis (2000b) incorpora un solo input, gastos operativos y excluye la inversión de capital en la renovación y mantenimiento de infraestructuras.

6.6 Otras variables

Otras variables que se incluyen en los trabajos de medición de la eficiencia son las variables ambientales o exógenas. Estas tratan de representar aquellos factores que la empresa no puede controlar, pero que afectan a la actividad realizada y a la calidad del servicio que se presta. En la Tabla 30³⁵ se muestran las variables ambientales utilizadas en las investigaciones revisadas.

El agua (en sus diferentes medidas) y la densidad de población y de clientes han sido las variables más empleadas (ver Tabla 30). Las diferentes medidas que ha asumido la primera son: proporción de agua suministrada a no residenciales; cantidad de recurso anual de agua; agua suministrada a no hogares sobre total del agua suministrada; proporción de agua tratada proveniente del río; rendimiento hidráulico, agua consumida entre agua suministrada; y agua subterránea. Esta última fue la más empleada.

El agua utilizada por las empresas, proviene de las aguas subterráneas o superficiales. El agua subterránea es extraída de los acuíferos que se encuentran bajo la superficie terrestre, mientras que las fuentes superficiales son ríos, lagos, pozos, manantiales y mares (agua salada). El agua salada requiere de un proceso de desalinización para hacerla apta para el consumo. El grado de pureza del agua cruda dependerá de la localización de la fuente, y de sus alrededores. Esta pureza incidirá en el tratamiento de potabilización del agua.

La densidad ha sido considerada de diferentes formas: número de clientes del servicio de agua potable conectados/kilómetros cuadrados del área del municipio; población por kilómetros de tuberías de agua; población por kilómetros de tuberías de alcantarillado; densidad de la red; densidad de población en el área servida; y la distancia de servicio. Mientras más concentrados estén los clientes, menor cantidad de red se requerirá.

³⁵ Por la diversidad de variables utilizadas en los diferentes trabajos de investigación, se ha realizado una agrupación por aquellas variables que tuviesen iguales características, a fin de facilitar su comprensión.

Tabla 30. Variables utilizadas como ambientales

Variable	Nº de veces utilizada
Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.)	27
Densidad (clientes, población, conexiones, etc.)	24
Clientes (residenciales o no, medidos)	13
Conexiones	14
Pérdida de agua	15
Longitud de la red	9
Características del ambiente	7
Capacidad de almacenamiento, bombeo	8
Características del ambiente	4
Calidad, hogares y zonas	15
Varios	28
Tiempo	24

Elaboración propia

En opinión de Coelli et al. (2003) el agua perdida es un indicador de la calidad técnica del servicio, que ha sido ignorado en muchos estudios. Mayores pérdidas de agua pueden indicar una red antigua que requiere de grandes costes de mantenimiento (Bhattacharyya et al. 1995c). Además, representa una cantidad de agua que no se está facturando.

Anwandter y Ozuna (2002) establecen como medida para el agua no contabilizada, el porcentaje de la pérdida de agua sobre la producción de agua. Ahora bien, el nivel de agua no contabilizada puede ser considerado también como una proxy de la edad del capital (en este caso el sistema de red). Una empresa con un sistema de red muy antiguo, tendría mayores pérdidas de agua.

Por otra parte, la calidad del agua así como las características de la red (capacidad de almacenamiento, bombeo y longitud de la red) son también factores cruciales en la estructura de costes de las empresas de agua (Mizutani y Urakami, 2001). Los tipos de consumidores también afectan a la estructura de costes por la diferente calidad que requieren así como por las características especiales para el transporte.

La red de distribución ha sido considerada en diversos trabajos como una variable ambiental. Es de recordar que esta variable también se ha empleado como proxy del capital. Su empleo para reflejar la tecnología es importante, ya que, mientras mayor extensión de red tenga una empresa, mayores

requerimientos tecnológicos tendrá. En otros casos, ésta ha sido utilizada en sustitución de los gastos operativos. Largas redes implican altos costes administrativo y de mantenimiento, así como de depreciación.

El número de conexiones instaladas, así como el número de conexiones medidas, se consideran buenas variables para diferenciar a las empresas. En países en desarrollo, una cantidad importante de usuarios del servicio de agua potable no posee medidores y en otros, los medidores (contadores) instalados no son leídos.

El número de conexiones medidas tiene un efecto ambiguo sobre los inputs. Por una parte, un incremento de medición debería dar lugar a una reducción de los requerimientos de inputs, debido a la disminución de la demanda, por un consumo menor, resultado del uso consciente del agua. Por otra parte, esto es contrarrestado por la inversión de capital y el aumento de los gastos operativos que son necesarios para facilitar una mayor medición de las instalaciones domésticas (Saal et al., 2007).

Al aumentar el número de conexiones medidas, se ayudará a crear consciencia de conservación en los usuarios, ayudando a incrementar la eficiencia de las empresas. A través de la medición, las empresas prestatarias del servicio de suministro de agua se darán cuenta de las fugas del agua, lo que conlleva a una reparación temprana, evitando mayor pérdida de agua. Por otra parte, la medición también permitirá determinar posibles áreas con exceso de consumo, favoreciendo planificar las futuras inversiones (Bhattacharyya et al. 1995c).

La cobertura del servicio constituye otro elemento que puede ser utilizado como indicador de la calidad del servicio ya que representa una medida directa de la disponibilidad de agua a los ciudadanos en un municipio o zona determinada.

En opinión de Picazo et al. (2008), las variables que representan la calidad del servicio de la industria de agua pueden variar considerablemente de un país a otro. En algunos países en desarrollo, en los cuales las tasas de cobertura del servicio son bajas, la cobertura del servicio, la continuidad o el porcentaje de agua que reciben tratamiento químico son variables adecuadas para medir la calidad del agua. En este caso García y Thomas (2001) sugieren que en las zonas donde el agua es un recurso escaso, el agua no contabilizada podría representar una medida de la calidad del servicio desde una perspectiva pública o social. Por el contrario, en los países industrializados, donde los servicios de agua cubren casi a toda la población y la calidad del servicio tiene altos niveles, se requiere de una medida alternativa de calidad.

Existen diversas variables que se han empleado como *dummy* en los diferentes trabajos revisados (ver Tabla 31). La propiedad o forma de organización de las

entidades prestatarias del servicio juega un papel importante cuando se trata de medir la eficiencia. Las clasificaciones utilizadas son: públicas o privadas; nacional, regional o municipal; cooperativas, entes públicos o corporaciones. La utilización de esta variable se debe a la gran cantidad de trabajos que determinan cuál de los tipos de propiedad es el más eficiente, pública o privada.

Se aprecia la utilización de la variable zonificación, que ha sido empleada para captar el componente región o país en los estudios. Esta variable es muy importante en trabajos que comparan países, ya que trata de capturar las diferencias en la tecnología de las empresas y en las normativas e instituciones.

Tabla 31. Variables medidas utilizando *dummies*

Variable	Nº de veces utilizada
Alcantarillado	5
Propiedad o forma de organización	6
Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.)	4
Zonificación	6
Tiempo	6
Calidad y pérdida de agua	5
Varios	12

Elaboración propia

Aquellas empresas que prestan además del servicio de agua potable, el servicio de recolección de aguas residuales, tendrán una diferente infraestructura y requerirán de una mayor inversión en capital y utilización de inputs. Algunos trabajos emplean una *dummy* para identificar esta situación.

El cumplimiento de las normas de calidad, así como el tratamiento del agua potable y de las aguas residuales inciden también en la eficiencia de las empresas y en los requerimientos de inputs. Mientras más exigente sea el tratamiento, mayores serán los requerimientos de inputs. En estos momentos, en los cuales se busca preservar el medio ambiente, las autoridades han sido más exigentes con las empresas de agua. En algunos casos, la adaptación a esta normativa, ha requerido de una inversión de capital.

Otro aspecto importante ha sido identificar las fuentes de las que proviene el agua. Para ello se ha incorporado en varios trabajos una *dummy*. En aquellos países donde se trabaje también con desalinización, resulta recomendable incorporar este hecho.

Variables explicativas de la eficiencia

Algunos trabajos que evalúan la eficiencia de las empresas de agua incluyen variables en sus modelos con el fin de determinar su incidencia en la ineficiencia. La variable más empleada por los investigadores es la propiedad, debido a la gran cantidad de trabajos que intentan determinar qué tipo de organización, pública o privada, es más eficiente.

Existen empresas que tiene una gran cantidad de clientes muy dispersos. Se cree que esto es una desventaja con respecto a aquellos que tienen una alta densidad. Para ver el efecto de esta situación, una gran cantidad de trabajos han incluido la densidad (ver Tabla 32).

Tabla 32. Variables explicativas de la eficiencia

Eficiencia	Nº de veces utilizada
Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.)	6
Densidad	10
Clientes (residenciales o no, medidos)	4
Conexiones	2
Perdida de agua	6
Longitud de la red	2
Capacidad de almacenamiento, bombeo	1
Características del ambiente	2
Calidad, hogares y zonas	2
Varios	6
<i>Dummies</i>	
Alcantarillado	4
Propiedad	11
Agua (comprada, subterránea, río, propia, etc.)	2
Densidad	7
Tiempo	4
Varios	10

Elaboración propia

Con respecto a la zonificación, el estar ubicado en una zona montañosa, costera o boscosa, incide en la eficiencia. En algunos trabajos se diferencian las regiones económicas o geográficas en las que se dividen los países; o los países, en trabajos internacionales.

Se espera que aquellas empresas que pierdan agua sean más ineficientes, debido a la mayor cantidad de inputs que se requieren para producir el agua. También,

se da el caso de que algunas empresas no hacen mayor esfuerzo por controlar esta situación, ya que controlarlo representa un mayor costo que la propia pérdida del agua.

Además, puede que las empresas que necesiten captar agua de fuentes subterráneas, sean más ineficientes que las empresas de otras fuentes. Esto debido al mayor esfuerzo que se requiere para su obtención.

6.7 Resultados de las investigaciones

La industria de agua presta servicios de gran valor a la comunidad. Las asociaciones científicas, a través de investigaciones en diferentes campos, contribuyen a mejorar la actuación de estas empresas. Dentro de las contribuciones realizadas se encuentra la evaluación de la eficiencia de las empresas de agua. En la medida en que los resultados de los trabajos aporten soluciones a la problemática de esta industria, se perfecciona la actuación de las empresas que prestan los servicios de suministro de agua y de recolección de aguas residuales y se participa en las acciones que ayudan a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Los resultados de los trabajos que estudiaron la eficiencia en la industria de agua son diversos. Estos se muestran siguiendo la misma clasificación del apartado de los objetivos. Fox y Hofler (1986) encontraron diferencias en la asignación de las compañías de Estados Unidos. Las de propiedad pública tenían costes más elevados que sus homólogos. Bhattacharyya et al. (1995a) afirman que un gran porcentaje de los servicios de agua rural de los Estados Unidos posee una excesiva utilización de la energía en relación al trabajo.

Botasso y Conti (2003) opinan que la ineficiencia de los costes de explotación en la industria de agua de Inglaterra y Gales, se redujo en el período de estudio (1995-2001), y que los diferenciales de la ineficiencia en las empresas se vieron disminuidos de forma constante. Thanassoulis (2000) expresa que los costes heredados por la industria del país anterior, influían en la ineficiencia de las empresas de agua. Ashton (2000b) concluye que las empresas de agua y de alcantarillado privatizadas en Inglaterra y Gales parecían ser muy maduras tecnológicamente; pero se encontraban restringidas en la capacidad para obtener el máximo provecho de las mejoras en la tecnología de producción. Botasso y Conti (2009) comprueban en Inglaterra, la existencia de economías sin explotar en la producción y en la densidad de clientes; y que las economías a pequeña escala parecen estar aumentando con la densidad de la población.

Hernández-Sancho y Sala-Garrido (2009) afirman que, en el sector de recolección de aguas residuales de Valencia (España), las plantas grandes son más eficientes que las pequeñas. Los factores más importantes para justificar las diferencias son los gastos de mantenimiento y de gestión de residuos. En Suecia, las empresas de servicios públicos pueden aumentar la eficiencia mediante la reducción de pérdidas en la red (Söderberg, 2011).

Tupper y Resende (2004) detectan ineficiencias importantes en la industria de Brasil, siendo posible ajustar las medidas de eficiencia relativa a las heterogeneidades regionales. Sabbioni (2008) muestra que la comparación entre la eficiencia de las empresas públicas y privadas del país mencionado anteriormente, depende de cómo se organizan las primeras, ya que las organizaciones sin fines de lucro (público y de tipo corporativo) poseen mayores costes. Escalona (2008) observa que la pérdida en la conducción, tanto del agua cruda como del agua tratada, incide en la prestación del servicio y en los costes operativos y administrativos de las empresas de agua de Venezuela, afectando así la eficiencia de las empresas.

Woodbury y Dollery (2004) sugieren que en la industria de agua de Australia existe un margen para mejoras generales en los servicios locales de gobierno. De Witte y Marques (2007) muestran grandes diferencias en las ineficiencias de los Países Bajos, Inglaterra y Gales, Australia, Portugal y Bélgica.

Los resultados de las investigaciones que evaluaron la productividad total de los factores para comparar las empresas de la industria de agua tuvieron resultados variados. Ashton (2000a) descubría un importante nivel de dispersión en la eficiencia en costes de la industria de Inglaterra y Gales. Esto implicaba un moderado nivel de dispersión en la operación a corto plazo y en la reglamentación a largo plazo. Para las empresas de agua de Argentina, Estache y Trujillo (2003) encontraron un crecimiento anual, lo que representaría de mantenerse, un gran avance para las reformas establecidas en el sector. En Perú, Corton (2003) mostraba que la cultura gerencial y la interferencia política son problemas importantes que tienen un gran impacto en la eficiencia de la industria de agua. Filippini et al. (2010) concluyen que las ineficiencias en costes están presentes en los servicios de agua potable de Eslovenia y que el cambio técnico ha repercutido positivamente en el crecimiento de la productividad total de los factores. Agregan que los niveles de ineficiencia en costes se mantuvieron esencialmente sin cambios.

Sobre la eficiencia de escala y de alcance los resultados son variados. Knapp (1978) sugiere la existencia generalizada de economías de escala en la industria de agua de Estados Unidos. Hunt y Lynk (1995) informan de la presencia de

importantes economías de alcance entre las actividades de abastecimiento de agua de Inglaterra y Gales. Kim (1987) en el sector de agua de Estados Unidos, encuentra economías de escala para el abastecimiento de agua residencial y no residencial, y que la industria de suministro de agua en general está sujeta a rendimientos constantes a escala. Por el contrario, Ashton (1999) con datos para los años 1991-1996 de Inglaterra y Gales, hallaba deseconomías de escala y deseconomías en la utilización de la capital; mientras que Ashton (2003) encontraba un desequilibrio, en términos de capital, en el sector de suministro de agua potable del país mencionado.

García et al. (2007) muestran que, en la industria de agua de Estados Unidos, es significativa la integración vertical y que no afectó la eficiencia tecnológica; excepto en los servicios públicos más pequeños.

En Italia, Fabbri y Fraquelli (2000) concluyen que no se pueden rechazar los rendimientos constantes a escala en la media de la muestra estudiada. Agregan que la forma funcional y la selección de las variables endógenas influyen en los resultados sobre economías de escala. Para ellos la función translogarítmica es la forma funcional que mejor representa la industria. Al igual que los autores anteriores, García y Thomas (2001) exponen que no se puede rechazar la hipótesis de rendimientos constantes a escala en la prestación de los servicios de abastecimiento de agua de Francia, y encuentran pruebas de deseconomías de escala en algunos servicios públicos; en particular, los que ofrecen un alto volumen de agua por cliente. Por su parte, en Portugal, Martin et al. (2006) contradicen la creencia general de que las economías de escala en los mercados de agua persisten casi indefinidamente. Marques y De Witte (2011), en este país, determinan la existencia de un tamaño ineficiente para los servicios de agua, y afirman que las características de monopolio natural así como las economías de escala y subaditividad están presentes.

Revollo y Londoño (2008) demuestran que las economías de escala son mayores en las empresas pequeñas y se agotan en el caso de las empresas grandes de Colombia. En Perú, Corton (2011) observa economías de escala en todas las regiones, recomendando agregar más empresas, ya que éstas se beneficiarán de los ahorros más grandes. Filippini et al. (2008) encuentra ineficiencias de costes importantes en las empresas de Eslovenia y consideran que el reglamento y la introducción de incentivos basados en precios podría ayudar a resolver este problema.

Nauges y van den Berg (2007) encuentran economías de escala en tres de los cuatro países estudiados (Brasil, Vietnam, Moldavia y Colombia). Afirman que el efecto de la adición de nuevos clientes muestra deseconomías y economías de

densidad en igual proporción en los países estudiados. En el mismo orden de ideas, Nauges y van den Berg (2008) evidencian economías de escala en la mayoría de los países estudiados (Brasil, Vietnam, Moldavia y Rumania). En Latinoamérica Ferro et al. (2010) halla economías de escala en la prestación del servicio de agua.

En síntesis, la mayoría de trabajos encuentran economías de escala en la industria de agua, pero también existen indicios de que en algún momento estas economías se agotan. Por otra parte, hay algunas pruebas de economías de alcance entre el suministro de agua y la eliminación de aguas residuales; éstas son mayores en las empresas de tamaño pequeño.³⁶

La controversia sobre la eficiencia de las empresas privadas sobre las públicas también está presente en la industria del agua, como demuestra la cantidad de estudios que han analizado esta cuestión. Hasta la fecha, la evidencia empírica no ha demostrado la mayor eficiencia de una u otra forma de propiedad. Esto también se corrobora por la cantidad de países en los cuales el servicio de suministro de agua sigue en manos públicas mientras que en otros la normativa permite la entrada de la empresa privada en la prestación del servicio.³⁷ Saal et al. (2007) expresan que la presencia de ineficiencia en las empresas de la industria de agua, tanto las que están en manos privadas, como las gestionadas por el Estado, se debe a la falta de incentivos para que éstas logren la eficiencia, ya que se trata de un monopolio natural regulado.

Bhattacharyya et al. (1995c) concluyen que las empresas de Estados Unidos que prestan los servicios públicos de propiedad privada son más eficientes y que los distritos autónomos de agua son los menos eficientes. Por otra parte, los gobiernos municipales operan la mayoría de las empresas eficientes y menos eficientes. Por su parte, Bhattacharyya et al. (1994, 1995b) opinaban que los servicios públicos de agua de Estados Unidos son más eficientes que las empresas privadas en promedio.

Byrnes et al. (1986) no encontraron ninguna evidencia de que las empresas públicas son más derrochadoras o están siendo manejadas con más holgura que

³⁶ Abbott y Cohen (2009) muestran un resumen de las investigaciones que han estudiado las economías de escala y de alcance en la industria de agua.

³⁷ García et al. (2010) ofrece una revisión de los trabajos que estudian la propiedad en la industria del agua.

la propiedad privada en Estados Unidos. Crain y Zardkoohi (1978) encontraron que las compañías de agua de propiedad pública en este país tenían costes más elevados que sus homólogos de propiedad privada. Por el contrario, Feigenbaum y Teeple (1983) no encontraron evidencia estadística, para rechazar la hipótesis de que los servicios de agua públicos y privados de Estados Unidos son igualmente eficaces.

Para la última década del siglo XX Raffiee et al. (1993) encontraban que las empresas de propiedad privada del sur de California (EEUU) son más eficientes que las públicas. En el mismo país, Teeple y Glyer (1987) opinaron que aunque no encontraron diferencias de eficiencia global, algunos patrones de especialización de producción y las características del servicio están relacionados con la propiedad. Houtsma (2003) encuentra importantes economías de escala en la industria de suministro de agua de California (EEUU).

En Brasil da Silva e Souza et al. (2007) no consiguieron pruebas de que las empresas privadas y públicas de ese país, son significativamente diferentes en términos de eficiencia. Mientras que García et al. (2010) concluyeron que en España, la entrada de la empresa privada en el sector no ha supuesto la mejora esperada en los niveles de eficiencia. Estache y Rossi (2002) encontraban que la eficiencia no es significativamente diferente en las empresas privadas que en las públicas de los países del pacífico asiático.

En otro orden de idea, Renzetti (1999) reportaba que los precios del servicio de suministro de agua potable y de aguas residuales de Ontario (Canadá) eran ineficientes. Thanassoulis (2000) encuentra que los resultados obtenidos a través de DEA son similares a los obtenidos por mínimos cuadrados ordinarios, en las empresas de Inglaterra y Gales. Erbetta y Cave (2007), observan una mejora significativa en la capacidad de gestión (en términos técnicos y en la asignación de recursos) y en la eficiencia técnica y asignativa de las empresas de Inglaterra y Gales, como consecuencia del cambio en la titularidad. Thanassoulis (2002) opinaba que el DEA y los modelos de regresión pueden ser utilizados para evaluar el rendimiento de las empresas de Inglaterra y Gales.

Por su parte, Saal y Reid (2004) expresaban que el endurecimiento de la reglamentación en Inglaterra y Gales, parece haber tenido un pequeño impacto positivo estadísticamente significativo sobre el crecimiento de la productividad. Seroa da Motta y Moreira (2006) opinan que no es la propiedad materia importante para la productividad de los servicios locales municipales de Brasil. Renzetti y Dupont (2008) comenta que los factores ambientales explican algunas de las variaciones observadas en las puntuaciones de eficiencia, de las empresas de Ontario (Canadá).

Lin (2005) opinaba que era necesario incorporar las variables de calidad como una variable de producción adicional, en lugar de variable ambiental, en el referido país. Lin y Berg (2008) muestran una ligera mejora en la calidad del servicio del mismo país, como consecuencia de la falta de incentivos, para que las empresas mejoren su calidad de servicio. Por su parte Picazo-Tadeo et al. (2008) revela que, la calidad sí importa en la medición de la eficiencia en las empresas de agua de Andalucía (España).

Kim y Lee (1998) en Corea, encuentran evidencia de diseconomías de escala en algunas de las ciudades, y rendimientos constantes de escala en la totalidad de las ciudades estudiadas. Mugisha (2007) expresa que los programas de mejora del rendimiento han demostrado que las organizaciones públicas de Uganda pueden ofrecer un rendimiento adecuado si se gestiona adecuadamente. Kirkpatrick et al. (2006) no encuentran evidencia de un mejor rendimiento de las empresas privadas sobre las públicas en la industria de agua de países africanos. Además, expresan que la privatización del servicio de agua en esta región podría resultar problemática en economías de bajos ingresos debido a la tecnología, la naturaleza del producto, los costes de transacción y las deficiencias normativas. Byrnes et al. (2010) concluyen que las políticas de conservación de agua en Australia reducen la eficiencia. Es probable que, las ventajas que se derivan de los altos niveles de densidad y de las políticas diseñadas para reducir el consumo per cápita de agua tengan un impacto negativo en la eficiencia técnica. En México, Anwandter y Ozuna (2002) hallaban que ni la descentralización de la responsabilidad de las operaciones de agua a nivel municipal, ni el establecimiento de un regulador autónomo ha tenido un impacto positivo en la eficiencia de los servicios de agua.

Bosworth y Stoneman (1998) sugieren que el crecimiento de la productividad del trabajo fue más bajo en la propiedad privada de Inglaterra y Gales, y que en más de dos períodos la productividad fue pobre en comparación con las otras industrias con las que se realizó la comparación. Por su parte, Saal y Parker (2001) mostraban que el crecimiento en la productividad total de los factores (PTF) de la industria de agua de Inglaterra y Gales no había mejorado en relación con el período previo a la privatización de este sector. Mientras, Saal y Parker (2000) mostraban diseconomías de escala en la media de la muestra de las empresas de Inglaterra y Gales. Saal y Parker (2004) concluían que la privatización, en ausencia de competencia real, no está necesariamente asociada con mejores resultados económicos. Saal et al. (2007) sugieren que, mientras el cambio técnico ha mejorado después de la privatización del sector en Inglaterra y Gales, el crecimiento de la productividad no mejoró como consecuencia de las

pérdidas de eficiencia. Al parecer, tienen dificultades para mantenerse al día con los avances técnicos después de la privatización

Aubert y Reynaud (2005) muestran que los índices de eficiencia se explican, en parte, por el marco regulatorio de Wisconsin (EEUU). En materia de eficiencia, Torres y Morrison (2006) señalan que la consolidación de pequeñas empresas de los Estados Unidos, podría generar eficiencias de costes, en función de una expansión simultánea de la red; pero en el caso de la consolidación de los servicios públicos grandes, no es probable que sea rentable sin el correspondiente aumento en la densidad.

Por su parte en Italia, Fraquelli y Moiso (2005) hallan la presencia de economías de escala que sugieren que una reducción de la fragmentación local podría mejorar la estructura de la oferta del servicio de agua en ese país. En Holanda, De Witte y Saal (2010) observan mejoras de rendimiento sustanciales a partir de la introducción de la nueva regulación en los servicios de agua potable. En otro orden de ideas, García-Sánchez (2006) muestra que la densidad de población en España, es un factor que define una de las características particulares del entorno de los municipios y que tiene un impacto estadísticamente significativo en los índices de eficiencia; mostrando que la ineficiencia de escala es mayor que la ineficiencia técnica.

En los estudios que comparan el sector en diferentes países, Estache y Kouassi (2002) encontraron una clara ventaja para los operadores privados en África. Bel et al. (2010) expresan que los resultados muestran que, tanto en agua como en residuos sólidos, cuando la situación financiera de los municipios empeora las autoridades locales se sienten más atraídas por la opción de privatizar los servicios.

Por el contrario, en cuanto a las diferentes metodologías que se pueden emplear para determinar la eficiencia, Berg y Lin (2008), en Perú, demuestran una moderada consistencia entre los resultados obtenidos por los modelos paramétricos y no paramétricos, aplicados a la industria de agua. Cubbin y Tzanidakis (1998) encuentra que el análisis de regresión tiene sus ventajas en los controles para garantizar la objetividad y la comparación entre sociedades diferentes, y que la adición o sustracción de las variables, generalmente, apenas afectará a las puntuaciones. Si el DEA se utiliza en muestras grandes los resultados son buenos. En la aplicación realizada por Romero y Ferro (2006), a los países de Latinoamérica, expresan que a nivel global (la totalidad de la muestra) las comparaciones entre las metodologías producen resultados similares.

Ford y Warford (1969) mostraron que con la fusión de las empresas de agua de Inglaterra y Gales no se obtuvieron los mejores resultados. En Estados Unidos, Hayes (1987) concluye que existe alguna evidencia empírica de subaditividad en la producción conjunta entre los pequeños y medianos niveles. Schmint y Boisvert (1997) afirman que, el tipo de tecnología de tratamiento, genera costes adicionales de mantenimiento en la industria de Nueva York, especialmente para las pequeñas empresas que prestan el servicio.

En Italia Antonioli y Filippini (2001) encuentran economías de la producción y la densidad de clientes y no hallan evidencia clara de que grandes áreas de servicio proporcionen economías en la distribución del agua. García-Valinas y Muniz (2007) opinan que existen divergencias entre las condiciones de abastecimiento de agua en los territorios de España, y que los precios propuestos deben ser objetivos (a fin de evitar interferencias políticas) y flexibles, para permitir su adaptación a las condiciones específicas de cada municipio.

Por otra parte, Ferro y Romero (2011) encuentran que los operadores de América Latina no controlan la mayor parte de la información necesaria a efectos de regulación y, normalmente, no disponen de incentivos para hacer que esta información se muestre. Mientras, Ferro et al. (2011) indican que las ineficiencias de las empresas estudiadas de Latinoamérica no varían en el tiempo.

Por su parte, Abrate et al. (2011) concluyen que la planificación descentralizada aplicada a la regulación de la industria de agua y de alcantarillado italiana, falló en el cumplimiento de la meta declarada. Además destacan que, las condiciones invariables en el tiempo son la fuente predominante de las diferencias de costes; lo que puede ocultar un componente estructural atribuible a la ineficacia persistente.

Sawkins (1996) expresa que las iniciativas de reglamentación, en Inglaterra y Gales, tuvieron un efecto sobre el retorno de la inversión, pero que éstos no siempre favorecen a algún grupo de interés particular.

6.8 Resumen y conclusiones

La industria de agua es un monopolio natural y, por tanto, está sometida a una fuerte regulación. El sector del agua constituye una actividad multiproductiva ya que provee al menos dos servicios: el suministro de agua potable y el de recolección de aguas residuales y, en ocasiones, además el tratamiento de aguas residuales.

Los estudios sobre la eficiencia en este sector han empleado diferentes metodologías: econometría y fronteras, tanto paramétricas como no paramétricas. La econometría fue la metodología más empleada. Los estudios que aplican fronteras no paramétricas ocupan el segundo lugar. Solamente dos trabajos han empleado la función de distancia.

Los países donde se han realizado mayor cantidad de estudios de eficiencia en la industria del agua son Inglaterra y los Estados Unidos de América. Si la comparación se hace por continente, Europa y América del Norte estarían en los primeros lugares, seguidos muy de cerca por América Latina.

Los objetivos de los trabajos sobre la eficiencia en la industria de agua son muy variados. Algunos determinan la eficiencia técnica y económica; otros se dedican a calcular las economías de escala, de densidad y económica. Varios de estos trabajos se interesaron en comparar la eficiencia de las empresas privadas y públicas, con el fin de analizar la supremacía de unas u otras. Unos introdujeron aspectos específicos del país que se estaba evaluando: novedades en la normativa, comportamiento de factores ajenos, etc. Otros compararon el comportamiento de las empresas de diferentes países.

Las variables más empleadas para la identificación de los outputs son: agua suministrada (residencial y no residencial), agua facturada o vendida, y el número de conexiones. Por su parte, el proceso de alcantarillado, también, podría considerarse como multiproducto, puede conducir aguas pluviales y residuales. Las variables más empleadas para referirse a este servicio son volumen de agua residual y volumen de aguas residuales tratadas.

Otra variable que ha sido utilizada para identificar los outputs es la población atendida con servicio de agua potable o con recolección de aguas residuales. En el caso de estudios de empresas que prestan ambos servicios se combinan todas estas variables.

La industria de agua requiere de una serie de factores productivos, que pueden resumirse en: trabajo, capital, energía, materiales, químicos y varios, y otros gastos. Los dos primeros son los más incorporados en los trabajos de medición de eficiencia.

La variable más utilizada para la medición del factor trabajo en este sector, es el número de trabajadores; mientras que para el capital se encuentra la longitud de la red de distribución de agua y/o alcantarillado. La energía se ha medido en la mayoría de los casos por su gasto anual.

Por otra parte, dentro de las variables ambientales o exógenas más empleadas se encuentran la densidad y la fuente de agua (comprada, subterránea, superficial,

río, mar, propia, etc.). Un número considerable de trabajos incorporan variables *dummy* que les permite identificar si la empresa, además de prestar el servicio de agua, presta el de alcantarillado; el tipo de propiedad u organización de la empresa, y la zonificación del país en el que se presta el servicios. La primera se debe a que varios estudios han tratado de evaluar si las empresas privadas son más eficientes que las públicas.

Otra parte de los trabajos han empleado variables para identificar su incidencia en la ineficiencia de las empresas. Dentro de éstas destaca la propiedad, seguida de la zonificación. De nuevo, la primera se debe a la gran cantidad de trabajos que intentan comparar las empresas públicas y privadas.

En síntesis, los resultados de las investigaciones en su mayoría han confirmado la presencia de economías de escala en la industria de agua. Otros han demostrado que la incorporación de variables de calidad y de ambiente, bien sea como outputs o inputs, mejoran la sensibilidad de los modelos para diferenciar las empresas de agua. Por otra parte, los trabajos no son concluyentes sobre la mayor eficiencia de las empresas privadas sobre las públicas.

Las ventajas de la función de distancia hacen que se adapten perfectamente a la industria de agua, a pesar de ello su aplicación hasta la fecha ha sido escasa.

La extensa literatura revisada demuestra que, en el estudio de la eficiencia de la industria de agua, no está todo dicho, y que las diferentes técnicas y modelos que existen podrían aplicarse en regiones y servir de ayuda para buscar el beneficio de la colectividad. Existen países en los cuales estos estudios no se han realizado, y su aplicación podría ayudar a que los gobiernos y los directivos de las empresas de agua, bien sean éstas públicas o privadas, mejoren su eficiencia, ofreciendo un producto de calidad. A su vez, se contribuye con un mejor uso del recurso agua.

PARTE IV

APLICACIÓN EMPÍRICA

Capítulo VII

Eficiencia y eficacia en la industria de agua de Latinoamérica

7.1 Introducción

El agua como recurso natural debe cumplir ciertas características para poder ser apta para su uso o consumo y así poder satisfacer las necesidades de la colectividad. Diversas organizaciones se han creado para proporcionar el suministro, garantizando la calidad del agua y el tratamiento de las aguas residuales. La mayoría de los Estados tienen la obligación de prestar este servicio directa o indirectamente en términos de eficiencia, calidad y cobertura de la población.

El comportamiento eficiente de las empresas proveedoras del servicio garantiza una mejora en el precio y en la calidad del producto, contribuyendo a un incremento en la calidad de vida. La eficiencia puede ser medida de diferentes formas y una de ellas es el método de fronteras. Este consiste, básicamente, en comparar las empresas y determinar su ineficiencia con respecto a las mejores que determinan la frontera.

Por otro lado, la situación de acceso al agua y de recolección de aguas residuales a nivel mundial es preocupante. Existe a nivel mundial una cantidad importante de personas que no tienen acceso al suministro de agua potable. Esta cantidad es mayor en lo que respecta a la recolección de aguas residuales. Más de dos millones de personas, la mayoría en países en desarrollo, mueren cada año debido a enfermedades asociadas a las condiciones deficientes del agua que consumen. Además, entre esta elevada cantidad de personas se contabilizan alrededor de 6.000 niños que mueren diariamente por enfermedades que pueden prevenirse si se mejoraran las condiciones de los servicios de agua potable y de recolección de aguas residuales (Cirelli y du Mortier, 2005).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, la mayoría de los países en vías de desarrollo han cumplido con las metas del milenio en cuanto a suministro de agua potable (89% de la población con acceso al agua para el 2010). En lo que respecta al servicio de recolección de aguas residuales, sólo el

63% de la población cuenta con este servicio. Sin embargo, el porcentaje de tratamiento de estas aguas es muy inferior a la recolectada. Estas diferencias son mayores en los países más pobres. Por otra parte, aproximadamente un 90% de las aguas residuales y el 70% de los desechos industriales en los países en vía de desarrollo son vertidos sin tratamiento alguno.

Latinoamérica posee una gran reserva de agua, pero esta no ha sabido distribuirse adecuadamente entre la población. Las empresas de la industria de agua están obligadas a llevar los servicios a toda la población. Esta es una tarea nada fácil, que requiere la implementación de planes y estrategias, además de la utilización eficiente de una gran cantidad de recursos.

Así pues, parece adecuado evaluar el comportamiento de las empresas a través de la eficacia. Este concepto puede verse como el grado de cumplimiento de las metas y objetivos establecidos. En la medida en que las empresas cubran los objetivos propuestos serán más eficaces.

Para la medición de la eficacia se proponen una serie de indicadores. Cada uno con sus ventajas e inconvenientes. El agua es un derecho humano, lo que impone a los Estados la obligación de satisfacer esta necesidad, de una manera eficiente y eficaz, además de una forma segura, aceptable, físicamente accesible y financieramente asequible.

El objetivo del presente capítulo es obtener medidas de eficiencia técnica y de eficacia para una muestra de empresas de agua de varios países de Latinoamérica. Para el cálculo de la eficiencia técnica se utiliza la función de distancia, que tiene como ventaja el tratamiento multiproducto, como es el caso de la industria de suministro de agua. Se cuenta con información de varias empresas que operan en 7 países latinoamericanos. Las variables fueron seleccionadas de acuerdo con las especificaciones comúnmente utilizadas en la literatura sobre medidas de eficiencia en este sector.

Debido al corto período a analizar, ocasionado por la escasez de datos, no fue incluida una variable temporal. La incorporación de esta variable, permitiría capturar el efecto, común para todas las empresas, de determinados cambios a lo largo del tiempo, como los cambios de tecnología, de política y/o de regulación y que es conocido como cambio tecnológico.

La investigación que se presenta en este capítulo es novedosa por aplicar la función de distancia a la región latinoamericana, las variables escogidas, además de la determinación de la efectividad y la capacidad potencial de los inputs.

La estructura del capítulo es la siguiente. En primer lugar, en la sección 7.2, se describe el modelo econométrico que, basado en una función de distancia

orientada a los inputs, se estima siguiendo lo especificado por Battesse y Coelli (1995). En el apartado 7.3 se investigan dos temas novedosos en la industria de agua, la eficacia y la capacidad potencial de los inputs. Posteriormente, en la sección 7.4 se muestran los datos empleados en la aplicación empírica. Los resultados obtenidos para la eficiencia y eficacia en Latinoamérica se detallan en las secciones 7.5 y 7.6. En la sección 7.7 se estiman los mismos modelos de eficiencia y eficacia para Brasil, país que presenta, por su dimensión, la mayor cantidad de datos de la base de Latinoamérica. Por último, las conclusiones se ofrecen en el apartado 7.8.

7.2 Eficiencia en la industria de agua: modelo paramétrico

La industria de suministro de agua se caracteriza por ser multiproductiva, por poseer características de monopolio natural, por ser un sector regulado, por la cantidad de agua producida y consumida, y por el hecho de que su rentabilidad está relacionada con la cantidad y distribución de sus clientes.

La mayoría de las empresas de la industria de agua están obligadas a prestar sus servicios a una tarifa preestablecida. En términos más sencillos, tienen que satisfacer la demanda, no pudiendo elegir el nivel de producción a ofertar (Estache y Rossi, 2002). Por tanto, dado que los outputs en la industria de agua son exógenos, la empresa maximiza los beneficios reduciendo al mínimo el coste de producir un determinado nivel de output. Así, para poder incrementar su eficiencia, tiene que tomar decisiones sobre los inputs empleados.

Las características mencionadas anteriormente han llevado a emplear una función de distancia orientada a los inputs. Ésta presenta una buena adaptación al proceso productivo de la industria de agua.

El input capital tiene una gran importancia en esta industria y sobre él las empresas podrán tomar pocas decisiones. Esto se debe a que una parte importante de los activos de capital se encuentran bajo tierra y distribuidos a lo largo de la zona atendida. Mientras mayor sea la densidad de clientes menor cantidad de red es necesaria. Por otra parte, cuando las empresas tienen dispersos sus clientes, será necesario contar con una mayor extensión de red. Por lo que se hace difícil tomar decisiones sobre este factor de producción.

Los otros inputs de capital importantes son las plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales, así como los depósitos de almacenamiento. Las primeras, en la mayoría de los casos, están situadas cerca de la toma de agua. Las plantas de tratamiento estarán ubicadas cerca de los sitios seleccionados para verter los efluentes o de las áreas donde se reutilizarán las aguas residuales

tratadas. Los depósitos estarán ubicados en sitios estratégicos de la zona responsable, lo que permitirá que a los hogares llegue el agua con una presión considerable. Los otros inputs relevantes son el trabajo y la electricidad. Sobre éstos, la empresa tiene un mayor control.

Para las empresas latinoamericanas de la muestra se cuenta con información solo de cuatro años; por lo que, como ya se indicó, se hace difícil ver el progreso técnico a lo largo del tiempo. Por este motivo, no se incluye la variable tiempo en el modelo de Latinoamérica

Forma funcional

La especificación empleada para definir la función de distancia orientada a los inputs es la translogarítmica. Esta función ha sido aplicada en la industria de agua por Saal et al. (2007) y Berg y Lin (2008), mientras que Coelli y Perelman (1999, 2000, 2001) la han aplicado a otros sectores. Esta función puede expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \ln D_{lit} = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{kit} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} \\
 & + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit} \ln y_{mit} + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit}
 \end{aligned}
 \tag{7.1}$$

y donde:

- y es el vector de productos, que va desde $m, n = 1$ hasta M .
- x es el vector de inputs, que va desde $k, l = 1$ hasta K ;
- i es la empresa i -ésima
- t es el periodo de tiempo
- z representa las características exógenas, que van desde $p = 1$ hasta P ;

siendo α , β , δ , y ξ los parámetros a estimar.

En la ecuación anterior (7.1), D_{lit} representa la función de distancia orientada a los inputs:

$$D_I = \max \left\{ \rho: \left(\frac{x}{\rho} \right) \in L(y) \right\}, \quad (7.2)$$

donde:

$$L(y) = \{x \in R_+^K: y \text{ puedan ser producidas por } x\} \quad (7.3)$$

Restricción de homogeneidad de grado 1

Para obtener la frontera se debe fijar $D_{lit}=1$; lo que supone que la parte izquierda de la ecuación (7.1) sea igual a cero. Así, se requiere que la función sea simétrica y homogénea de grado 1 en los inputs.

Las restricciones de homogeneidad de grado 1 en los inputs son:

$$\sum_{k=1}^K \beta_k = 1$$

$$\sum_{k=1}^K \beta_{kl} = 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, K)$$

$$\sum_{k=1}^K \delta_{km} = 0 \quad (k = 1, 2, 3, \dots, K)$$

Mientras que los requerimientos para la simetría son:

$$\alpha_{mn} = \alpha_{nm} \quad (m, n = 1, 2, \dots, M)$$

$$\beta_{kl} = \beta_{lk} \quad (l, k = 1, 2, \dots, K)$$

Ahora bien, la homogeneidad implica que:

$$D_I(\omega x, y) = \omega D_I(x, y), \text{ para todo } \omega > 0$$

Seguindo a Lovell et al. (1994) una forma conveniente de imponer las restricciones de homogeneidad en la ecuación (7.1) es escoger arbitrariamente uno de los inputs, por ejemplo, el input K y establecer que $\omega = 1/x_K$. De este modo, resultaría:

$$D_I\left(\frac{x}{x_K}, y\right) = D_I(x, y)/x_K \quad (7.4)$$

Luego, sustituyendo (7.4) en (7.1) se obtiene:

$$\begin{aligned}
 \ln(D_{lit}/x_{Kit}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kit}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kit}^* \ln x_{lit}^* \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit}^* \ln y_{mit} + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit}
 \end{aligned}
 \tag{7.5}$$

donde:

$$x_{kit}^* = x_{kit}/x_{Kit}$$

Ahora bien, si $x_{kit} = x_{Kit}$ entonces el ratio x_{kit}^* va a ser igual a uno, luego el logaritmo va a ser igual a cero, desapareciendo todos los términos en los que aparece el input K . Por eso las sumatorias de los inputs llegan hasta $K-1$. La ecuación (7.5) puede reescribirse como:

$$\begin{aligned}
 -\ln(x_{Kit}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kit}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kit}^* \ln x_{lit}^* \\
 & + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit}^* \ln y_{mit} + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit} - \ln(D_{lit})
 \end{aligned}
 \tag{7.6}$$

El término de distancia $-\ln(D_{lit})$ puede considerarse como un término de error que explica las diferencia entre los puntos observados y los estimados por la función.

Término de error

El término de error es el negativo del logaritmo de la distancia del input y se interpreta como una medida de ineficiencia. Por ello, $-\ln(D_{it})$ en el análisis de

frontera estocástica utilizando la FD orientada a los inputs, puede sustituirse por el término de error ε_{it} . El error integral de la frontera estocástica vendrá determinado por:

$$\varepsilon_{it} = -\ln D_{it} = v_{it} - u_{it}; \text{ en donde: } i = 1, \dots, n; \text{ y } t = 1, \dots, T \quad (7.7)$$

Reescribiendo la ecuación (7.6), se obtiene:

$$\begin{aligned} -\ln(x_{Kit}) = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\ & + \sum_{k=1}^{K-1} \beta_k \ln x_{kit}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kit}^* \ln x_{lit}^* \\ & + \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit}^* \ln y_{mit} + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit} + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (7.8)$$

En donde v_{it} es un término de error simétrico, que representa los factores aleatorios que se encuentran fuera del control del empresario y que el modelo no puede explicar. Mientras que u_{it} es un término de error no negativo (porque supone que la ineficiencia produce menos cantidad de producto) que mide la ineficiencia técnica de cada empresa.

La ecuación (7.8) se estima por el método de máxima verosimilitud, lo que hace necesario identificar el comportamiento del error. Siguiendo a Battese y Coelli (1995), que es el aplicado en este trabajo, el término de error $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ es independiente e idénticamente distribuido; mientras que u_{it} es una variable aleatoria no negativa que asume una distribución independiente truncada en cero $N(m_{it}, \sigma_u^2)$. Donde:

$$m_{it} = z_{it} \psi. \quad (7.9)$$

Siendo z_{it} el vector $p \times 1$ de las variables que pueden influir en la eficiencia de la empresas; y ψ es un vector $1 \times p$ de parámetros a estimar.

Coelli et al. (1999) sugieren que la literatura ofrece dos enfoques alternativos para la inclusión de las variables ambientales. Uno supone que los factores ambientales influyen en la tecnología y, por lo tanto, estos factores deben ser incluidos directamente en la función (7.8) como regresores. El otro enfoque asume que los factores ambientales influyen directamente en el grado de

eficiencia técnica y por lo tanto, deben incluirse en la ineficiencia, ecuación (7.9). Si estas variables están incluidas dentro de la función translogarítmica, la medida de eficiencia obtenida será neta de los efectos de las variables ambientales. Caso contrario, las medidas de eficiencias serán brutas y el efecto de la variable Z estará incluido en la medida de eficiencia.

Para las estimaciones de los parámetros de las ecuaciones (7.8) y (7.9) se empleó el programa Frontier 4.1 desarrollado por Coelli (1996).

7.3 Eficacia en la industria de agua: modelo no paramétrico

Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el servicio que prestan las empresas proveedoras de agua está tipificado como un derecho humano. Tanto el servicio de suministro de agua potable como el de recolección de aguas residuales ayudan a mejorar la salud de la población, logrando un progreso en la calidad de vida.

En países en desarrollo, el servicio de agua potable ha venido incrementándose hasta llegar a cubrir una parte importante de la población. El servicio de alcantarillado también ha incrementado su cobertura, aunque no en la misma proporción. Las empresas de estas regiones tienen como objetivo primordial prestar este servicio, descuidando otros factores de calidad como son la disminución del agua perdida, la continuidad del servicio, la calidad del agua potable y el tratamiento de las aguas residuales.

En Latinoamérica, el 60% de las conexiones de agua tienen un servicio intermitente, es decir, no se dispone de agua las 24 horas del día. El agua no facturada se sitúa entre un 40% y un 75% para las ciudades grandes. La calidad del agua solo se controla en un 24% de la población urbana. Un 20% de las muestras violan las normas nacionales en cuanto a propiedades microbiológicas, químicas y físicas (Canales, 2011).

En Latinoamérica para el año 2005, de acuerdo con la Banco Mundial, el 92% de la población tenía acceso al agua potable, mientras que solo un 77% contaba con acceso a servicios de mejora de recolección de aguas residuales³⁸.

³⁸ El acceso a mejoras en las instalaciones sanitarias se refiere al porcentaje de la población con un acceso adecuado a instalaciones de desecho que puedan evitar eficazmente el contacto de humanos, animales e insectos con las excreciones. Las mejoras en las instalaciones van desde letrinas sencillas, pero protegidas, hasta baños con descarga y conexión cloacal. Para que sean eficaces, las instalaciones deben

Una de las ventajas para los hogares de tener acceso a los servicios de suministro de agua potable, es la liberación de renta que puede ser destinada a adquirir otros bienes de primera necesidad. Para las familias, la compra de agua procedente de diferentes fuentes supone, en general, un coste más elevado y una menor calidad que la suministrada por las empresas de agua. En la medida en que las empresas o gobiernos dirijan sus políticas a incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y de recolección de aguas residuales se puede conseguir una disminución de la pobreza e indigencia (Canales, 2011).

Por otra parte, aproximadamente un 40% del agua suministrada no se factura. Esta situación se agrava ya que un gran porcentaje de esta facturación no es medida, lo que implica que se está cobrando un servicio sobre la base de estimaciones.

Sobre las situaciones descritas anteriormente, es conveniente determinar el grado de eficacia de las empresas de la industria de agua. Este concepto es definido por el nivel de cumplimiento de las metas. Se considera eficaz una empresa si alcanza las metas establecidas en un período dado. En la medida de que las empresas se esfuercen para cumplir sus fines, serán más eficaces.

El objetivo principal de las empresas de agua es suministrar servicios de agua potable y recolección de aguas residuales a la población. Se considera que una empresa es eficaz si logra abastecer al 100% de la población que se encuentra en su área. Por otra parte, en la medida en que una empresa facture la cantidad de agua que provee, podrá recuperar los costes en los que ha incurrido al proporcionar sus servicios.

Con el fin de determinar la eficacia de las empresas de suministro de agua se ha empleado como sub-indicador la población cubierta en términos de recolección de aguas residuales por habitante y la cantidad de agua potable facturada por habitante. El primero de los indicadores permite evaluar el cumplimiento de las metas de cobertura de las empresas; mientras que el segundo capta la eficacia de las empresas al facturar la mayor cantidad de agua por habitante.

Para medir la eficacia en las empresas de agua de Latinoamérica se emplea la ecuación 5.18, que a continuación se reescribe y es calculado a través del DEA:

construirse correctamente y someterse a un mantenimiento adecuado (World Bank. <http://www.worldbank.org/>).

$$IC = \max \sum_{i=1}^m w_i y_i$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m w_i y_i \leq 1;$$

m restricciones, una por cada país

$$w_{c,i} \geq 0$$

m restricciones, una por cada subindicador

donde IC es el índice compuesto, w_i es el peso de la suma de los subindicadores, e y_i son los diferentes subindicadores.

Capacidad potencial de los inputs

Luego la comparación entre la eficacia de las empresas y la eficiencia, permite analizar la relación que existe entre estos dos conceptos. Siguiendo a Mbuvi et al. (2012), se determinara la capacidad potencial de los inputs (CPI) para estudiar la relación entre estos términos y su determinación se hace con la ecuación (5.19) que a continuación se reescribe:

$$CPI = \frac{\text{Eficacia (IC)}}{\text{Eficiencia Técnica}}$$

Si el CPI es superior a 1 existirá un exceso de recursos. Si es menor que 1 existirá una falta de recursos. Por otra parte, si $CPI=1$, entonces existe una utilización exacta de los recursos.

La finalidad de las empresas es alcanzar los objetivos propuestos a la vez que son eficientes. En este caso de la industria de agua, las empresas procuraran cubrir a toda la población, tanto con el servicio de agua potable, como con el de recolección de las aguas residuales. Una mayor cobertura de estos servicios traerá una mejor relación cliente-gobierno-empresas. Los primeros por el servicio recibido; los segundos por el logro de sus fines (maximizar el bienestar social, en este caso, cubriendo a la población con servicios básicos). En algunos casos esta mayor eficacia en las empresas puede verse compensado con una menor eficiencia, debido a un mal aprovechamiento de los recursos. Sin embargo, una mejor combinación de los factores productivos en la industria de agua traerá consigo una empresa eficiente.

7.4 Datos

Los datos sobre las empresas de agua fueron tomados de la International Benchmarking Network (IBNET) mientras que la información económica de los países se obtuvo de la página del Banco Mundial. IBNET es una red internacional de comparaciones para empresas de agua y saneamiento, creada por el Banco Mundial. Su objetivo es apoyar y promover las comparaciones y sus beneficios, a efectos de que se convierta en una práctica generalizada en el sector de agua y saneamiento mundial. Esta base ha sido empleada por Nauges y van den Berg (2007, 2008) en trabajos de comparaciones de países.

La base de datos de IBNET está conformada por 14 grupos de indicadores: cobertura y calidad del servicio, consumo y producción de agua, facturación y recaudación del servicio, agua no facturada, desempeño financiero, prácticas de medición, activos, desempeño, accesibilidad del servicio, costes operativos y de personal, e indicadores de proceso. En su mayoría, estos datos se muestran relativizados por habitantes, otros son mostrados como índices. Con el fin de homogenizar la información, los datos empleados en el modelo aquí descrito, fueron relativizados por habitantes.

IBNET cuenta con información sobre gran cantidad de países del mundo. Pudo hacerse una comparación con otras regiones, pero la heterogeneidad entre las empresas fue mayor. Por ello, se decidió seleccionar una muestra de los países de Latinoamérica, de acuerdo con lo descrito anteriormente y atendiendo a la disponibilidad de información sobre las variables escogidas. No hay un consenso entre la definición de los países latinoamericanos. Por un lado se incluyen países del mar Caribe, y por otro solo se toman los países de habla de lenguas romance, incluyendo el francés.

Los países que conforman la muestra, además de ser diferentes en cultura y costumbres, presentan también divergencias en cuanto al desarrollo económico y a la extensión geográfica. En este sentido, el servicio de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales, también es diferente.

Los países seleccionados son Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México y Panamá. Se emplearon datos correspondientes al período 2003-2006. La base está constituida por 335 empresas, con un total de 812 observaciones. El panel de datos está desbalanceado, disponiéndose de una mayor cantidad de datos de Brasil (ver Tabla 33). No obstante, la muestra seleccionada cubre el 30% de la población total y, para la mayoría de los países, este porcentaje se sitúa por encima del 25%.

Tabla 33. Detalle de la muestra. Latinoamérica

País	Total		Muestra		Porcentaje	
	Empresas	Población	Empresas	Población	Empresas	Población
Argentina	24	40.117.096	7	13.116.982	29,17%	32,70%
Bolivia	14	10.627.269	2	2.661.352	14,29%	25,04%
Brasil	4.533	185.564.000	254	67.607.047	5,60%	36,43%
Chile	45	16.432.674	12	11.955.309	26,67%	72,75%
Colombia	365	45.446.247	47	18.408.266	12,88%	40,51%
México	2.000	112.336.538	12	6.249.506	0,60%	5,56%
Panamá	2	3.405.813	1	3.375.030	50,00%	99,10%
Total	6.983	413.929.637	335	123.373.492	4,80%	29,81%

Fuente: Banco Mundial e IBNET. Elaboración propia

Brasil y México poseen la mayor cantidad de empresas, atendiendo a un promedio de 60.000 habitantes por empresa, aproximadamente. Estos países cuentan con ciudades que concentran una gran cantidad de habitantes. Sao Paulo (Brasil) y ciudad de México (México) poseen más de 10 millones de habitantes. Otras sobrepasan los dos millones; en Brasil, Río de Janeiro, Salvador de Bahía, Fortaleza, Brasilia y Belo Horizonte; mientras que en México se encuentran Guadalajara, Monterrey y Puebla.

Las empresas seleccionadas de Chile y Panamá cubren más del 70% de la población total, mientras que México presenta el menor porcentaje de cobertura. En Bolivia se cubre la cuarta parte de la población, y en Colombia poco más del 40%. Los porcentajes de cobertura mostrados en la Tabla 33, se incrementarían si la población que se tomara como base fuera la urbana. Esta tasa se ubicó para el 2006 en 85% y 76% para Brasil y México, respectivamente. En Panamá sólo existen dos empresas. La que forma parte de esta muestra es una empresa de carácter nacional y cubre más del 99% de la población.

Productos

Las empresas de la industria de agua prestan servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales. Los diferentes trabajos de economía que han tratado este sector han utilizado diferentes variables para medir los outputs. Investigaciones sobre eficiencia en esta industria se han realizado considerando un solo output (Sabbioni, 2008), mientras que otras han definido la industria como multiproducto.

En esta investigación se caracteriza la industria de agua como una actividad multiproductiva. El producto agua facturada (*Y1*) se utiliza como una aproximación del servicio de suministro de agua. Esta variable se denominará **agua** en forma abreviada. Una vez que las empresas han potabilizado el agua cruda, es transmitida a los diferentes depósitos de almacenamiento, para luego ser distribuida a los clientes finales. Lo normal es que para el cobro del servicio, se mida el agua realmente consumida por los usuarios. En algunos casos, y más aún en países en vía de desarrollo, muchas empresas no miden el agua facturada. Así, para el cobro del servicio, se estima un consumo mínimo, que es facturado. En los países de Latinoamérica, existen elevados niveles de agua no contabilizada, entre 40 y 75% (Garzonio, 2011).

El consumo total de agua corresponde a la cantidad de agua que es facturada, incluyendo aquella no contabilizada. Esta variable ha sido medida en m³ al año por habitante. Teóricamente, de acuerdo con IBNET, el mejor indicador de consumo de agua se expresa en términos de litros por persona y día. Sin embargo, las empresas confían más en el número de conexiones de su sistema, debido a la falta de datos precisos sobre el consumo total (falta de micromedición) y a la calidad de los datos del censo, que algunas veces está desactualizado.

En la muestra estudiada, el promedio de agua facturada por habitante al año menor, lo poseen las empresas de Bolivia, mientras que el mayor corresponde a la empresa de Panamá (ver Tabla 34), que abarca casi todo el territorio nacional. En la muestra, el agua facturada promedio sobre agua suministrada por habitante al año se ubica por debajo del 71%. Esta situación se agudiza en Colombia y Panamá, donde las empresas de la muestra facturan menos del 60% del agua suministrada.

El output que representa el servicio de recolección de aguas residuales, se denomina **alcantarillado** (*Y2*), y está medido a través de la población cubierta con este servicio. La mejor variable para representar este output es la cantidad de agua residual recogida, pero ésta no está disponible. *Y2* se determina como la población con servicio de aguas residuales entre la población ubicada en el área de responsabilidad de la empresa.

Tabla 34. Productos y factores de producción, promedios por país, 2003-2006. Latinoamérica

País (*)	Y1 (m ³ /año)	Y2 (%)	X1 (\$)	X2 (\$)	X3 (\$)	X4 (Km)	Z1 (%)	Z2 (%)
Argentina	118,04	70,11	3,21	0,64	1,91	0,003	0,08	0,28
Bolivia	35,91	61,50	0,52	0,12	0,78	0,002	0,16	0,29
Brasil	60,88	57,99	4,15	2,29	4,13	0,004	0,25	0,35
Chile	71,26	91,43	6,17	1,51	21,78	0,003	0,27	0,33
Colombia	55,47	82,06	3,12	2,34	2,16	0,002	0,21	0,43
México	64,29	80,08	8,74	4,11	12,07	0,003	0,18	0,34
Panamá	132,67	46,50	3,88	4,95	3,35	0,002	0,10	0,41
Total	61,32	61,21	4,13	2,29	4,28	0,004	0,24	0,36

Fuente: IBNET. Elaboración propia

Todas las variables están relativizadas por habitante

Como es normal en los países en desarrollo, la cobertura de agua potable es superior a la cobertura de alcantarillado. La empresa de Panamá posee la menor cobertura de alcantarillado, ubicándose muy por debajo de la media, mientras que las empresas de Chile, cubren más del 90% de la población que se encuentra bajo su área de responsabilidad. Las empresas de Brasil y Bolivia cubren aproximadamente un 60% de la población bajo su responsabilidad. Las estadísticas descriptivas de los outputs se muestran en la Tabla 35.

Factores

Los factores más comúnmente utilizados en los estudios económicos de la industria de agua son el trabajo y el capital. La industria de agua requiere personal especializado en hidráulica, obreros para el manejo de las plantas de tratamiento (de agua potabilizada y residual) y vigilancia de los sistemas de transmisión, distribución y recolección, así como de personal administrativo y gerencial.

El **trabajo** ($X1$) puede medirse por la cantidad de personal que trabaja en las empresas, pero este dato no estaba disponible para todas las empresas de la muestra. Por ello, se eligió como variable el coste de mano de obra incluyendo las cargas sociales, expresadas en dólares al año por habitante.

Este gasto constituye un componente de gran influencia en la estructura de coste total de las empresas. La desagregación de este gasto para el servicio de agua potable y de recolección de aguas residuales no estaba disponible. Pero esto no

es un problema para la investigación, ya que las empresas prestan ambos servicios conjuntamente.

En los últimos tiempos se está observando en la industria de agua la contratación de personas ajenas a las empresas para realizar trabajos propios operativos. Esto trae como consecuencia que algunas empresas tengan poco gastos de mano de obra contablemente y puedan ser consideradas como eficientes. Estos datos no están disponibles en la base, y su inclusión mejoraría la estimación del modelo. El gasto de personal promedio mayor se encuentra en la muestra de empresas de México, seguido de Chile. Por otra parte, Bolivia se encuentra muy por debajo de la media (ver Tabla 34). No obstante, el gasto de personal contratado se encuentra en el factor otros gastos, descrito en párrafos siguiente.

La industria de agua requiere energía para bombear el agua potable y las aguas residuales a los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final. Se ha incluido en esta investigación la **electricidad** (*X2*) como segundo factor que ha sido medido en la literatura empleando diferentes variables. Teniendo disponibilidad de datos, la mejor variable es el consumo real medido en kilovatios, IBNET no proporciona esta información. Por ello se empleó como aproximación el gasto en energía eléctrica, medido en dólares al año por habitante. La empresa de Panamá posee el mayor consumo de electricidad por habitante, seguido de las empresas de México.

También se incluyó como factor de producción los **otros gastos** (*X3*), determinado por la diferencia entre el total de los gastos operativos y los gastos de mano de obra y de electricidad. Está expresado en dólares al año por habitante. Con esta variable se trata de captar todos aquellos otros inputs del proceso de producción: químicos, materiales y suministros y otros gastos operativos y de mantenimiento de la industria.

El mayor gasto promedio en esta partida lo presentan las empresas de Chile, muy por encima de la media. Las empresas de México también poseen un alto monto en esta partida.

El capital es el otro factor productivo importante en este sector. Una cantidad considerable del capital de la industria de agua está constituido por las redes de transmisión y distribución de agua y las de recolección de aguas residuales y tratadas. Otra parte importante está representada por las inversiones en plantas de potabilización y tratamiento.

Siguiendo la literatura, se utilizó como una aproximación del **capital** (*X4*) la longitud de la red de distribución de agua, medida en kilómetros por habitante. Si bien es cierto que la red de agua potable es diferente a la red de recolección de

aguas residuales, la variable puede ser empleada como una buena proxy para los dos sistemas. Datos de otros activos no estaban disponibles en la base de datos.

Otras variables

En la industria de agua existen factores que la empresa no puede controlar y que pueden afectar a la actividad y calidad del servicio prestado. En algunos casos, estas características pueden afectar la eficiencia de las empresas. Tal es el caso del número de conexiones medidas y del agua perdida.

La medición del agua consumida por los clientes es considerada una buena práctica. Algunas empresas tienen un sistema de medición a nivel de toda su red de transmisión, pero cuentan con un bajo nivel de micromedición en sus clientes. En otros casos, las empresas poseen un sistema de micromedición, pero por diversas razones estos medidores no son leídos.

En las empresas de la muestra de los países de Latinoamérica el nivel de micromedición es bajo, no llegando en promedio a más del 25% (Tabla 34) y en algunos casos se aproxima al 10%, como en Argentina y Panamá. Para mejorar el servicio de agua potable en los países de Latinoamérica, algunos programas de organismos multilaterales, incorporan medidas para reducir el despilfarro del agua potable. Una de estas medidas se concreta en la instalación de micromedidores a los usuarios. Estos instrumentos tienen altos costes, los cuales son asumidos en su totalidad por las empresas, instalándose una proporción menor. Éstos no reciben mantenimiento ni son empleados para la facturación del servicio a los usuarios (Beato, 1997).

Debido a esta situación, se ha incluido como una variable del entorno el número de conexiones medidas (*Z1*). Esta variable se considera como un nivel de medición y está determinada por el número total de conexiones con medidor funcionando sobre el número de habitantes. El promedio total es inferior al 25%, alcanzando 8% y 10% en Argentina y Panamá, respectivamente.

Otra problemática del servicio de suministro de agua en los países en desarrollo es la pérdida de agua. La proporción de agua no contabilizada, denominada agua perdida, captura las pérdidas comerciales atribuibles a la facturación ineficiente, a las conexiones ilegales, así como a las pérdidas físicas propiamente dichas. Altos niveles de agua no contabilizada pueden indicar una gestión deficiente del sistema y/o una mala práctica comercial, así como un mantenimiento insuficiente de las redes (Tynan y Kingdom, 2002). Por otra parte, puede esperarse que si las empresas pierden mucha agua pueden aparecer como más eficientes técnicamente, sobre todo si se considera como output el agua producida.

A fin de controlar el efecto de las pérdidas de agua en los países de la muestra de Latinoamérica, se incorporó como variable ambiental el agua perdida en red (*Z2*). Esta variable se determina por un ratio calculado por la diferencia entre el agua suministrada y el agua facturada, dividido entre el agua suministrada. Por lo general se requieren mayores inputs, a medida que se incrementan las pérdidas.

Tal como se aprecia en la Tabla 34, en la mayoría de los países de la muestra, el agua perdida se encuentra en más del 25% del agua suministrada, mientras que en otros representa más del 40%, como es el caso de Colombia y Panamá.

Existen características heterogéneas entre los países de la muestra. A fin de controlar los efectos de cada país, se han creado 7 variables *dummy* (*R*) que permitirán recoger los efectos fijos asociados a los países. Cada una de estas variables tomará el valor de 1 en el país al que se hace referencia y 0 en el resto.

Las partidas del modelo se ajustaron tomando el deflactor del Gasto Nacional Bruto. Previamente fueron convertidas aplicando el factor de conversión de PPA (PIB) al cociente de tipo de cambio del mercado. Ambos factores fueron tomados del Banco Mundial.

Factores explicativos de la ineficiencia

Las empresas de agua pueden asumir diferentes tipos de personalidad jurídica. La distinta normativa de constitución y forma de organización que adoptan las empresas puede influir en la eficiencia técnica de las mismas. La base de datos de IBNET clasifica las empresas de agua de Latinoamérica atendiendo a 4 tipologías. Para recoger esta diferencia se han creado 4 variables *dummy* que permitirán reflejar el efecto en la eficiencia de las empresas.

Estas pueden ser de tipo municipal (*D1*), si su radio de acción es solo un municipio; regional (*D2*), cuando su servicio abarca más de un municipio; y será nacional (*D3*) cuando alcance una cantidad considerable de regiones y dependa del poder central. Estas variables tomarán el valor de 1 si corresponde al tipo de empresa o cero en caso contrario. Existen más empresas de carácter regional (ver Tabla 35). Se espera que este tipo de empresas sean más eficientes, por el aprovechamiento de las economías de escala.

Tabla 35. Estadísticas descriptivas de las variables. Latinoamérica

Tipo de variable	Definición (*)		Media	Mínimo	Máximo	
Producto	Agua facturada (m ³ / año)	Y1	61,3	21,4	187,4	
	Población con servicio de alcantarillado (población)	Y2	0,60	0,01	1	
Factor	Trabajo (Dólares)	X1	0,61	0,22	20,82	
	Electricidad (Dólares)	X2	4,13	0,01	15,48	
	Otros gastos (Dólares)	X3	2,29	0,03	43,62	
	Red (Km)	X4	0,004	0,0006	0,027	
Variables del entorno	Conexiones medidas (%)	Z1	0,24	0,002	0,60	
	Agua perdida (%)	Z2	0,36	0,07	0,67	
	País			Nº de empresas (%)		
		Argentina	R1		7	(2,09)
		Bolivia	R2		2	(0,60)
		Brasil	R3		254	(75,82)
		Chile	R4		12	(3,58)
	Colombia	R5		47	(14,03)	
	México	R6		12	(3,58)	
	Panamá	R7		1	(0,30)	
		Tipo de empresa				
Factores de eficiencia	Municipal	D1		142	(42,39)	
	Regional	D2		190	(56,72)	
	Nacional	D3		3	(0,90)	

(*)Todas las variables han sido relativizadas por habitante.
Elaboración propia

7.5 Resultados empíricos de Latinoamérica: Eficiencia

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de la función de distancia previamente definida. Los datos han sido normalizados dividiendo cada input y cada output por su media geométrica, con el fin de facilitar la interpretación de los parámetros de la función translogarítmica. Esto permite explicar los coeficientes de primer orden como las elasticidades de cada uno de los inputs y outputs, evaluados en la media. Por otra parte, se ha empleado la

restricción de homogeneidad para determinar aquellos parámetros que no se estimaron directamente.

Parámetros de primer orden

Por tratarse de una función de distancia orientada a los inputs, el signo de los parámetros de primer orden correspondientes a los outputs debe ser negativo, ya que aumentos en el nivel de productos genera una reducción en la distancia de la empresa analizada respecto a la frontera. El signo de los inputs debe ser positivo, debido a que su disminución traerá consigo una reducción en la distancia de la empresa que se analiza.

Los resultados de la aplicación de la función de distancia a la industria de agua latinoamericana se muestran en la Tabla 36. El modelo presenta los signos esperados de los coeficientes de primer orden y todos son significativamente diferentes de cero.

De los factores productivos, el que mayor incidencia tiene, como era de esperar, es el capital ($X4$) que parece determinar en mayor medida las variaciones de la distancia. Este factor es seguido de la electricidad ($X2$). Esta última presenta una alta incidencia en el servicio de agua potable y aguas residuales, ya que es necesaria para bombear el agua en las diferentes zonas.

Propiedades de la función de distancia

La función de distancia orientada a los inputs, de acuerdo con lo expuesto en capítulos anteriores, satisface las siguientes propiedades teóricas: decreciente en outputs y no decreciente en inputs. Tal como se aprecia en la Tabla 37 el signo de los outputs debe ser negativo, y esto se consigue en el 99,75% de Y1 y en el 88,67% de Y2. Por otra parte, el signo de los inputs debe ser positivo y, como se observa en la mencionada tabla, la elasticidad de los inputs es positiva en más del 90% de las observaciones. Se destaca que en el input que representa el capital, la elasticidad es positiva en el 100% de las observaciones.

Tabla 36. Parámetros estimados. Latinoamérica

Variable	Par.	Coef.	T-ratio	Variable	Par.	Coef.	T-ratio
Constante	α_0	0,509	10,545	Ambientales			
Inputs				Z1	ξ_1	-0,164	-7.045
ln X1	β_1	0,179		Z2	ξ_2	-0,154	-5.759
ln X2	β_2	0,211	10,117	R1	ξ_3	-0,394	-3.027
ln X3	β_3	0,058	3,720	R2	ξ_4	0,321	1.188
ln X4	β_4	0,552	29,780	R3	ξ_5	-0,498	-11.121
ln X1 . ln X1	β_{11}	-0,070		R4	ξ_6	-0,481	-4.229
ln X2 . ln X2	β_{22}	0,140	4,159	R6	ξ_7	-0,686	-6.753
ln X3 . ln X3	β_{33}	0,016	0,743	R7	ξ_8	-0,106	-0.343
ln X4 . ln X4	β_{44}	-0,015	-0,393				
ln X1 . ln X2	β_{12}	-0,042		Ineficiencia			
ln X1 . ln X3	β_{13}	-0,048		Constante	Ψ_0	-0,200	-0.395
ln X1 . ln X4	β_{14}	0,020	-0,095	D1	Ψ_1	-1,051	-1.776
ln X2 . ln X3	β_{23}	-0,030	-1,394	D2	Ψ_2	-3,518	-1.703
ln X2 . ln X4	β_{24}	-0,068	-2,253				
ln X3 . ln X4	β_{34}	0,063	2,740	Sigma-squared		0,292	2.360
Outputs				Gamma		0,708	5.458
ln Y1	α_1	-0,456	-10,636	Log likelihood function			-192.12
ln Y2	α_2	-0,044	-2,167	LR test of the one-sided error			9.715
ln Y1 . ln Y1	α_{11}	0,294	1,733	Eficiencia promedio			0.922
ln Y2 . ln Y2	α_{22}	-0,011	-0,523				
ln Y1 . ln Y2	α_{12}	0,012	0,301				
ln Y1 . ln X1	δ_{11}	0,065					
ln Y1 . ln X2	δ_{12}	-0,144	-2,628				
ln Y1 . ln X3	δ_{13}	0,041	0,841				
ln Y1 . ln X4	δ_{14}	0,039	0,714				
ln Y2 . ln X1	δ_{21}	-0,030					
ln Y2 . ln X2	δ_{22}	-0,024	-1,158				
ln Y2 . ln X3	δ_{23}	0,019	1,284				
ln Y2 . ln X4	δ_{24}	0,035	1,826				

El modelo se estima por máxima verosimilitud, para lo cual se utiliza la parametrización sugerida por Battese y Corra (1977), estimando $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)}$

Tabla 37. Propiedades de la función de distancia. Latinoamérica

Elasticidad	Desviación		Mínimo	Máximo	%	
	Media	estándar			Positivo	Negativo
Y1	-0,456	0,135	-0,838	0,109	0,25	99,75
Y2	-0,044	0,036	-0,179	0,098	11,33	88,67
X1	0,179	0,051	-0,021	0,342	99,63	0,37
X2	0,211	0,096	-0,293	0,502	98,28	1,72
X3	0,058	0,048	-0,118	0,276	89,66	10,34
X4	0,552	0,070	0,225	0,828	100,00	0,00
Elasticidad de escala	-0,500	0,149	-0,940	0,128	0,25	99,75

Otras variables

Las dos variables que permiten diferenciar la tecnología de las empresas de agua de Latinoamérica son el número de conexiones medidas y la pérdida de agua. Los resultados permiten confirmar que estas variables son altamente significativas.

Las conexiones medidas tienen un efecto ambiguo sobre los inputs. Por una parte, un incremento de medición debería dar lugar a una reducción de los requisitos de inputs debido a la disminución de la demanda de agua. Por otra parte, se requiere una inversión de capital para la instalación de los medidores y un aumento de los gastos operativos que son necesarios para facilitar una mayor medición de las instalaciones domésticas.

Las conexiones medidas presentan un signo negativo, indicando que la frontera se aleja del origen, disminuyendo la distancia de las empresas de la industria de agua de Latinoamérica.

El agua perdida tiene el signo negativo esperado. Esta variable controla las diferencias originadas por las pérdidas de agua en el sistema de distribución y los requerimientos de inputs. Por lo general, se necesitan mayores cantidades de inputs cuando las pérdidas se incrementan.

En las empresas de los países de Latinoamérica, las pérdidas de agua, y en todos los países en vía de desarrollo, las pérdidas de agua son un problema. De acuerdo con los resultados, se puede indicar que en la muestra de estudio existe una gestión deficiente del sistema y/o una mala práctica comercial. También,

puede suceder que el mantenimiento de las redes sea insuficiente (Tynan y Kingdom, 2002). Un mayor control sobre el agua perdida permitirá un uso racional del agua y, por consiguiente, una racionalización de los recursos.

El agua perdida en las empresas de la muestra es alta, llegando a alcanzar en algunos casos a más del 40%. Por ello, se deberían buscar incentivos para que las empresas disminuyan estas pérdidas, contribuyendo con ello a una mejor utilización de los outputs por parte de la población.

La mayoría de las variables *dummy* que recogen el efecto fijo de los países son significativas, predominando entre ellos el signo positivo. La inclusión de estas variables mejora el modelo, limpiando la ineficiencia de las diferencias legislativas y características ambientales que existen en cada país.

Variables explicativas de la ineficiencia

Las empresas de agua de la muestra están constituidas en cuatro formas diferentes. Esta organización implica toma de decisiones, legislación y tamaño del área donde se presta el servicio. Por tanto, parece claro que el tipo de organización de las empresas puede afectar a la eficiencia.

Las empresas que operan a nivel nacional casi siempre dependen directamente del poder central, mientras que en las regionales y municipales la toma de decisiones está más descentralizada. Se espera, por tanto, que las empresas regionales sean más eficientes, por cuanto poseen un tamaño no muy grande, aprovechando las economías de escala.

Los parámetros de las variables *dummy* para las empresas de tipo municipal (D_1) y regional (D_2) son significativos. Las empresas que se constituyen como regionales son las más eficientes (ver Tabla 38) y las eficiencias promedio de la muestra por país son muy similares. Esto puede deberse al aprovechamiento de las economías de escala.

Eficiencia técnica

De acuerdo con los resultados obtenidos la eficiencia técnica promedio anual de la muestra de países de Latinoamérica tuvo una ligera reducción en los años de estudio. Este descenso supuso el paso de 0,934 en 2003 a 0,909 en 2006.

Para algunas empresas se percibe un leve incremento de la eficiencia en el último año de estudio, como es el caso de las empresas de Argentina y Panamá (ver Figura 26). Sin embargo, a pesar de que Panamá tuvo una mejoría en su eficiencia, su empresa ocupa el último lugar en comparación con las empresas de la muestra de los demás países.

Tabla 38. Eficiencia promedio por forma de organización. Latinoamérica

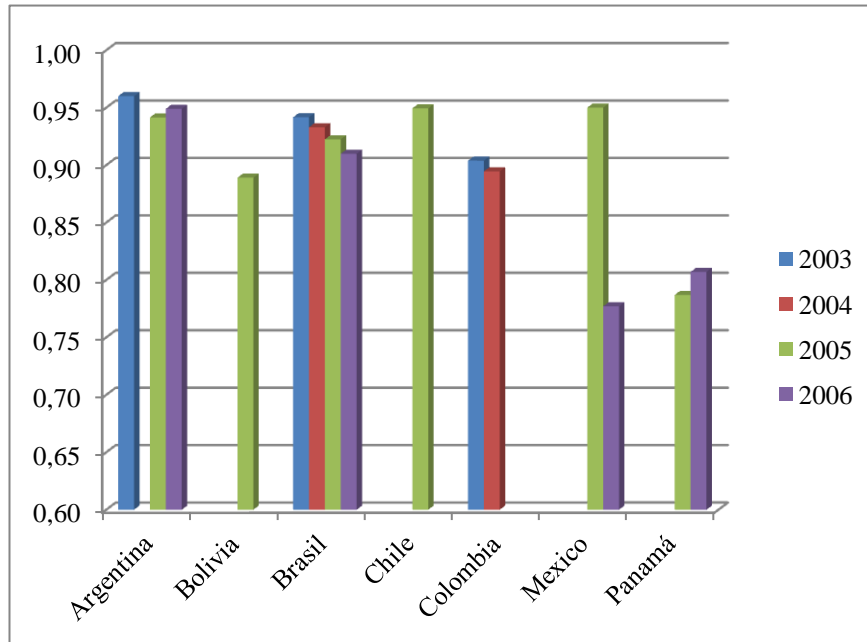
País	Municipal	Regional	Nacional	Promedio
Argentina		0,947		0,947
Bolivia		0,947	0,831	0,889
Brasil	0,876	0,949		0,924
Chile		0,949		0,949
Colombia	0,889	0,943		0,899
México		0,949	0,611	0,921
Panamá			0,797	0,797
Total	0,879	0,949	0,759	0,922

Para el año 2005, el incremento del PIB promedio de los países de la muestra fue superior al de los años anteriores. Pero analizando individualmente el PIB de cada país, se aprecia una disminución considerable de este indicador en Brasil y Colombia, siendo estos países los que más observaciones tienen en la muestra estudiada. Esto puede ayudar a explicar el estancamiento en el crecimiento de los niveles de eficiencia.

Las empresas de México ocupan el primer lugar en el año 2005. No obstante, la eficiencia promedio disminuye en 2006, ocupando el último lugar entre las empresas en ese año. Esta reducción es la más pronunciada en toda la muestra de estudio. Sin embargo, para ese año México tuvo un crecimiento de 2 puntos del PIB con respecto al año 2005. Por tanto, se espera que a medida que los países mejoren su situación económica, mejore la calidad de vida de la población, y por tanto, aumente el acceso al agua potable y a los servicios relacionados.

A su vez se quiso evaluar si el tamaño de la organización, medido a través de la población atendida, tenía relación con la eficiencia de los países valorados. Las empresas se clasificaron en 5 tipos; en el primero se agrupan las empresas que atienden una cantidad superior a 1.000.000 de habitantes; el segundo grupo está conformado por las empresas que atienden más 500.000 y menos de 1.000.000 de habitantes; el tercero atiende a un rango comprendido entre 100.000 y 500.000 habitantes; en el cuarto grupo se encuentran las que atienden a una cantidad mayor a 50.000 pero menor a 100.000 habitantes; y el último lo conforman las empresas que son responsables de menos de 50.000 habitantes.

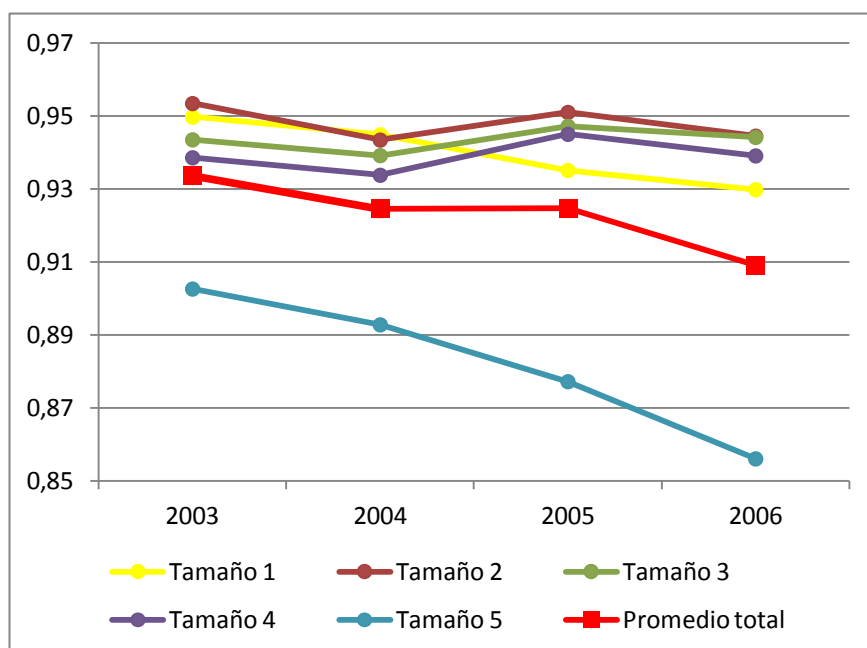
Figura 26. Eficiencia promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica



Se espera que las empresas que atiendan más población sean las más eficientes debido a las economías de escala. Este supuesto está relativamente corroborado por los resultados. Las empresas que atienden a una menor cantidad de población (Tamaño 5) son las más ineficientes y se sitúan por debajo de la media en todos los años de estudio (ver Figura 27). Las empresas que atienden a más de un millón de habitantes (Tamaño 1) reducen su nivel de eficiencia a lo largo de los años de la muestra, situándose en el 2006 con la eficiencia más baja entre los 4 primeros grupos.

Cabe destacar en la Figura 27 la recuperación en el año 2005 de las empresas de tamaño 2, 3 y 4. Se podría decir que las empresas de mediano tamaño son las que lideran la eficiencia en la mayoría de los años en estudio.

Figura 27. Eficiencia promedio, por tamaño, 2003-2006. Latinoamérica



7.6 Resultados empíricos de Latinoamérica: eficacia

El objetivo primordial de las empresas de agua es prestar los servicios de suministro de agua y de recolección de aguas residuales en su área de influencia. En la mayoría de los casos, a estas empresas se les asigna un área específica con la meta de cubrir a toda la población que está bajo su responsabilidad.

La disminución de las pérdidas de agua, también se considera un objetivo primordial en esta industria. En general, las empresas no facturan el total de agua que se suministra. Así, la diferencia entre el agua suministrada y facturada se considera la pérdida de agua del sistema. Estas pérdidas aparentes pueden deberse a varias situaciones, siendo una de ellas el mal estado de la red y otra las tomas ilegales. Esta última forma de pérdidas se hace crítica en aquellos sectores en los que el agua es escasa. Por consiguiente, una medida de eficacia para la empresa es lograr facturar toda el agua que se suministra.

La situación del nivel de cobertura del servicio de alcantarillado y de facturación de toda el agua despachada podría considerarse crítica en los países

latinoamericanos. A fin de contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, las empresas tratarán de llegar con el servicio a toda la población. Por otra parte, en la medida en que las empresas facturen toda el agua despachada, existirán más probabilidades de recuperar, tanto los costes como el capital invertido.

Una empresa es eficaz cuando cumple los objetivos propuestos en el tiempo estipulado. Se podría considerar que prestar el servicio de alcantarillado a toda la población y lograr facturar toda el agua que se despacha conforman unos buenos indicadores de eficacia en la industria de agua de Latinoamérica. Para medir la eficacia se empleará el indicador de la ecuación (31).

Como se aprecia en la Tabla 39, no se ha conseguido el cumplimiento de los objetivos para el año 2006 de manera eficaz en la muestra de empresas de los países de Bolivia, Brasil y Panamá. Las empresas de la muestra de Chile para el año 2005 son las únicas que podrían considerarse eficaces, pues este índice se ubicó por encima de 0,90.

La eficiencia técnica busca el uso óptimo de los recursos para producir una cantidad de outputs. La eficiencia técnica promedio mayor, la representa las empresas de Argentina y Chile para los años 2006 y 2005, respectivamente. Estas empresas son las que están haciendo un mejor uso de los factores de producción. Por otra parte, las que tienen menor eficiencia técnica, son las empresas de México y Panamá. Las empresas de Chile tienen la eficacia y eficiencia técnica más altas.

A fin de evaluar la relación entre eficacia y eficiencia, se empleará el índice de capacidad potencial de los inputs. Este mide el esfuerzo realizado por las empresas para conseguir sus objetivos, a la vez que busca el uso óptimo de sus factores de producción. El CPI tiene un comportamiento inverso a la eficiencia técnica. Un incremento en la eficiencia, *ceteris paribus*, traerá consigo una disminución del CPI. Por el contrario, existe una relación directa, *ceteris paribus*, entre la eficacia y el CPI.

Los resultados presentados en la Tabla 39 confirman lo expuesto anteriormente, ya que las empresas de la muestra de Bolivia, Brasil y Panamá son las que tienen menor índice de eficacia y por consiguiente una menor CPI. Se observa que las empresas de la muestra de México que tienen baja eficiencia técnica, poseen un CPI ubicado en el primer lugar. Las empresas de la muestra de Chile y de Colombia tienen también un CPI alto. La primera tiene la mayor eficacia y eficiencia técnica para el 2005.

Tabla 39. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs por país, 2006. Latinoamérica

País	Eficacia promedio	Eficiencia técnica promedio	CPI promedio (1)	Nº empresas con defecto de recurso	Nº empresas con exceso de recurso
Argentina	0,812	0,949	0,856	4	0
Bolivia (*)	0,615	0,889	0,702	2	0
Brasil	0,668	0,910	0,737	171	65
Chile (*)	0,919	0,949	0,968	6	6
Colombia (**)	0,828	0,895	0,926	20	22
México	0,853	0,777	1,124	1	1
Panamá	0,668	0,807	0,828	1	0
Total				205	94

(1) Capacidad potencial de los inputs

(*) Promedio para el año 2005

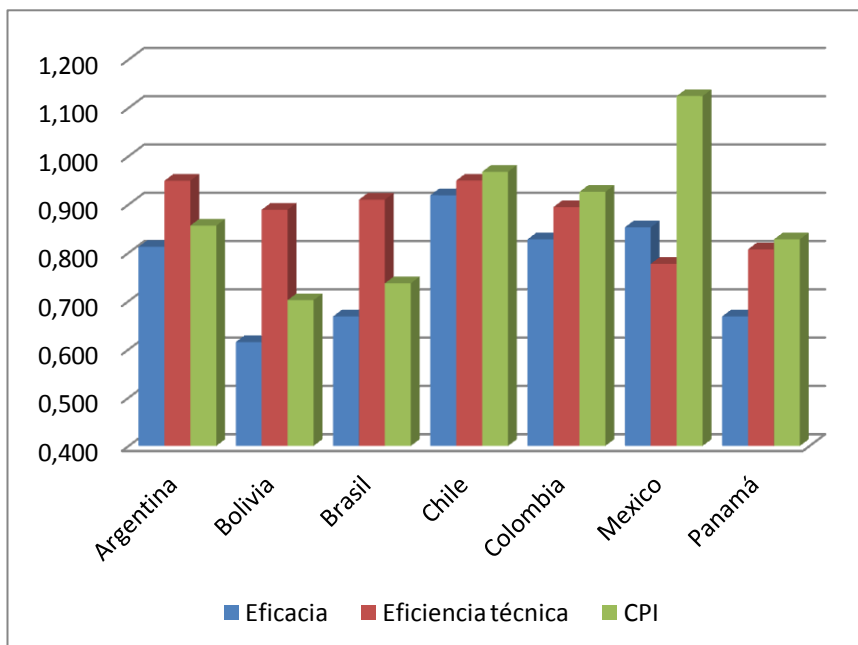
(**) Promedio para el año 2004

El CPI brinda la oportunidad de determinar el uso que se está haciendo de los recursos. Un valor de este superior a 1 implica que la empresa posee un exceso de recursos, lo que también podría traducirse en una subutilización de sus factores de producción. Por el contrario, un valor del CPI inferior a 1 indica una necesidad de recursos.

La mayoría de las empresas tienen necesidad de inputs; es decir, falta de inputs (ver Tabla 39). En el caso de las empresas de Chile, en 2005, la muestra está en igual proporción para necesidad y exceso de recursos. Solo una empresa de Brasil tiene su CPI igual a 1, lo que indica una asignación exacta de los recursos. Esta empresa es regional y abarca una población entre 500.000 y un millón de habitantes.

Se observa una diferencia considerable entre la eficiencia técnica y el CPI (ver Figura 28). Esta situación es similar a la mostrada por la muestra de empresas de México, pero con una diferencia más pronunciada, al igual que la empresa de Panamá. Puede suceder que estas empresas estén subutilizando los factores de producción que tienen.

Figura 28. Eficacia, eficiencia y CPI promedios por país, 2006. Latinoamérica



Del lado contrario las empresas de Argentina, Bolivia y Panamá tienen necesidad de recursos. Las empresas de Bolivia, a pesar de contar con una eficiencia técnica alta, poseen la eficacia más baja, motivando un menor CPI. La situación de la empresa de Panamá para el 2006 llama la atención, ya que es de cobertura nacional y se observa que está subutilizando sus recursos. El carácter centralizado puede explicar este resultado.

El CPI de las empresas de Brasil, es uno de los más bajos, y la mayoría de las empresas se encuentran con necesidad de inputs.

En general, se puede afirmar que hay una necesidad de recursos para la mayor parte de las empresas que componen la muestra. Resultado que era esperable dada la situación socioeconómica de muchos de los países estudiados.

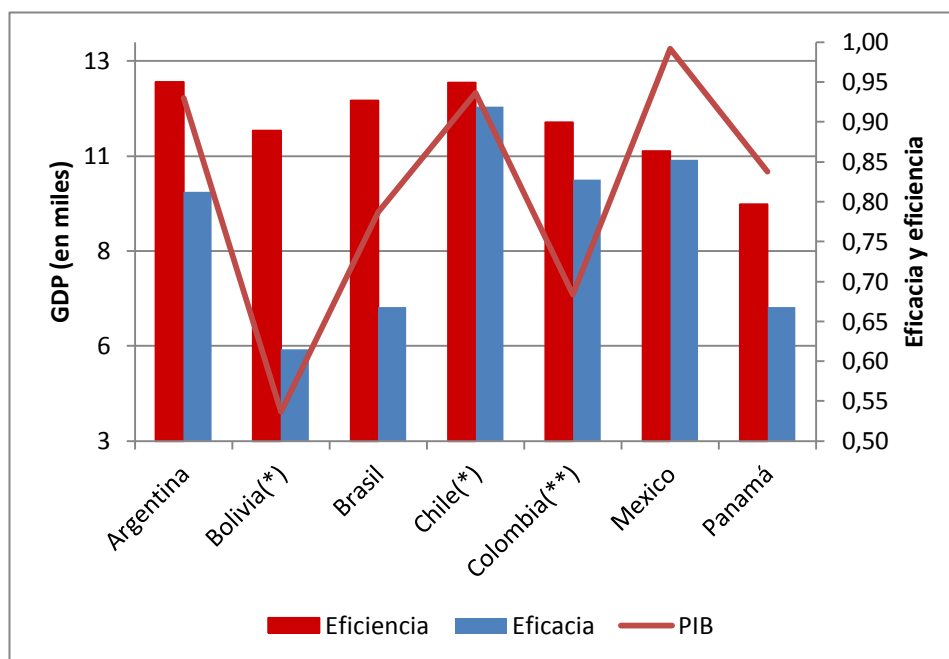
Se espera que los países que tengan un mayor desarrollo puedan cumplir sus metas de una manera más holgada y que sus empresas sean más eficientes. La Figura 29 muestra la relación para el año 2006 entre la eficiencia promedio y eficacia y el desarrollo de los países, medido por el PIB. Se aprecia que las

empresas de los países de mayor desarrollo, a excepción de México, presentan la mayor eficiencia y eficacia.

Por otra parte, Bolivia, que tiene el menor PIB, ofrece un nivel de eficiencia comparable con el de las empresas de los países que tienen un nivel de desarrollo mayor; no así la eficacia, que es la más baja de la muestra de las empresas.

Se podría afirmar que la eficacia guarda una relación estrecha con el desarrollo de los países. En el caso de la eficiencia, exceptuando las empresas de Colombia y México, esta relación también se cumple. Se confirma la situación que se esperaba, sobre la relación entre desarrollo del país y cumplimiento de metas y eficiencia de las empresas.

Figura 29. Eficacia, eficiencia y PIB promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica



(*) Promedio para el año 2005
 (**) Promedio para el año 2004

7.7 Eficiencia en la industria de agua de Brasil

El hecho de que Brasil sea el país con más observaciones justifica un análisis individual de la eficiencia y la eficacia en este país.

Brasil es el país más extenso y desarrollado económicamente de América Latina. En 2010, contaba con una población superior a 194 millones de habitantes que recibían los servicios de agua potable y de recolección de aguas residuales de un gran número de empresas, en su mayoría de carácter municipal.

Eficiencia en la industria de agua de Brasil. Modelo paramétrico

La diferencia con el modelo aquí aplicado y el del apartado 7.2, es la variable *dummy* que captura el efecto fijo. En este caso se trata de capturar las diferentes regiones en que se divide Brasil.

Eficacia en la industria de agua de Brasil. Modelo no paramétrico

Una empresa es eficaz si alcanza las metas propuestas en cada periodo. El grado de eficacia vendrá determinado por el esfuerzo que realice en el cumplimiento de los objetivos. Una empresa 100% eficaz requiere consumos adicionales de factores productivos. En general se puede decir que la eficacia va dirigida a la satisfacción del cliente.

Para medir la eficacia de la industria de agua de Brasil, se empleará el mismo indicador utilizado para medir la eficacia de las empresas de agua de Latinoamérica (ecuación 5.18), que fue introducido por Melyn y Moesen (1991).

La comparación entre la eficacia y la eficiencia de las empresas será determinada por la ecuación (5.19) definida en el apartado 5.9.

Datos

En el año 2006, existían en Brasil más de 4.500 empresas que prestaban los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales. De estas empresas, más del 95% corresponde a empresas locales que atienden a un solo municipio. Existen sólo 26 empresas regionales que tienen bajo su responsabilidad dar servicio a más de un municipio.

La muestra de empresas con la que se realiza este estudio, en el año 2006, está compuesta por empresas que prestan servicios de suministro de agua potable a más del 45% de los habitantes de los que la empresa es responsable de atender (ver Tabla 40). La mayoría de empresas de la muestra corresponde a la región Sudeste, que atiende aproximadamente al 60% de la población de esa región.

Los datos empleados para el estudio de las empresas de Brasil están estructurados en un panel de datos desbalanceado, con 698 observaciones de 254 empresas correspondientes a los años 2003-2006.

Tabla 40. Detalle de la muestra. Brasil

Región	Total		Muestra			N° obseva- ciones
	Empresas	Población responsable	Empresas	Población atendida	%	
Norte	331	7.315.527	4	1.792.790	24,51	14
Nordeste	1.564	33.989.955	41	14.273.877	41,99	113
Sudeste	1.261	64.478.750	150	38.436.664	59,61	401
Sur	950	21.511.222	35	7.186.384	33,41	112
Centro-oeste	427	11.485.774	24	5.917.332	51,52	58
Total	4.533	138.781.228	254	67.607.047	48,71	698

Fuente: Banco Mundial e IBNET. Elaboración propia

Las variables se definen de igual manera que en el modelo aplicado a la industria de agua de Latinoamérica (ver apartado 7.4). Con el fin de facilitar la comprensión de las variables empleadas en este modelo, en la Tabla 41 se muestran las abreviaturas, los significados y las unidades de medida de cada una de ellas.

Brasil está formado por 5 regiones: Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste y Sur. La primera es la región menos poblada pero ocupa el segundo lugar de extensión; en ella predomina el sector agrícola y la ganadería. La región Nordeste es más intensiva en actividad agrícola y además, concentra la mayor cantidad de estados y de extensión de costa. Esta zona es la más heterogénea debido a la diversidad de climas y ambientes. La región Norte es la de mayor extensión, caracterizándose su vegetación por la selva amazónica. Es la de menor contribución al PIB nacional, y las actividades económicas que predominan son la extracción vegetal y algunas actividades mineras. En la zona Sudeste es la industrial; además ostenta la mayor densidad poblacional. En ella se encuentran las tres grandes metrópolis del país y posee una gran zona costera. La región Sur es la de menor extensión y en ella predomina el clima subtropical; también se encuentra una cantidad importante de diversas industrias. Estas dos últimas regiones son las de mayor contribución al PIB de la nación, destacándose un gran parque industrial y un importante desarrollo en la agricultura.

Tabla 41. Definición de variables. Brasil

Abreviatura	Variable	Concepto	Unidad de Medida
Agua	Y1	Agua facturada	m ³ al año/hab
Alcantarillado	Y2	Personas con servicio de recolección de aguas residuales	Número de personas/hab
Trabajo	X1	Gasto en trabajo	\$ americano/hab
Electricidad	X2	Gasto en electricidad	\$ americano/hab
Otros gastos	X3	Otros gastos	\$ americano/hab
Red	X4	Kilómetros de red	Número/hab
Conexiones	Z1	Conexiones medidas	%
Pérdida	Z2	Pérdidas de agua	%
Región 1	R1	Región Norte	Dummy
Región 2	R2	Región Nordeste	Dummy
Región 3	R3	Región Sudeste	Dummy
Región 4	R4	Región Sur	Dummy
Región 5	R5	Región Centro-Oeste	Dummy
Municipal	D1	Si la empresa atiende sólo un municipio	Dummy
Regional	D2	Si la empresa atiende más de un municipio	Dummy

Elaboración propia

En vista de las características heterogéneas existentes entre esas regiones, se han creado 5 variables *dummy* para recoger los efectos fijos de estas diferencias. En la Tabla 41 se muestran estas variables .

Los servicios prestados por las empresas de la muestra son muy desiguales. Las estadísticas descriptivas de las variables empleadas en el modelo de Brasil se muestran en la Tabla 42. En ella, se observa que el agua facturada alcanza un máximo que es tres veces la media, mientras que el mínimo de la población que cuenta con servicio de alcantarillado presenta un valor mínimo que dista mucho de la media. En los inputs estas diferencias son aún mayores. En el caso de la variable otros gastos, el máximo es más de 400 veces el mínimo.

Un problema que presenta la industria de agua en Brasil radica en la lectura de los micromedidores. El mínimo de la variable conexiones se encuentra muy alejado de la media, ubicándose en menos de un 1%. En situación casi similar, se

encuentra el agua perdida. Estas dos variables representan dos graves problemas comunes a los países de Latinoamérica.

Tabla 42. Estadísticas descriptivas de las variables. Brasil

Tipo de variable	Definición (*)	Media	Mínimo	Máximo	
Producto	Agua	Y1	60,9	21,4	187,4
	Alcantarillado	Y2	0,580	0,0100	1
Factor	Trabajo	X1	7,656	0,4848	30,343
	Electricidad	X2	4,154	0,3178	24,152
	Otros gastos	X3	7,722	0,1036	45,905
	Red	X4	0,004	0,0007	0,027
	Conexiones	Z1	0,246	0,0060	0,603
	Pérdida	Z2	0,349	0,0676	0,665
Región		Nº de empresas (%)			
Variables del entorno	Norte	R1	4	(1,57)	
	Nordeste	R2	41	(16,14)	
	Sudeste	R3	150	(59,06)	
	Sur	R4	35	(13,78)	
	Centro-oeste	R5	24	(9,45)	
Tipo de empresa		Nº de empresas (%)			
Factores de eficiencia	Municipal	D1	103	(40,55)	
	Regional	D2	151	(59,45)	

(*)Todas las variables han sido relativizadas por habitante
Fuente Hidroven. Elaboración propia.

Resultados empíricos de Brasil: Eficiencia

Los resultados obtenidos de la estimación de la función de distancia de la industria de agua de Brasil se muestran en la Tabla 43. Los datos fueron normalizados dividiendo el logaritmo de cada input y output por su media geométrica, con el fin de facilitar la interpretación de los parámetros de la función translogarítmica. Esta permite interpretar los coeficientes de primer orden como las elasticidades de cada uno de los inputs y outputs, evaluados en la media muestral. La restricción de homogeneidad se empleó para determinar parámetros que no fueron estimados directamente.

Tabla 43. Parámetros estimados. Brasil

Variable	Par. Coef,	T-ratio	Variable	Par. Coef,	T-ratio	
Constante	α_0	-0,062	-1,767	Ambientales		
Inputs			Z1	ξ_1	-0,274	
ln X1	β_1	0,215	Z2	ξ_2	-0,194	
ln X2	β_2	0,268	13,134	R1	ξ_3	0,017
ln X3	β_3	0,048	3,076	R2	ξ_4	0,220
ln X4	β_4	0,470	21,401	R3	ξ_5	0,141
ln X1. ln X1	β_{11}	-0,147		R5	ξ_6	0,058
ln X2. ln X2	β_{22}	0,195	5,515			
ln X3. ln X3	β_{33}	0,014	0,566	Eficiencia		
ln X4. ln X4	β_{44}	0,023	0,491	Constante	Ψ_0	-4,766
ln X1. ln X2	β_{12}	-0,034		D1	Ψ_1	2,475
ln X1 . ln X3	β_{13}	-0,072				
ln X1 . ln X4	β_{14}	-0,041	-1,696	Sigma-squared		0,397
ln X2 . ln X3	β_{23}	-0,060	-2,476	Gamma		0,850
ln X2 . ln X4	β_{24}	-0,100	-2,697	Log likelihood function		-57,91
ln X3 . ln X4	β_{34}	0,118	3,902	LR test of the one-sided error		4,47
Outputs				Eficiencia promedio		0,92
ln Y1	α_1	-0,483	-10,982			
ln Y2	α_2	-0,037	-1,894			
ln Y1 . ln Y1	α_{11}	-0,019	-0,103			
ln Y2 . ln Y2	α_{22}	-0,003	-0,176			
ln Y1 . ln Y2	α_{12}	0,030	0,818			
ln Y1 . ln X1	δ_{11}	-0,015				
ln Y1 . ln X2	δ_{12}	-0,217	-3,405			
ln Y1 . ln X3	δ_{13}	0,147	2,928			
ln Y1 . ln X4	δ_{14}	0,085	1,377			
ln Y2 . ln X1	δ_{21}	-0,006				
ln Y2 . ln X2	δ_{22}	-0,017	-0,861			
ln Y2 . ln X3	δ_{23}	0,005	0,363			
ln Y2 . ln X4	δ_{24}	0,018	0,979			

El modelo se estima por máxima verosimilitud, para lo cual se utiliza la parametrización sugerida por Battese y Corra (1977), estimando $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)}$

Los parámetros presentan los signos esperados en los coeficientes de primer orden (el signo de los parámetros de primer orden correspondientes a los outputs debe ser negativo y el de los inputs debe ser positivo) y todos son significativamente diferente de cero. Se puede afirmar que, en las empresas de la industria de agua de Brasil existe la presencia de rendimientos de escala creciente en la media, ya que la suma de los parámetros de primer orden de los outputs, en valor absoluto es menor que 1. La elasticidad de escala aproximada es de 1,924.

Al igual que en los resultados obtenidos del modelo aplicado a Latinoamérica, los factores productivos que mayor incidencia tienen son el capital ($X4$) y la electricidad ($X2$).

El signo del parámetro de las conexiones es negativo, indicando que en la muestra de empresas de la industria de agua de Brasil, esta variable ha requerido de una mayor utilización de inputs. Por su parte, el signo del parámetro de la variable agua perdida tiene el signo esperado. Por lo general, se requiere mayores inputs cuando las pérdidas se incrementan.

El signo de las variables *dummy*, que recogen el efecto fijo de las regiones es positivo y la mitad son significativas. La inclusión de estas variables mejora el modelo, limpiando la eficiencia de las características propias que existen en cada región de Brasil.

Propiedades de la función de distancia

Como se aprecia en la Tabla 44, la función de distancia orientada a los inputs satisface las siguientes propiedades teóricas: decreciente en outputs y no decreciente en inputs. El signo de los outputs es negativo en el 99,26% de $Y1$ y en el 98,65% de $Y2$. El signo de los inputs es positivo en más de un 98% de casi todos los inputs, a excepción del input $X3$, que se cumple en el 77,46% de las observaciones.

Variables explicativas de la eficiencia

En Brasil, las empresas pueden prestar sus servicios a nivel local (municipal) o regional (más de dos municipios) y se quiso contrastar si la forma de organización de las empresas del sector influye en la eficiencia de las mismas.

Tabla 44. Propiedades de la función de distancia. Brasil

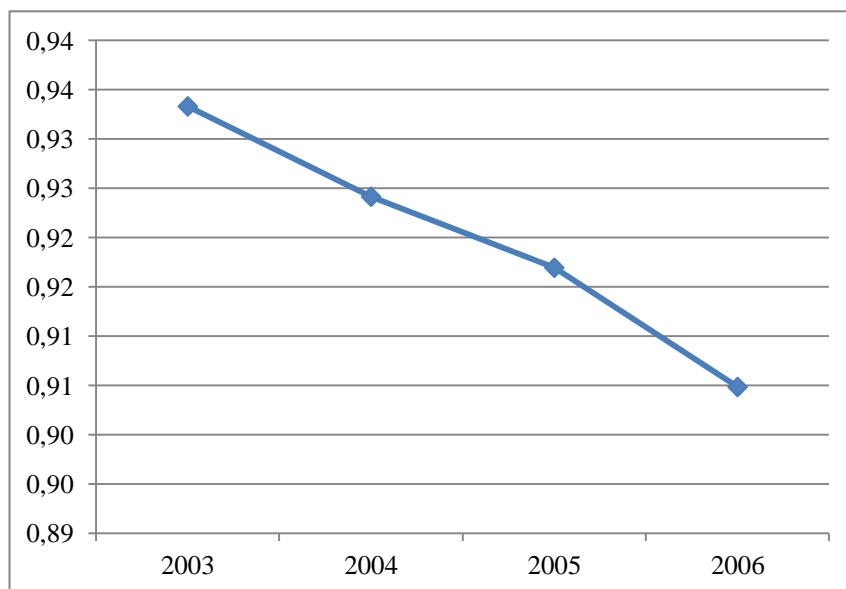
Elasticidad	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	%	
					Positivo	Negativo
Y1	-0,483	0,147	-1,236	0,145	0,74	99,26
Y2	-0,037	0,014	-0,084	0,018	1,35	98,65
X1	0,215	0,077	-0,174	0,414	98,65	1,35
X2	0,268	0,111	-0,259	0,735	98,40	1,60
X3	0,048	0,066	-0,136	0,329	77,46	22,54
X4	0,470	0,092	-0,054	0,797	99,88	0,12
Elasticidad de escala	-0,520	0,155	-1,309	0,154	0,74	99,26

Como se muestra en la Tabla 43, el parámetro de la variable *dummy* que identifica a las empresas de tipo municipal (D_I) es positivo y significativo, indicando que estas empresas son más ineficientes que las regionales. La eficiencia promedio de estas últimas empresas se situó en 0,935, mientras que para las locales (municipales) fue de 0,883.

Eficiencia técnica en Brasil

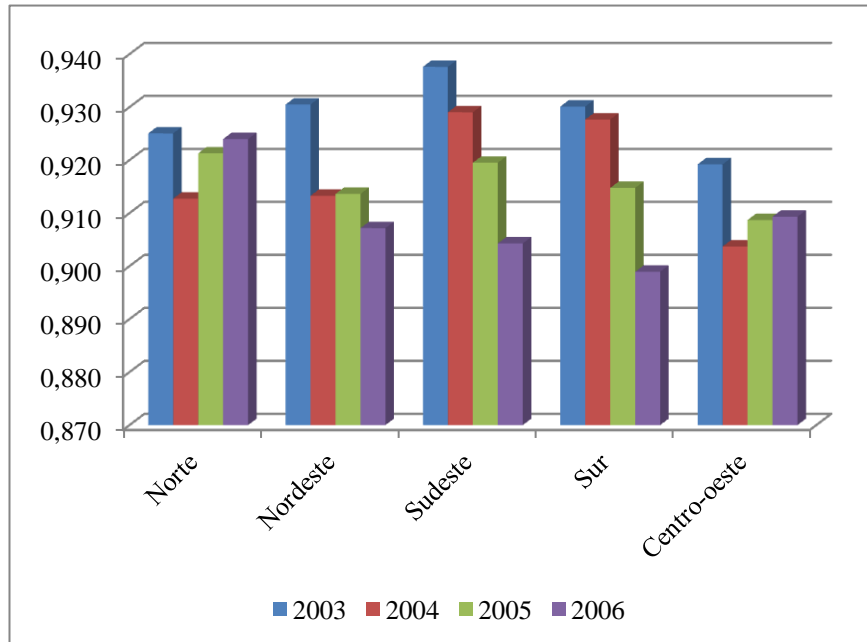
A pesar de que la eficiencia promedio de las empresas de la muestra de Brasil es alta, a lo largo de los años en estudio, ha registrado una tendencia decreciente (Figura 30). Esta tendencia es mayor en el último año, como muestra la pendiente de la recta.

Figura 30. Eficiencia promedio, 2003-2006. Brasil



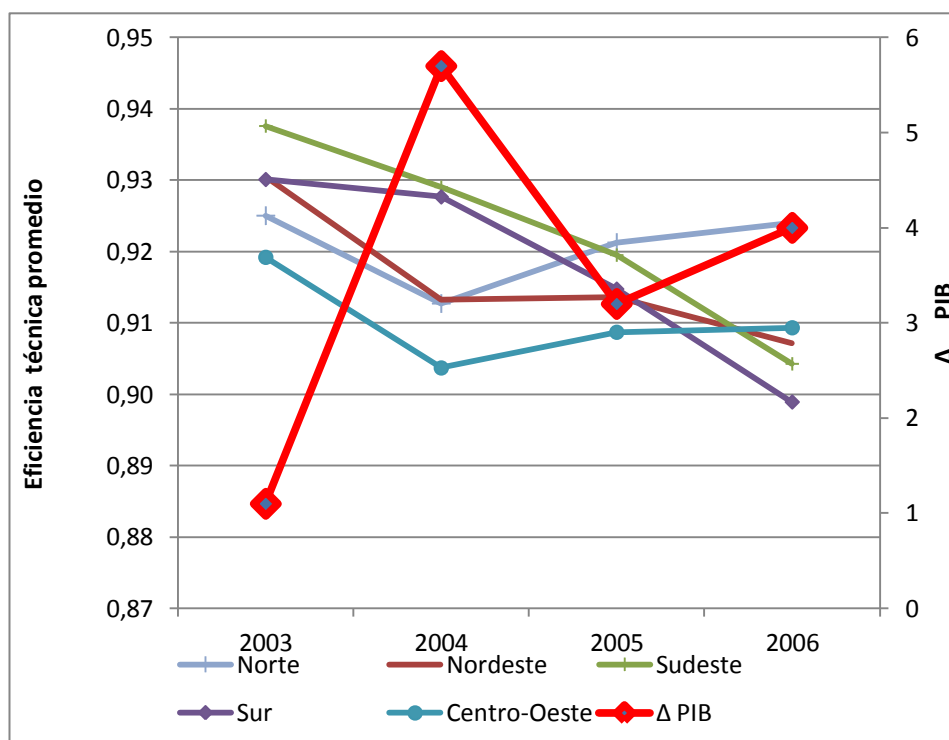
La eficiencia promedio por región y año se muestra en la Figura 31. Se observa que la eficiencia promedio de las regiones de mayor desarrollo económico (región Sudeste y Sur), para el año 2003, muestra el mayor índice. Sin embargo, el último año de estudio la eficiencia promedio se ubica en los niveles más bajos. En la zona Norte, que es la de mayor extensión, se observa una mejoría en la eficiencia promedio.

Figura 31. Eficiencia promedio por región, 2003-2006. Brasil



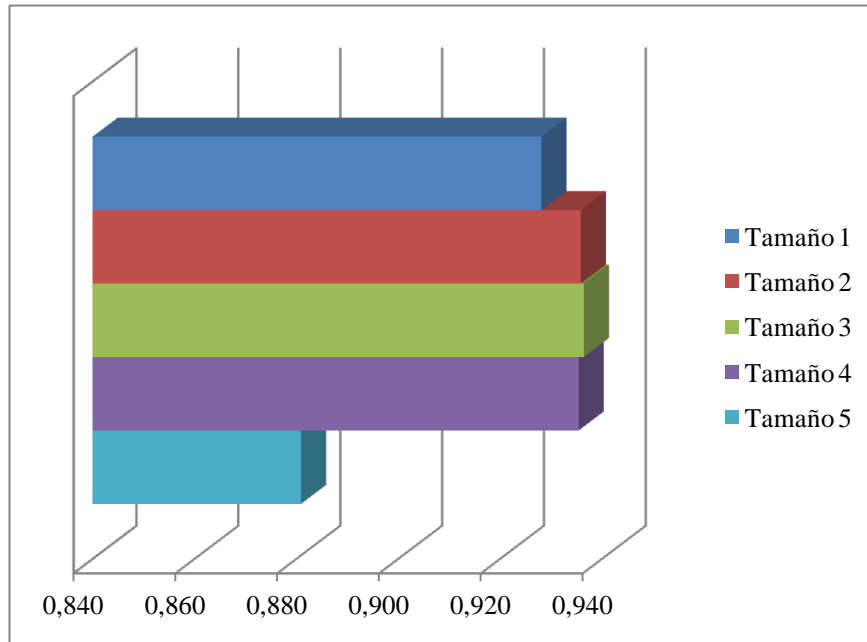
La caída de la eficiencia técnica promedio de las empresas que están ubicadas en la zona Sudeste y Sur se aprecia mejor en la Figura 32 que incluye la variación del PIB. Esto permite observar la relación entre la variación del PIB y la disminución de la eficiencia técnica promedio. Se detecta un comportamiento contrario ya que el PIB tiene una tendencia a alçista, mientras que la eficiencia técnica en promedio de la muestra de empresas de Brasil ha disminuido a lo largo del período en estudio.

Figura 32. Eficiencia promedio por región y tasa de crecimiento del PIB, 2003-2006. Brasil.



El tamaño de las empresas es un factor que puede ser determinante en la eficiencia. Al igual que en el modelo aplicado a los países de Latinoamérica, esta característica se midió a través de la cantidad de población atendida. Como se aprecia en la Figura 33, las empresas pequeñas son las más ineficientes. A pesar de que las eficiencias promedio por tamaño son altas, la diferencia entre las pequeñas y el resto es destacable. Las empresas pequeñas representan casi un 40% del total de la muestra y 56 de ellas se sitúan en la región Sudeste (región de más actividad económica), que es donde se aprecia la caída más considerable de la eficiencia técnica promedio.

Figura 33. Eficiencia promedio por tamaño de empresa. Brasil



Resultados empíricos de Brasil: Eficacia

En los últimos años Brasil ha realizado un importante esfuerzo por aumentar la cobertura de población con servicios de agua potable y recolección de aguas residuales cubrir una mayor cantidad de población. Sus esfuerzos han permitido alcanzar la meta del milenio establecida por la Organización de las Naciones Unidas, en cuanto a población cubierta con agua potable. Sólo 32 empresas de la muestra cubren alrededor del 75% de la población bajo su responsabilidad.

La cobertura de población con servicio de recolección de aguas residuales difiere mucho de la anterior. Un poco más del 50% de la muestra de empresas no cubre el 75% de la población bajo su responsabilidad; 59 de ellas atienden una población de menos de 50.000 habitantes.

La situación de las empresas de la muestra se vuelve crítica al evaluar el número de medidores en funcionamiento. El 99% de las empresas de la muestra solo tienen funcionando el 40% de los medidores instalados, situación que perjudica la facturación del agua consumida.

La disminución de las pérdidas de agua también es un objetivo primordial en esta industria. Poco más de un tercio de las empresas de la muestra pierden el 40% del agua potable suministrada. En la medida en que las empresas facturen toda el agua despachada, será más fácil recuperar los costes y el capital invertido.

Una empresa es eficaz si cumple los objetivos propuestos en el tiempo estipulado. Al igual que en el modelo de Latinoamérica, se utilizan como indicadores de eficacia la población cubierta con servicio de alcantarillado y la facturación de agua potable despachada por habitante.

Una parte considerable de las empresas Brasil no han cumplido con los objetivos propuestos, medidos con los indicadores mencionados, en el año 2006. Sólo las empresas ubicadas en la zona de gran actividad económica presentan una efectividad promedio superior al 80% (ver Tabla 45).

Tabla 45. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs, por región, 2006. Brasil

Región	Eficacia promedio	Eficiencia técnica promedio	CPI Promedio (1)	Nº empresas con defecto de recurso	Nº empresas con exceso de recurso
Norte	0,367	0,924	0,400	4	0
Nordeste	0,393	0,907	0,440	38	1
Sudeste	0,839	0,904	0,931	75	65
Sur	0,486	0,899	0,544	29	3
Centro-Oeste	0,384	0,909	0,422	21	1
Promedio/Total	0,668	0,905	0,742	167	70

(1) Capacidad potencial de los inputs

La eficiencia técnica promedio de las empresas de Brasil es alta, pero la capacidad potencial de los inputs, al igual que la eficacia, resulta baja en la mayoría de las regiones de Brasil. Solo resaltan las empresas que están ubicadas en la región Sudeste. Es en esta región es donde se encuentra la eficiencia promedio mínima.

Por otra parte, la mayoría de las empresas de la muestra de Brasil tienen necesidades de recursos; y sólo 70 tienen exceso para 2006. De estas últimas, la mayoría están situadas en la región Sudeste. Las empresas que atienden a una

población menor de 100.000 habitantes representan aproximadamente el 60% del total de empresas que tienen exceso de recursos.

Cuando se compararon las empresas de Brasil con las del resto de Latinoamérica, éstas tenían el menor CPI. El resultado de empresas con necesidad y exceso de recursos es muy similar (ver Tabla 39 y Tabla 45) en los dos modelos, confirmando la situación de necesidad de recursos en las empresas de Brasil.

7.8 Resumen y conclusiones

En este trabajo se han estimado la eficiencia y la eficacia, en la industria de agua, de 335 empresas que operan en 7 países Latinoamericanos (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México y Panamá). El mismo ejercicio se ha efectuado para 254 empresas de Brasil. Ambas estimaciones se han realizado para el período 2003-2006, utilizando una función de distancia. Del análisis de los resultados surgen una serie de aspectos a destacar.

Los efectos comentados demuestran la reducción de la eficiencia técnica en las empresas que prestan el servicio de agua y alcantarillado en la muestra de países de Latinoamérica y de Brasil. Destacan la importancia del factor capital y de la energía, así como de las pérdidas de agua y las conexiones medidas.

En el modelo de Latinoamérica, la mayor eficiencia promedio se concentra en los países con una próspera situación económica y ha ido mejorando a lo largo de los años en estudio. En el modelo de Brasil, la eficiencia promedio de las regiones ha venido disminuyendo, incluso en las empresas más industrializadas.

Por otra parte, la mayoría de las compañías de la muestra para 2006, tanto de Latinoamérica como de Brasil, presentan una situación de necesidad de recursos. En Brasil, las empresas que tienen exceso de recursos son las que atienden a menos de 100.000 habitantes y la mayoría de ellas se sitúan en zonas de gran desarrollo industrial. Para las empresas de la muestra de Latinoamérica, se obtienen los mismos resultados, las que atienden menos de 100.000 habitantes tienen exceso de recursos.

Las pérdidas de agua y el número de conexiones con medidores funcionando son variables que tienen una alta significatividad en los modelos de Latinoamérica y Brasil, a pesar de que esta última variable no tiene el signo esperado. Características comunes en la industria de agua de la mayoría de los países en vía de desarrollo.

La eficacia en los países de la muestra de Latinoamérica, medida a través de los indicadores de cobertura de alcantarillado y agua facturada, no se ha cumplido en la mayoría de las empresas de los países de la muestra. Se observa una baja eficacia en las empresas de Bolivia, Brasil y Panamá. La situación de Brasil es ratificada para el modelo que se aplicó sólo a las empresas de este país.

Un gran porcentaje de las empresas en estudio, en 2006, posee un bajo índice de capacidad potencial de los inputs, en comparación con la media del total de empresas.

Consecuentemente, se pueden extraer las siguientes implicaciones políticas:

1. Controlar las pérdidas de agua, como política prioritaria, sobre todo en las regiones menos desarrolladas. Es necesario buscar incentivos para que las empresas disminuyan estas pérdidas, ello contribuye a una mejor utilización de los inputs.
2. Fomentar la ampliación de la cobertura de los servicios de agua permitirá cobrar el coste real de los servicios. A su vez, esto posibilitará disminuir el despilfarro de recursos. Cuando la población no cuenta con acceso a agua potable o a los servicios de recolección de aguas residuales, se le está imponiendo optar por unas fuentes más caras y, en algunos casos, de peor calidad. Para obtener el agua, las familias tendrán que adquirir bidones, aljibes o construir tanques de almacenamiento que les permitan reservar el agua. En el caso de las aguas residuales, construirán letrinas, excusados, retretes y otros sistemas, para la disposición de los excrementos.
3. Aprovechar el incentivo que supone los resultados de los análisis de eficiencia para poner de manifiesto la situación comparativa en que se encuentran las empresas. El análisis de la eficiencia tiene como característica poner sobre la mesa unos resultados que permitan controlar algunas de las variables externas que están incidiendo sobre el comportamiento de las empresas.

La eficiencia en la industria de agua, puede reducir los costes de prestación de los servicios, lo que implica una mejora financiera de las empresas que permitirá dirigir los recursos a áreas prioritarias.

4. Utilizar los resultados de los estudios de eficacia en las empresas relativas a los excesos o defectos de factores de producción, para detectar las necesidades de inversión en infraestructura y llevar a cabo las inversiones planeadas. Si esto no se planifica, la cantidad de financiación para estas obras se incrementará en el futuro. Por tanto, el estudio de la eficacia permite poner sobre la mesa algunas ideas acerca de donde llevar a cabo las inversiones.

5. Se debe buscar una relación directa entre los ingresos recibidos por la prestación del servicio, los volúmenes y calidad de éstos. En la medida en que las empresas sean eficaces y busquen la eficiencia, se conseguirá el objetivo de prestar el servicio a toda la comunidad cumpliendo parámetros de calidad relacionando directamente los ingresos y la prestación y calidad de los servicios.
6. Políticas públicas dirigidas a mejorar los servicios prestados por las empresas de la industria de agua, traerán consigo una mayor eficiencia. Al existir una mayor cobertura en los servicios, se puede cobrar el coste real de éstos a la sociedad. Con esta medida, también, se logrará disminuir el despilfarro o mal uso del agua por parte de algunos clientes.

Los resultados presentados aquí se deben de tomar con cautela. Sería necesario mejorar los datos que no han estado disponibles para el estudio, incluyendo la densidad de población, las variables de calidad del agua y el tipo de propiedad, entre otros.

Capítulo VIII

Eficiencia y eficacia en la industria de agua de Venezuela

8.1 Introducción

El consumo de agua potable es una de las garantías para una calidad de vida mejor. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cada persona necesita de 20 a 50 litros de agua al día libre de contaminantes perjudiciales. Por otra parte, el servicio de recolección de aguas residuales contribuye a mejorar la salud de la población, evitando, en muchas ocasiones, el contagio de varios tipos de enfermedades.

Las organizaciones encargadas de prestar los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales deben garantizar la calidad exigida para conseguir los objetivos propuestos. De la misma manera, es imprescindible la recolección de los efluentes y su tratamiento antes de que sean vertidos a los ríos, lagos, mares, etc. Por tanto, las empresas suministradoras están llamadas a llevar sus servicios a toda la población que está bajo su responsabilidad.

Actualmente existen en Venezuela 17 empresas de este tipo, de las cuales 9 son centralizadas y se encuentran coordinadas por la Compañía Anónima Hidrológica de Venezuela (Hidroven). Las 8 restantes, que pueden atender una región o un municipio, tienen una figura jurídica descentralizada, y han sido creadas por las gobernaciones de estados con participación de los municipios donde se prestan los servicios. No existe un órgano regulador específico en Venezuela que controle las condiciones de prestación del servicio, a pesar de que la normativa actual ordena su creación, posiblemente porque las empresas proveedoras de este servicio son públicas y no concesionarias.

De acuerdo con la normativa vigente, los servicios de suministro de agua deben adoptar una gestión basada en criterios de calidad, eficiencia empresarial, confiabilidad, equidad, no discriminación y rentabilidad. La gestión eficiente de estas empresas puede garantizar el retorno del capital y una mejora en el precio y la calidad de producto.

En general, el servicio de suministro de agua tiene características de monopolio natural, por tanto, la escasez de competencia puede conducir a las empresas a

hacer pocos esfuerzos para ser eficientes. Una forma de introducir competencia entre las empresas es establecer una metodología que permita comparar su actuación y determine cuanto de eficiente ha sido su comportamiento en un período determinado en relación a los demás.

La elección de la metodología e indicadores para medir la eficiencia debe tener en cuenta las particularidades del sector bajo análisis. En sectores regulados, como es el caso de la industria de agua, las empresas se encuentran obligadas a satisfacer la demanda, no pudiendo decidir el nivel de producto a ofertar. Por lo tanto, dado que el producto es exógeno, las empresas maximizan sus beneficios minimizando sus costes.

Una de las técnicas que más frecuentemente se han utilizado para medir el funcionamiento de las empresas son los números índices. En Venezuela, la empresa matriz del sector agua Hidroven ha elaborado indicadores de gestión parcial que proveen información comparativa de las diferentes empresas hidrológicas. Este análisis fragmentado no permite establecer una medida de eficiencia global, por lo que se hace necesaria la realización de una investigación para determinar la eficiencia relativa de estas empresas, tomando en consideración todos los productos y factores de producción. Al mismo tiempo, es conveniente tratar de medir la eficacia con la que se han desarrollado los objetivos de suministro de agua. La finalidad del presente capítulo es tratar de obtener medidas de eficiencia técnica y de eficacia de las empresas que prestan el servicio de agua potable y de recolección de aguas residuales en Venezuela. Para evaluar la primera se emplea una función de distancia con orientación a los inputs y para medir la eficacia se utilizan índices ponderados.

En Venezuela, Escalona (2008) calculó la eficiencia de 15 empresas hidrológicas empleando DEA, los años 2000 al 2005. Este estudio concluye que la pérdida en la conducción, tanto del agua cruda como del agua tratada, incide en la prestación del servicio y en los costes operativos y administrativos de las empresas de agua de Venezuela, afectando así su eficiencia.

La investigación que se propone en este capítulo es novedosa por aplicar la función de distancia a la industria de agua de Venezuela, por las variables que representan la tecnología y por la determinación de la eficacia y la capacidad potencial de los inputs. Esta metodología e indicadores permiten evaluar el funcionamiento de las empresas desde dos puntos de vista: su eficiencia y su eficacia.

La estructura del trabajo es la siguiente: en primer lugar, en la sección 8.2, se desarrolla el modelo econométrico para la determinación de la eficiencia. Seguidamente, en la sección 8.3, se expone la metodología para determinar la

eficacia y posteriormente, en la sección 8.4, se describe el índice empleado para calcular la productividad total de los factores y los cambios de sus componentes. En el apartado 8.5 se muestran los datos utilizados, para luego en los apartados 8.6, 8.7 y 8.8 presentar los resultados empíricos sobre eficiencia, eficacia y los cambios en la productividad total de los factores, respectivamente. Por último, en la sección 8.9 se presentan las conclusiones de la investigación.

8.2 Eficiencia en la industria de agua de Venezuela. Modelo paramétrico

Forma funcional

La función translogarítmica aplicada a la FD orientada a los inputs, siguiendo a Coelli y Perelman (1999, 2000) se desarrolló en la sección 7.2. La diferencia entre ambas ecuaciones es que el modelo de Venezuela se ha incluido la variable tiempo. La inclusión de esta variable se debe a que el período temporal contempla una década y se espera que capture el efecto de la variación del tiempo que es común en todas las empresas en un período específico de tiempo (cambios de tecnología, cambios en políticas, mecanismos de regulación).

Su aplicación a las empresas de Venezuela se recoge en la ecuación 8.1

$$\begin{aligned}
 \ln D_{lit} = & \alpha_0 + \sum_{m=1}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{k=1}^K \beta_k \ln x_{kit} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^K \beta_{kl} \ln x_{kit} \ln x_{lit} \\
 & + \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit} \ln y_{mit} + \phi_1 T + \frac{1}{2} \phi_2 T^2 \\
 & + \sum_{m=1}^M \eta_m \ln y_{mit} T + \sum_{k=1}^K \gamma_k \ln x_{kit} T + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit}
 \end{aligned}
 \tag{8.1}$$

donde:

y , x , i , t y z mantienen la misma definición de la sección 7.2, y T representa una tendencia temporal. α , β , δ , η , γ , Φ y ξ son los parámetros a estimar.

En este caso se parte de la ecuación 8.1 y se aplican las mismas propiedades que en la sección 7.2 llegando a la ecuación 8.2 que guarda las mismas propiedades que la ecuación 7.8.

$$\begin{aligned}
 -\ln(x_{Kit}) = & \alpha_0 + \sum_{\substack{m=1 \\ K-1}}^M \alpha_m \ln y_{mit} + \frac{1}{2} \sum_{\substack{m=1 \\ K-1}}^M \sum_{\substack{n=1 \\ K-1}}^M \alpha_{mn} \ln y_{mit} \ln y_{nit} \\
 & + \sum_{\substack{k=1 \\ K-1}}^M \beta_k \ln x_{kit}^* + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{K-1} \sum_{l=1}^{K-1} \beta_{kl} \ln x_{kit}^* \ln x_{lit}^* \\
 & + \sum_{k=1}^M \sum_{m=1}^M \delta_{km} \ln x_{kit}^* \ln y_{mit} + \phi_1 T + \frac{1}{2} \phi_2 T^2 \\
 & + \sum_{m=1}^M \eta_m \ln y_{mit} T + \sum_{k=1}^{K-1} \gamma_k \ln x_{kit}^* T + \sum_{p=1}^P \xi_p z_{pit} + v_{it} - u_{it}
 \end{aligned}
 \tag{8.2}$$

v_{it} es un término de error simétrico. Representa los factores aleatorios que se encuentran fuera del control de la empresa y que no pueden ser explicados por el modelo.

u_{it} es un término de error no negativo que mide la ineficiencia técnica de cada empresa, y permanece constante en el tiempo.

El modelo aplicado es el de Battese y Coelli (1995) que se estima por el método de máxima verosimilitud. El comportamiento de los términos de errores es: $v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$ es independiente e idénticamente distribuido; y u_{it} es una variable aleatoria no negativa que asume una distribución independiente truncada en cero $N(m_{it}, \sigma_u^2)$.

Donde

$$m_{it} = z_{it} \psi. \tag{8.3}$$

Siendo z_{it} el vector $px1$ de las variables que pueden influir en la eficiencia de la empresas; y ψ es un vector $1xp$ de parámetros a estimar. Para las estimaciones de los parámetros de la ecuación (8.2) y (8.3) se empleó el programa Frontier 4.1 desarrollado por Coelli (1996).

8.3 Eficacia en la industria de agua de Venezuela. Modelo no paramétrico

Desde el año 2007 Venezuela está cumpliendo con la meta de servicios de suministro de agua potable establecida por la Organización de las Naciones Unidas como objetivo del milenio. La población cubierta con servicios de alcantarillado no es tan abundante y existen muchos lugares que no cuentan con este servicio. Por otro lado, el agua no contabilizada en el 2003 se situaba entorno a un 66%.

Una empresa es eficaz si alcanza, los objetivos propuestos en un período. El grado de eficacia vendrá determinado por el esfuerzo que realice para el cumplimiento de los objetivos. Una empresa 100% eficaz requiere consumos adicionales de factores productivos. En general, la eficacia va dirigida a la satisfacción del cliente.

Para medir la eficacia de la industria de agua de Venezuela se utilizó el mismo indicador empleado en la medición de la eficacia de las empresas de agua de Latinoamérica (ecuación 5.18) y como metodología para su determinación se empleó el DEA. La comparación entre la eficacia y la eficiencia de las empresas, será determinada por la ecuación (5.19). ambas ecuaciones fueron descritas en el apartado 5.9.

8.4 Productividad total de los factores

Otra metodología empleada para comparar empresas es la productividad total de los factores (PTF). Esta se adapta a las empresas multiproductos, como la industria de agua, y se define como el cociente de un índice de outputs entre un índice de inputs. Esta medida puede emplear M productos y K inputs. Su expresión en función lineal sería:

$$PTF = \frac{\sum_{m=1}^M a_m Y_m}{\sum_{k=1}^K b_k X_k} \quad (8.4)$$

- Y representa el valor de los outputs
- X son los inputs
- a y b son ponderadores que dependen de la importancia que tenga cada input u output en la industria.

Algunos de los aspectos que incitan la variación de la PTF a través del tiempo son los siguientes:

- Cambio tecnológico, que se representa por un desplazamiento de la frontera;

- Cambio en la eficiencia técnica (las empresas se acercan a la frontera);
- Cambio en la eficiencia de escala.

Por tanto, el cambio en la PTF (CPTF) se puede dividir en tres componentes: cambio en la eficiente técnica (CET), cambio tecnológico (CT) y cambio en la eficiencia de escala (CEE). Es decir:

$$CPTF = CET * CT * CEE \quad (8.5)$$

La eficiencia asignativa no aparece en la ecuación (8.5), ya que las medidas de PTF obtenidas en la función de distancia no incluyen este factor.

Cambio en la PTF usando función de distancia orientada a los inputs

Considérese la función de distancia orientada a los inputs determinada a través de una translogarítmica, definida en la ecuación (8.2).

Para medir el CPTF en una función de distancia orientada a los inputs, de acuerdo con la ecuaciones (8.2) y (8.5), y siguiendo a Coelli et al. (2003), se empleara la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{PTF_{n1}}{PTF_{n0}}\right) = & \ln\left(\frac{ET_{n1}}{ET_{n0}}\right) + \frac{1}{2}\left[\left(\frac{\partial d_{n0}}{\partial t}\right) + \left(\frac{\partial d_{n1}}{\partial t}\right)\right] \\ & + \frac{1}{2}\sum_{j=1}^M [(FS_{n0}\varepsilon_{jn0} + FS_{n1}\varepsilon_{jn1}) \cdot (y_{jn1} - y_{jn0})] \end{aligned} \quad (8.6)$$

El primer término de la derecha representa el CET, el segundo el CT y el último el CEE. En el CET la eficiencia técnica, ET_{nt} , representa la eficiencia técnica de la empresa n -ésima en el t -ésimo período. Es la inversa de la medida de distancia orientada a los inputs, y sus valores oscilan entre 0 y 1.

Por su parte, el CT es la media de las medidas de cambio tecnológicos evaluadas en los períodos 0 y 1. En el caso de la empresa n en el período t , esto se escribiría de la siguiente manera:

$$\frac{\partial d_{nt}}{\partial t} = \phi_1 + \phi_{11}t + \sum_{k=1}^K \gamma_k x_{kit} + \sum_{m=1}^M \eta_m y_{mit} \quad (8.7)$$

Por otra parte, para el CEE es necesario calcular las elasticidades de producción para cada producto en cada observación, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\varepsilon_{mnt} = \frac{\partial d_{it}}{\partial y_{mit}} = \alpha_m + \sum_{m=1}^M \alpha_{mi} y_{mit} + \sum_{k=1}^K \delta_{km} x_{kit} + \eta_m t \quad (8.8)$$

El cálculo de los factores de escala (FS) para cada observación será:

$$FS_{nt} = (\varepsilon_{it} + 1) / \varepsilon_{it} \quad (8.9)$$

Siendo

$$\varepsilon_{it} = \sum_{m=1}^M \varepsilon_{mit} \quad (8.10)$$

La ecuación (8.10) es igual al negativo de la inversa de la elasticidad de rendimientos a escala estándar.

8.5 Datos

En Venezuela el servicio de agua se rige legalmente por la Constitución Nacional y por la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento de 2000, reformada en 2007. En virtud de estas normas legales, la prestación del servicio de agua potable y de recolección de aguas residuales es de competencia municipal. Por tanto este servicio puede ser provisto directa o indirectamente por los municipios. La situación actual en Venezuela se caracteriza porque los servicios son prestados por operadoras centralizadas y descentralizadas. La última norma contempla la creación de instituciones de coordinación y de regulación que hasta la fecha no se han constituido siendo Hidroven quien asume las funciones de dichas instituciones.

Hidroven tiene la responsabilidad de desarrollar las políticas y los programas en materia de abastecimiento de agua potable, recolección y tratamiento de las aguas residuales y drenajes urbanos. También dicta las directrices para la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas que son atendidos por las empresas que están afiliadas a Hidroven. Se trata de 17 empresas operativas que se encargan de prestar el servicio de agua potable, la recolección de aguas residuales y pluviales y, en algunos casos, el tratamiento de las aguas residuales.

De las 17 empresas que conforman la industria de agua en Venezuela, 9 son empresas regionales que operan bajo una administración centralizada, que es coordinada por Hidroven; 7 son empresas locales, en las cuales los municipios tienen participación conjuntamente con las gobernaciones, y la última es una gerencia de una organización descentralizada que atiende dos estados.

En el año 2001, un 86% de las viviendas censadas en Venezuela gozaban del servicio de agua por tuberías. Sin embargo, un poco más de la mitad (68%) contaban con la recolección de las aguas residuales, y sólo el 12% de las aguas residuales a nivel nacional eran tratadas (Sandia, 2002). En el año 2008 la cobertura por servicio de agua potable alcanzaba un 94% y la recolección de aguas residuales se situaba en un poco más del 80% en el año 2007.

Los datos necesarios para la realización de esta investigación han sido facilitados por Hidroven. La muestra incluye la totalidad de las empresas centralizadas y 3 descentralizadas. En 2008 esta muestra era responsable de más del 78% de la población. El período de estudio abarca desde el año 1998 hasta el 2008, construyéndose un panel de datos balanceado con 132 observaciones. La Tabla 46 muestra el promedio de los outputs e inputs por empresa siendo las 9 primeras centralizadas.

Productos

La industria de agua en Venezuela se ha caracterizado a partir de 2 outputs y 4 inputs. El primer output es el agua facturada (*Y1*) como una proxy del servicio de **agua** potable. La empresa que factura más cantidad de agua es HFalcon; su facturación supone casi el doble de la de menor facturación (ver Tabla 46). El servicio de recolección de aguas residuales, **alcantarillado**, es el otro output (*Y2*). Para su medición se escogió como proxy, la población cubierta con este servicio. La menor cobertura de este servicio lo tiene la empresa HLLlanos, que es centralizada.

Factores

Los inputs utilizados para prestar los servicios son: **trabajo** (*X1*), **electricidad** (*X2*), **otros gastos** (*X3*) y **capital** (*X4*). Los tres primeros fueron medidos de acuerdo al modelo de Latinoamérica y Brasil, pero en unidades monetarias diferentes; en este caso en Bolívares al año por habitantes. La diferencia entre este modelo y el de Latinoamérica y Brasil, es la variable capital.

En el modelo aplicado a Venezuela, la capacidad de las plantas de potabilización de cada empresa se utiliza para aproximar el factor capital. La capacidad es medida en m³/segundos. En general, cuanto más grande sea la población a atender, mayor debe ser la capacidad de las empresas para poder cubrir las

exigencias de la población. En Venezuela, la capacidad de potabilización instalada permite cubrir hasta 30 millones de habitantes³⁹.

Tabla 46. Productos y factores de producción, promedio por empresa y habitante. Venezuela

Empresa	Y1 (m ³ /año)	Y2 (%)	X1 (Bs)	X2 (Bs)	X3 (Bs)	X4 (m ³ /seg)	Z1 (%)	Z2 (%)	Z3 (%)
HAndes	61,07	0,79	4,71	2,22	4,69	126,24	0,01	0,54	0,17
HCapital	61,61	0,79	4,91	10,75	21,57	183,96	0,02	0,61	0,04
HCaribe	51,60	0,66	4,24	2,51	12,85	201,80	0,02	0,70	0,08
Hcentro	48,46	0,82	5,60	4,55	15,50	159,50	0,01	0,62	0,13
HFalcon	81,47	0,60	14,12	5,79	20,76	218,98	0,05	0,48	0,03
HLago	55,49	0,57	3,78	3,43	12,67	154,58	0,01	0,63	0,10
HLlanos	22,94	0,54	3,72	1,71	6,47	78,18	0,00	0,63	0,55
HPaez	54,20	0,69	3,70	3,12	9,86	148,02	0,01	0,52	0,09
Hsuroeste	57,63	0,66	5,35	0,60	8,76	138,36	0,03	0,57	0,05
AMerida	53,55	0,56	6,55	0,44	7,66	177,99	0,04	0,63	0,02
APortuguesa	54,76	0,57	2,39	2,31	4,88	74,11	0,02	0,49	0,45
AYaracuy	44,35	0,64	3,75	2,35	4,16	152,06	0,00	0,53	0,15

Fuente: Hidroven, Instituto Nacional de Estadística de Venezuela. Elaboración propia
Bs: Bolívares

HFalcon es la empresa que tiene más gasto de personal por habitante y mayor capacidad de potabilización por habitante. HCapital es la que más gasta en electricidad y otros gastos, por habitante. Las estadísticas descriptivas de todas las variables empleadas en la determinación de la eficiencia en la industria de agua de Venezuela se presentan en la Tabla 47.

Variables del entorno

La medición del agua consumida por los clientes se considera una buena práctica en la industria de agua. Por ello, en algunos países de Latinoamérica se han instalado sistemas de micromedición pero no se usan con frecuencia. En Venezuela el número de medidores instalados es bajo; y en la mayoría de los

³⁹ Según el censo poblacional realizado en 2011, la población de Venezuela es de 27.150.095 habitantes (<http://www.ine.gov.ve>).

casos el agua que se factura no es medida. El cobro de los servicios es un monto fijo, sin importar la cantidad de agua que se consume. **Conexiones** es una variable que se incluyó para reflejar el número de conexiones que son medidas (Z1). Está determinada por el número total de conexiones con medidor funcionando sobre el número total de conexiones, por habitante.

Tabla 47. Estadísticas descriptivas de las variables. Venezuela

Tipo de variable	Definición (*)		Media	Mínimo	Máximo
Productos	Agua facturada (m ³ al año)	Y1	53,93	14,27	85,05
	Población con servicio de alcantarillado (población)	Y2	0,656	0,344	0,928
Factores	Trabajo (Bolívares)	X1	5,236	0,781	38,916
	Electricidad (Bolívares)	X2	3,316	0,035	14,645
	Otros gastos (Bolívares)	X3	10,819	0,500	52,028
	Capacidad de potabilización (m ³ al año)	X4	151,15	63,36	239,30
Variables del entorno	Conexiones medidas (%)	Z1	0,02	0,00	0,07
	Agua Perdida (%)	Z2	0,58	0,12	0,90
	Agua subterránea (%)	Z3	0,16	0,02	0,55
	Tratamiento de aguas residuales (dicotómica)	D5		7	11
	Región			N° de empresas (%)	
	Andes (dicotómica)	R1		3	(25)
	Capital (dicotómica)	R2		1	(8,33)
Central (dicotómica)	R3		1	(8,33)	
Centro Occidental (dicotómica)	R4		3	(25)	
Los Llanos (dicotómica)	R5		2	(16,67)	
Nororiental (dicotómica)	R6		1	(8,33)	
Zuliana (dicotómica)	R7		1	(8,33)	
Factores de eficiencia			Media	Mínimo	Máximo
	Administración (dicotómica)	D4		3	(25)
			N° de años (%)		
	Mesas técnicas de agua (años)	D6		3	(27,27)

(*)Todas las variables han sido relativizadas por habitante.

Fuente: Hidroven, Instituto Nacional de Estadística de Venezuela. Elaboración propia

Las pérdidas de agua en las empresas que prestan el servicio de agua potable en Venezuela es una gran problemática. El promedio de éstas se aproxima al 60%, ubicándose el mayor porcentaje en HCaribe (70%). Dada esta situación se incorporó una variable ambiental denominada **pérdida**, para reflejar el agua que se pierde en la red (*Z2*) y fue determinada como un ratio como la diferencia entre el agua suministrada y el agua facturada, y el agua suministrada.

La industria de agua puede obtener su recurso primordial de las aguas subterráneas o de las superficiales. La primera es extraída de los acuíferos que se encuentran bajo la superficie terrestre, construyéndose pozos para su obtención. Dependiendo de la porosidad de la tierra, es probable que estas aguas sean más puras. Las fuentes superficiales son ríos, lagos, pozos, manantiales y mares (agua salada). El grado de pureza del agua cruda⁴⁰ dependerá de la localización de la fuente y de sus alrededores. Esta pureza incidirá en el tratamiento de potabilización del agua.

De la misma manera, en Venezuela las empresas pueden obtener el agua de fuentes superficiales y/o subterráneas. Casi el 90% del volumen de agua que se procesa proviene de aguas superficiales. Para captar esta característica, se incorporó una variable denominada **subterránea** (*Z3*) que está determinada por el ratio resultante de dividir el agua extraída de fuentes subterráneas entre el total de agua extraída.

Las aguas residuales deben ser tratadas antes de ser descargadas. El tratamiento de las aguas residuales es una estrategia que han querido implantar los organismos multilaterales en los países en vía de desarrollo, ya que una gran cantidad de aguas residuales es arrojada sin el debido tratamiento. En Venezuela este tratamiento es muy bajo, y no todas las empresas prestan este servicio. Aquellas empresas que presten este servicio aplican tecnologías que les lleva a utilizar más inputs. Para recoger este hecho, se utilizó una variable *dummy* denominada **tratamiento** (*D5*), que tomará el valor de 1 si la empresa presta este servicio y de 0 si no lo presta.

Factores explicativos de la ineficiencia

Las empresas que proveen los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela pueden clasificarse tomando en consideración su autonomía administrativa (descentralizadas) o dependencia del

⁴⁰ El agua cruda es aquella que no ha recibido ningún tipo de tratamiento. Presenta el mismo grado de pureza que su fuente original.

nivel central (centralizadas). En las segundas las decisiones son tomadas por Hidroven que dota a las empresas de recursos para inversiones y para cubrir los déficits; sus trabajadores son funcionarios públicos. Las descentralizadas se financian con los recursos provenientes de sus operaciones; en la toma de decisiones participan los gobiernos regionales y municipales, y sus trabajadores se rigen por una ley particular. Las descentralizadas no tienen ninguna relación directa con los entes nacionales, mientras que las centralizadas sí.

Se incorporó una variable *dummy* para determinar si la forma de organización incide en la eficiencia de las empresas. Esta variable se denomina **administración** y toma el valor 1 si la empresa es descentralizada y 0 en caso contrario.

En el año 2003 se empezaron a crear en Venezuela unas organizaciones denominadas mesas técnicas de agua (MTA) las cuales buscan canalizar la participación de la comunidad en forma permanente para obtener, mejorar y vigilar el servicio de agua potable y residual de sus zonas, a la vez que se fomenta una cultura que valore y cuide el recurso y el ambiente. En el año 2005 se habían creado más de dos mil MTA. Para reflejar la actuación de las MTA en las empresas operadoras y ver si la participación de las comunidades ha contribuido a mejorar la eficiencia de las empresas, se creó una variable *dummy* que toma valor 0 hasta 2005 y valor 1 a partir del año 2006.

8.6 Resultados empíricos de Venezuela: Eficiencia

Los resultados de la estimación de las ecuaciones (8.2) y (8.3) se muestran a continuación. Para facilitar la interpretación de los parámetros de la función translogarítmica, los datos han sido normalizados dividiendo cada input y cada output por su media geométrica.

Parámetros de primer orden

Los parámetros calculados aplicando la función de distancia orientada a los inputs deben estar de acuerdo con las propiedades de este modelo: creciente en los outputs y no decreciente en los inputs. Por consiguiente, el signo de los parámetros de primer orden correspondiente a los outputs debe ser negativo y el de los inputs positivo. Un aumento en el nivel de alguno de los outputs genera una reducción en la distancia de la empresa analizada respecto a la frontera, y una disminución en los inputs traerá consigo una reducción en la distancia de la empresa que se analiza.

En la Tabla 48 se presentan los resultados de la estimación de la función de distancia orientada a los inputs en la industria de agua de Venezuela. Los signos de los parámetros de los coeficientes de primer orden cumplen con las propiedades requeridas. La mayoría de ellos son bastante significativos, a excepción del input $X3$. Esta variable tiene un coeficiente muy bajo, indicando la poca importancia en la medición de la eficiencia de las empresas de Venezuela.

El capital ($X4$) es el factor productivo que mayor incidencia tiene al determinar las variaciones de la distancia. El trabajo ($X1$) es el segundo factor de importancia. A diferencia de los modelos de Latinoamérica y de Brasil, la electricidad ocupó el tercer lugar. Esto puede deberse a que esta variable está medida en unidades monetarias, y en Venezuela la electricidad está altamente subsidiada.

Propiedades de la función de distancia

La función de distancia orientada a los inputs aplicada a la industria de agua de Venezuela, satisface las siguientes propiedades teóricas: decreciente en outputs y no decreciente en inputs. El signo de los outputs es negativo en el 86,36% de $Y1$ y en el 75,0% de $Y2$. Mientras que la elasticidad es 100% positiva en los inputs $X1$ y $X4$ y en $X2$ y $X3$ es positiva en el 92,42% y 68,94%, respectivamente (ver Tabla 49).

Variables del entorno

En el modelo se incluyeron cuatro variables para capturar las diferencias tecnológicas y ambientales de las empresas. Los resultados fueron los esperados y están de acuerdo con otros trabajos empíricos.

Las conexiones medidas tienen un efecto ambiguo sobre los inputs. Por una parte, un incremento de medición debería dar lugar a una reducción de los requisitos de inputs debido a la disminución de la demanda de agua. Por otra parte, se requiere una inversión de capital para la instalación de los medidores y un aumento de los gastos operativos que son necesarios para facilitar una mayor medición en las instalaciones domésticas. En el modelo aplicado a la industria de agua de Venezuela, la variable $Z1$ es baja y presenta un signo positivo y altamente significativo. Esto indica que en las empresas de Venezuela la poca medición que se realiza ha permitido disminuir la demanda de agua

Tabla 48. Parámetros estimados. Venezuela

Variable	Par.	Coef.	T-ratio	Variable	Par.	Coef.	T-ratio
Constante	α_0	0,476	10,089	Tiempo			
Inputs				t	ϕ_1	0,031	6,014
ln X1	β_1	0,156		t2	ϕ_{11}	0,007	2,833
ln X2	β_2	0,085	2,864	ln X2 . t	γ_2	0,013	2,665
ln X3	β_3	0,048	1,512	ln X3 t	γ_3	0,002	0,328
ln X4	β_4	0,711	19,324	ln X4.t	γ_4	0,025	2,067
ln X1 . ln X1	β_{11}	-0,071		ln Y1 .t	η_1	-0,018	-1,721
ln X2 . ln X2	β_{22}	0,006	0,192	ln Y2 .t	η_2	-0,011	-0,306
ln X3 . ln X3	β_{33}	-0,089	-1,730	Ambientales			
ln X4 . ln X4	β_{44}	-0,038	-0,297	Z1	ξ_1	0,057	5,927
ln X1 . ln X2	β_{12}	0,031		Z2	ξ_2	-0,108	-2,257
ln X1 . ln X3	β_{13}	-0,107		Z3	ξ_3	0,238	9,193
ln X1 . ln X4	β_{14}	0,004	0,489	D5		-0,209	-7,851
ln X2 . ln X3	β_{23}	0,063	2,051	R1	ξ_4	-0,007	-0,133
ln X2 . ln X4	β_{24}	-0,100	-2,184	R2	ξ_5	-0,249	-3,399
ln X3 . ln X4	β_{34}	0,133	1,992	R3	ξ_6	-0,202	-3,977
Outputs				R4	ξ_7	-0,201	-7,174
ln Y1	α_1	-0,341	-5,153	R6	ξ_8	-0,246	-7,663
ln Y2	α_2	-0,237	-3,525	R7	ξ_9	-0,102	-3,287
ln Y1 . ln Y1	α_{11}	-0,639	-5,859	Ineficiencia			
ln Y2 . ln Y2	α_{22}	-1,023	-1,065	Constante	Ψ_0	0,226	8,064
ln Y1 . ln Y2	α_{12}	1,390	7,684	D4	Ψ_1	-0,475	-7,189
ln Y1 . ln X1	δ_{11}	0,237		D6	Ψ_3	0,043	1,598
ln Y1 . ln X2	δ_{12}	-0,013	-0,317	Sigma-squared		0,005	21,544
ln Y1 . ln X3	δ_{13}	-0,057	-0,584	Gamma		0,879	6,094
ln Y1 . ln X4	δ_{14}	-0,167	-1,444	Log likelihood function			185,238
ln Y2 . ln X1	δ_{21}	0,703		LR test of the one-sided			4,390
ln Y2 . ln X2	δ_{22}	-0,103	-1,178	Eficiencia promedio			0,838
ln Y2 . ln X3	δ_{23}	0,011	0,066				
ln Y2 . ln X4	δ_{24}	-0,610	-2,352				

El modelo se estima por máxima verosimilitud, para lo cual se utiliza la parametrización sugerida por Battese y Corra (1977), estimando $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)}$

Tabla 49. Propiedades de la función de distancia. Venezuela

Elasticidad	Desviación		Mínimo	Máximo	%	
	Media	estándar			Positivo	Negativo
Y1	-0,341	0,284	-1,040	0,490	13,64	86,36
Y2	-0,237	0,551	-1,534	1,147	25,00	75,00
X1	0,156	0,048	0,026	0,359	100,00	0,00
X2	0,085	0,055	-0,112	0,218	92,42	7,58
X3	0,048	0,075	-0,140	0,285	68,94	31,06
X4	0,711	0,130	0,269	1,033	100,00	0,00
Elasticidad de escala	-0,577	0,429	-1,699	0,602	10,61	89,39

El agua no contabilizada tiene una alta incidencia en la disminución de la frontera, como demuestra el signo de la variable *Z2*. Esta variable controla las diferencias originadas por las pérdidas de agua en el sistema de distribución y los requerimientos de inputs. Se puede inferir que las pérdidas de agua han requerido una mayor utilización de inputs. Este resultado está de acuerdo con Escalona (2008) quien encontró que la pérdida de agua incide negativamente en la prestación del servicio y en los costes de las empresas de agua de Venezuela, afectando así a la eficiencia de las firmas.

Las empresas que utilizan agua subterránea utilizan menos inputs, como se aprecia a través del signo de la variable *Z3*. Esto puede deberse a que la calidad del agua es más pura y requiere menor tratamiento o también a que el tratamiento de potabilización es menos exigente. Se podría afirmar que las empresas que utilizan mayor proporción de agua subterránea están obteniendo una ventaja sobre las otras operadoras.

Por otra parte, las empresas que tratan las aguas residuales en Venezuela, como era de esperar, usan más cantidad de factores de producción que las que no tratan las aguas residuales. Por consiguiente, tanto el signo de la *dummy D6* como el alto nivel de significatividad, pone de manifiesto esta afirmación.

Variables explicativas de la eficiencia

Antiguamente el servicio de agua en Venezuela era prestado por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS). Posteriormente, el INOS fue

descentralizado transformándose en empresas regionales dependientes del poder central, con la posibilidad de convertirse en empresas descentralizadas para una región más pequeña o para municipios. En la actualidad coexisten 9 empresas centralizadas y 8 descentralizadas.

Como muestra la Tabla 48, las empresas descentralizadas son más eficientes que las centralizadas. Esta situación puede deberse al proceso de toma de decisiones y al mayor rendimiento de los trabajadores de las descentralizadas.

La variable que trata de captar el efecto de la incorporación de las Mesas Técnicas de Agua (MTA) en la gestión de las empresas operadoras tiene un valor ínfimo, pero no es significativa. Por tanto las mesas técnicas de agua no han incidido en la eficiencia de las empresas operadoras. Se esperaba que estas MTA, que ayudan a solucionar los problemas en los servicios de la comunidad, tuviesen un efecto positivo en la eficiencia de las empresas.

Cambio tecnológico

ϕ_1 se puede interpretar como la tasa de cambio técnico alcanzada por el promedio de las empresas de la muestra a mediados del año de la muestra, y ϕ_{11} se puede interpretar como la tasa anual de cambio técnico estimada que experimenta la empresa hipotética. ϕ_1 es estadísticamente significativa y sugiere que en promedio la muestra tiene una tasa anual de cambio tecnológico de 3,1 % cada año.

Saal et al. (2007) indican que como se han normalizado los datos con el promedio de la muestra, el cambio técnico promedio que lograría una hipotética empresa de la muestra se puede calcular como $\phi_1 + \phi_{11} (t + 0,5)$.

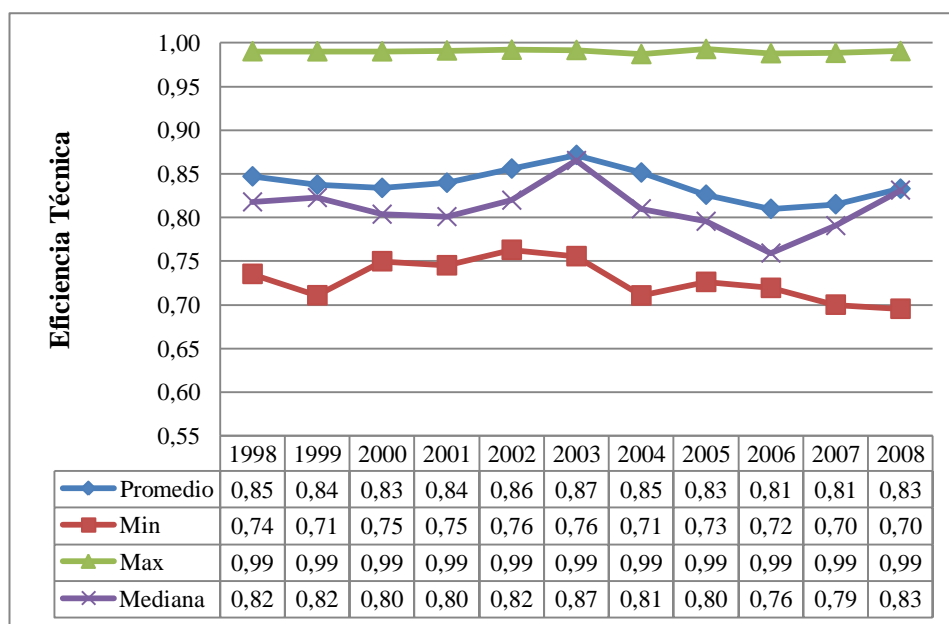
El parámetro estimado ϕ_{11} es estadísticamente significativo y sugiere que el cambio técnico se incrementó desde un -0,05% en 1998 a un 6,95% para el 2008. Sin embargo, estos resultados deben tomarse con precaución, ya que esta estimación del cambio técnico es para una inexistente empresa hipotética promedio de la muestra con características invariables. Si se tiene en cuenta los cambios en los inputs y outputs, así como los cambios técnicos orientados por los inputs y outputs medidos por los parámetros γ_k y η_m , la tendencia en la estimación promedio de las empresas específicas del cambio técnico es muy diferente. Esta diferencia pone de relieve la naturaleza representada del cambio técnico en la industria y sugiere que los aumentos de outputs e inputs han contribuido positivamente al cambio tecnológico.

Eficiencia técnica

La eficiencia promedio de las empresas que prestan los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales en Venezuela es considerar alta y ha tenido un comportamiento atípico (ver Figura 34). Después de un leve descenso vuelve a iniciarse un período de descenso y se llega a la eficiencia mínima en 2006. Tras una recuperación en 2008 se ubica en valores ligeramente inferiores a los de 1998.

Este comportamiento de la eficiencia promedio tiene su origen en el movimiento de las eficiencias mínimas. Mientras la variación de la eficiencia máxima se mantiene aproximadamente igual, la eficiencia mínima presenta una variación aproximada de 5 puntos, con una tendencia a la baja en los últimos años, alejándose más de la media de eficiencia.

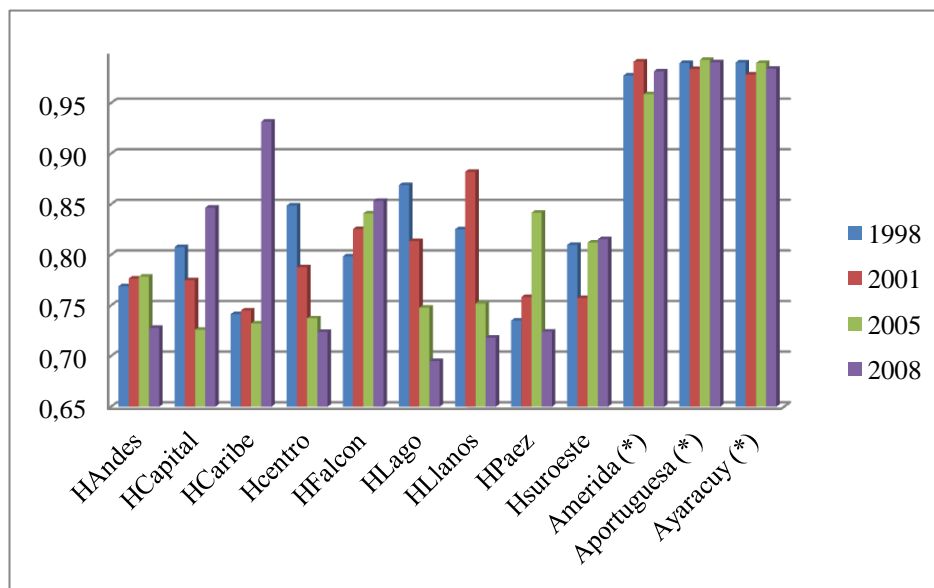
Figura 34. Eficiencia técnica promedio, 1998-2008. Venezuela



La superioridad en eficiencia de las empresas descentralizadas (AMerida, APortuguesa y AYaracuy) se aprecia en la Figura 35. En los años analizados

siempre obtuvieron los niveles de eficiencia mayores. Buena parte de las empresas centralizadas disminuyeron su eficiencia en los años de estudio. La peor situación se observa en las empresas HLago y HLLanos que, partiendo de una posición alta, disminuyeron hasta ubicarse en las posiciones inferiores. Las empresas HCapital y HCaribe mejoraron bastante sus puestos, hasta colocarse en los primeros lugares del ranking de empresas centralizadas.

Figura 35. Eficiencia por empresa, 1998, 2001, 2005 y 2008. Venezuela



(*) Empresas descentralizadas

En la Figura 36 se presenta la eficiencia técnica promedio atendiendo al tamaño de la empresa, definido a través de la población atendida. Se han agrupado en tamaños que son los siguientes: Tamaño 1 para las empresas que atienden más de 1.000.000 de habitantes; el Tamaño 2 para las empresas que prestan sus servicios a más de 500.000 y menos de 1.000.000 de habitantes; el Tamaño 3 están las que atienden el rango comprendido entre 100.000 y 500.000 habitantes.

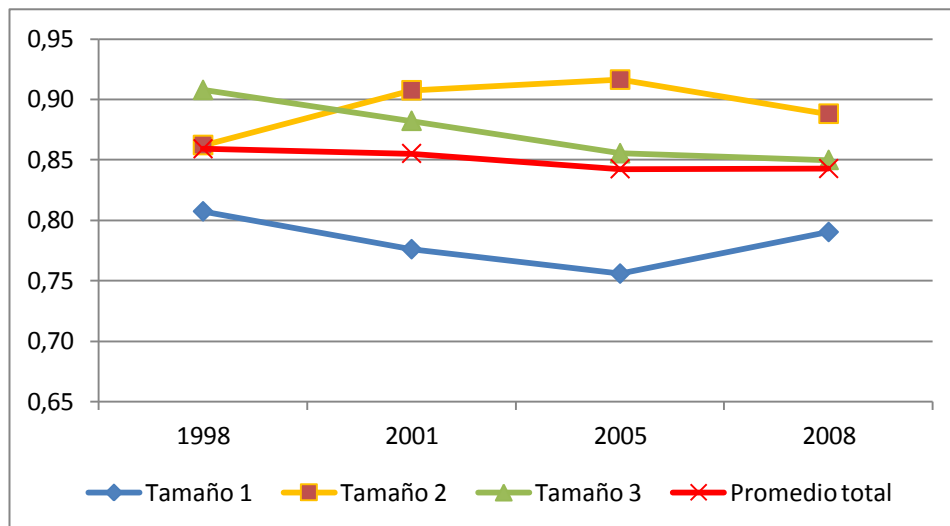
Los resultados muestran que las empresas que atienden una población entre 500.000 y 1.000.000 (Tamaño 2) de habitantes son las más eficientes. En este rango de población se encuentran todas las empresas descentralizadas. Por otra

parte, las que atienden más cantidad de población (Tamaño 1), son las que tienen la eficiencia más baja, con una leve mejoría para el último año en estudio.

8.7 Resultados empíricos de Venezuela: eficacia

Venezuela cumplió con la meta del milenio en lo que respecta a la reducción de la población sin agua potable. También se ha incrementado la población con servicio de recolección de aguas residuales. Una gran problemática de las empresas venezolanas es la poca facturación del servicio de suministro de agua potable. Las variables que miden la eficacia de las empresas de agua de Venezuela son porcentaje (%) de población con servicio de recolección y facturación de agua suministrada por habitante. Para el cálculo de la eficacia se considera que todas las empresas tienen los mismos inputs para cumplir sus objetivos..

Figura 36. Eficiencia promedio por tamaño, 1998, 2001, 2005 y 2008. Venezuela



En materia de eficacia se observa que cuatro empresas presentan los valores más altos de eficacia en 2008, aproximándose al 100% (ver Tabla 50). HLlanos se

sitúa en último lugar bastante alejado de la media. Esta empresa presta sus servicios en un estado agrícola de una gran extensión de tierra y con poblaciones muy dispersas. Destacan en el cumplimiento de las metas HCapital y HFalcon que son 100% eficaces. La primera presta sus servicios principalmente en la capital del país, la otra en un estado donde se encuentran las mayores refinerías de petróleo y de gran desarrollo turístico.

Tabla 50. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs, por empresas, 2008. Venezuela

Empresa	Tipo de organización	Eficacia	Eficiencia técnica	CPI(1)	Situación de los recursos
HAndes	Centralizada	0,998	0,728	1,371	Exceso
HCapital	Centralizada	1,000	0,847	1,181	Exceso
HCariibe	Centralizada	0,911	0,932	0,978	Defecto
HCentro	Centralizada	0,984	0,724	1,359	Exceso
HFalcon	Centralizada	1,000	0,853	1,172	Exceso
HLago	Centralizada	0,814	0,695	1,171	Exceso
HLlanos	Centralizada	0,730	0,718	1,016	Exceso
HPaez	Centralizada	0,921	0,724	1,272	Exceso
Hsuroeste	Centralizada	0,925	0,816	1,134	Exceso
AMerida	Descentralizada	0,994	0,981	1,013	Exceso
APortuguesa	Descentralizada	0,820	0,990	0,828	Defecto
AYaracuy	Descentralizada	0,786	0,984	0,799	Defecto
Promedio/Total		0,907	0,833	1,108	

(1) Capacidad potencial de los inputs

En 2008 la eficiencia técnica de las empresas centralizadas es muy similar y las descentralizadas presentan el mayor índice de eficiencia y también son muy parecidas entre ellas.

Como se aprecia en la Tabla 50, esta situación no se da en ninguna de las empresas de agua de Venezuela. Las dos empresas que tiene mayor eficacia, tiene una menor eficiencia. Las empresas descentralizadas son las que tienen la mayor eficiencia en 2008, pero la eficacia de las mayoría de ellas está por debajo de la media.

La idea de relacionar eficacia y eficiencia permite determinar si las empresas están subutilizando los recursos o bien sobreutilizándolos. Para que se dé la primera situación, el CPI tiene que ser mayor que 1, en caso contrario, tendrá una necesidad de recurso (defecto).

La mayoría de las empresas que prestan los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela tienen exceso de recursos, en el último año de la muestra. Además, todas las empresas descentralizadas están sobreutilizando sus factores de producción; es decir, que tienen necesidad de recursos. Se podría afirmar que estas últimas empresas están sacrificando el cumplimiento de sus objetivos por ser más eficiente.

8.8 Resultados empíricos de Venezuela: productividad total de los factores

La estimación de la productividad total de los factores (PTF) se obtuvo aplicando la función de distancia orientada a los inputs y el índice ponderado sugerido por Coelli et al. (2003) mostrado en la ecuación (8.6). En la Figura 37 se muestran los cambios anuales promedios en la PTF (CPTF) para la industria de agua de Venezuela y de sus componentes: cambio de eficiencia técnica (CET), cambio tecnológico (CT) y cambio en eficiencia de escala (CEE)⁴¹.

El CPTF ha tenido casi siempre un valor positivo, a excepción del primer período y 2004-2005, cuando mostró valores negativos.

Como se aprecia en la Figura 37, el CT siempre ha sido positivo teniendo su máxima expresión en el año 2003. A pesar de disminuir en el 2004-2005, logra recuperarse a cifras similares del 2002-2003. En el último período de estudio muestra una tendencia a la baja. Esta situación tuvo una gran influencia en el CPTF. Esto ratifica lo comentado en el apartado 8.6 en la sección dedicada a analizar el cambio tecnológico.

⁴¹ Por encontrarse las variables relativizadas por habitante, el cambio en la eficiencia de escala no aporta información relevante.

Figura 37. Cambio anual en la productividad total de los factores, 1998-2008. Venezuela



CET: Cambio en la eficiencia técnica; CT: Cambio tecnológico; CEE: Cambio en la eficiencia de escala; CPTF: Cambio en la productividad total de los factores

Un factor que ha actuado de manera negativa en CPTF es el CET. Como se discutió anteriormente, la eficiencia técnica promedio ha sufrido altibajos, debido al comportamiento de las empresas centralizadas. El CET ha obtenido valores negativos en varios años. Su bajo valor en el 2003 (-3,08%) hizo que el CPTF fuese negativo. A partir de ese año, la situación ha mejorado, recuperándose con una tendencia a la alza, e incidiendo de manera positiva en el CPTF.

El comportamiento del CPTF en los últimos años se ha visto influenciado de manera positiva por la mejora en la eficiencia técnica, pero la caída del CT hizo que la tendencia de incremento del CPTF se suavizara. El repunte del CPTF a partir del año 2005 coincide con la creación en masa de las mesas técnicas de agua. Es cierto que estas figuras se empezaron a crear mucho antes, pero a partir del 2004 se masifica su creación en todas las empresas operadoras. Puede ser

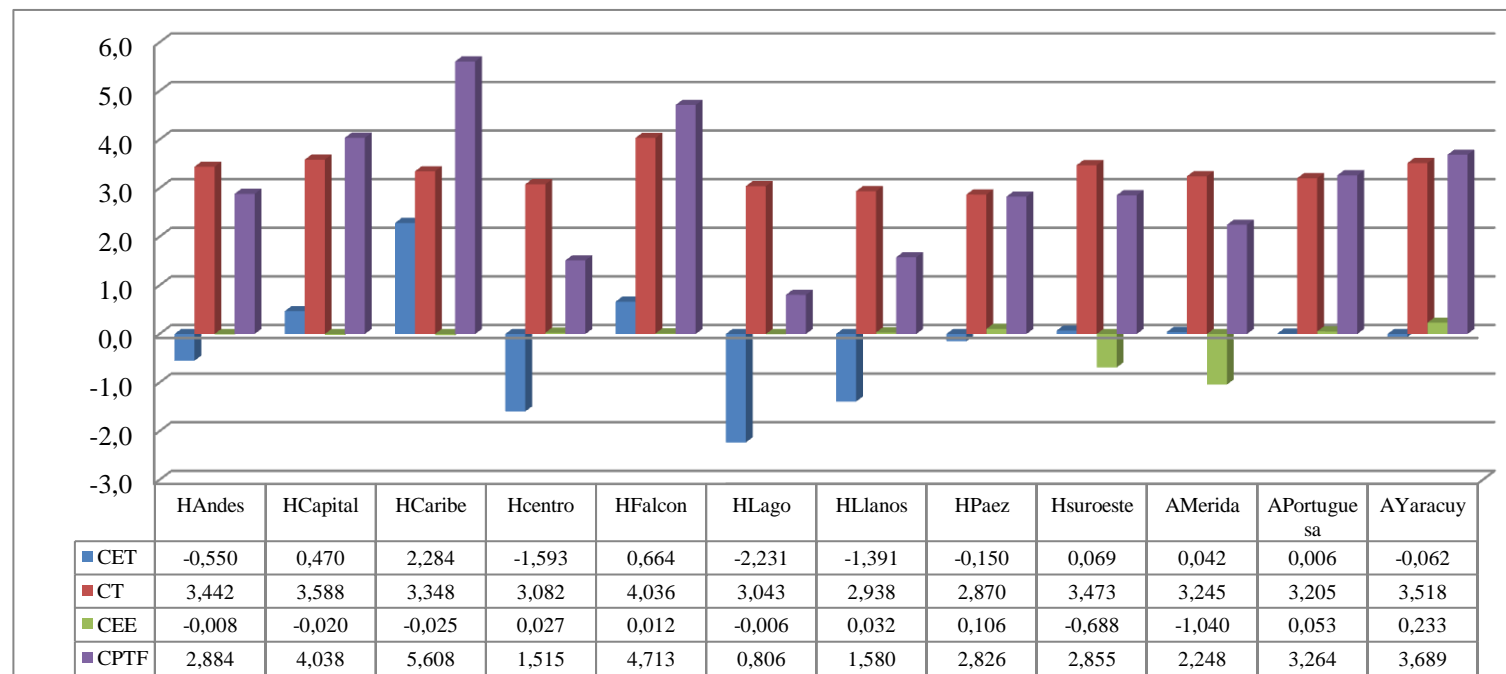
que estas organizaciones que tienen contacto directo con las operadoras, impulsaran una mejora en la actuación de las empresas, a pesar de ser una variable no significativa, en el modelo.

Un análisis por empresas se aprecia en la Figura 38. El CET promedio mayor lo presenta la empresa HCaribe, que se encuentra muy alejada de la empresa que ocupa el segundo lugar. Esta empresa es la de CPTF promedio mayor. HFalcon y HCapital se sitúan en segundo y tercer lugar de CPTF promedio, respectivamente.

La peor situación la presenta la empresa HLago, cuyo CPTF promedio se encuentra muy por debajo de la media. De esta empresa se hizo un comentario en el apartado 8.6, cuando se analizó la eficiencia técnica de las empresas en el sentido de la dispersión.

Cabe destacar que las empresas descentralizadas que presentan la mayor eficiencia promedio anual, también tienen muestran un CPTF por encima de la media, como se aprecia en la Figura 38.

Figura 38. Cambio de la productividad total de los factores promedio, por empresa, 1998-2008. Venezuela



8.9 Resumen y conclusiones

La industria de agua de Venezuela presenta la mismas problemáticas de sus homólogas en Latinoamérica. En Venezuela no existe un órgano regulador, a pesar de que la normativa ordena su creación. La mayoría de las empresas dependen del gobierno central. Las restantes se han constituido con capital de los gobiernos regionales y locales. Los servicios que prestan estas empresas constituyen acciones que mejoran la calidad de vida de los venezolanos.

El servicio de agua potable se ha extendido a un gran porcentaje de la población; esto ha ayudado a cumplir con las metas del milenio establecidas por la Organización de las Naciones Unidas. El servicio de recolección de aguas residuales ha mejorado en los últimos años, pero su nivel de cobertura se encuentra alejado de los índices cubiertos por los servicios de agua potable.

El presente trabajo compara la actuación de las empresas de la industria de agua de Venezuela. En primer lugar se determina la eficiencia técnica aplicando una función de distancia orientada a los inputs; luego se calcula la eficacia para, posteriormente, analizar la utilización de los factores de producción. Por último, se identifican los cambios que han existido en los componentes de la productividad total de los factores. Para ello se utilizaron datos de 12 empresas de agua de Venezuela, responsables de más de las tres cuartas partes de la población, en el período 1998-2008.

La adaptación de la función de distancia a procesos productivos multioutputs y la no presunción de comportamiento económico, hacen que la elección de esta metodología sea coherente con el proceso productivo de la industria de agua.

La industria de agua está obligada a prestar sus servicios a una tarifa preestablecida. Para maximizar el beneficio deben reducir al mínimo el coste de producir un determinado nivel de output, tomando decisiones sobre los inputs empleados. Lo que justifica la orientación hacia los inputs en la función de distancia .

En Venezuela se instituyó una normativa a partir del año 2001 que ordenaba crear instituciones de regulación y control en la industria de agua para adaptarse a épocas modernas. Esto no se ha cumplido en su totalidad. Se siguen prestando los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales con apenas algunos cambios en la relación empresa-usuario-estado. Dentro de esta normativa se incorpora la gestión eficiente en las empresas de agua.

En términos globales se puede afirmar que las empresas de agua de Venezuela han mejorando su eficiencia técnica. Las empresas descentralizadas resultaron

ser más eficientes a lo largo de todo el periodo de estudio que las centralizadas. Su comportamiento hace que el nivel de eficiencia de Venezuela sea alto.

La eficiencia de las empresas de Venezuela está influenciada por la baja medición del agua que se consume y por las altas pérdidas de agua en el sistema. Estas características hacen que las empresas tengan que utilizar más cantidad de inputs para prestar sus servicios. Ambas variables resultaron con el signo esperado.

En Venezuela la cantidad de aguas residuales tratadas es muy baja y no todas las empresas prestan este servicio. Las empresas que lo hacen tienen un mayor consumo de factores de producción, diferenciándose de las que no prestan este servicio.

Las mesas técnicas de agua han cumplido una gran labor al facilitar y controlar la relación empresas y comunidad, pero no han contribuido a mejorar la eficiencia de las empresas operadoras.

Las empresas de Venezuela han sido más eficaces que eficientes. Se puede decir que la mayoría de las empresas centralizadas han cumplido sus objetivos en más de un 90% solo una descentralizada ha superado este porcentaje. Las otras empresas se encuentran bastante alejadas, sacrificando los objetivos a costa de ser más eficientes. Dentro de este grupo se encuentran dos descentralizadas que ocupaban los primeros puestos en el rankings de eficiencia.

Las empresas centralizadas tienen exceso de recursos, mientras que las descentralizadas tienen defecto de sus factores de producción; es decir, que tienen necesidad de recursos, sacrificando el cumplimiento de sus objetivos por ser más eficientes.

Los cambios en la productividad total de los factores están incididos positivamente por los cambios tecnológicos, y su comportamiento cíclico se debe a los cambios en la eficiencia técnica. El cambio promedio en la productividad total de los factores de las empresas descentralizadas se encuentra un poco por encima de la media.

De las conclusiones anteriores se pueden extraer algunas importantes implicaciones políticas:

1. Incrementar el número de micromedidores, así como la lectura de éstos para facturar el consumo real de los usuarios, permite generar ingresos adicionales para cubrir los costos reales de las operadoras.
2. Ampliar la cobertura en los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales, haciendo énfasis en este último. Una

pequeña parte de la población no cuenta con acceso directo al agua o servicios de recolección de aguas residuales. En algunas ocasiones esta población tiene que optar por fuentes más caras y en algunos casos de peor calidad.

Esta medida debe ir acompañada la facturación de la cantidad real que se ha consumido para poder cobrar el coste de los servicios. Esta medida ayudará a disminuir el despilfarro o mal uso del agua por parte de algunos clientes.

3. Controlar las pérdidas de agua, buscando incentivos para que las empresas disminuyan estas pérdidas. Ello contribuirá a una mejor utilización de los inputs.
4. Políticas públicas dirigidas a mejorar los servicios prestados por las empresas de la industria de agua, traerá consigo una mayor eficiencia. El análisis de la eficiencia tiene como principal característica poner sobre la mesa unos resultados que permiten controlar algunas de las variables externas que están incidiendo sobre el comportamiento de las empresas. En la medida en que la industria de agua sea más eficiente, se reducen los costes de los servicios.
5. Incentivar la participación de las mesas técnicas de agua, para que éstas ayuden a mejorar la actuación de las empresas y con ello, su eficiencia.
6. Los resultados del análisis de eficacia y de la captada potencial de los inputs, pueden ayudar a planificar las inversiones. Este permitirá asegurar la reinversión para la reposición de infraestructuras o de nuevas. La capacidad de potabilización de agua en Venezuela es para 30 millones de habitantes. Actualmente la población se acerca a los 28 millones. Es importante que se planifiquen con tiempo las inversiones y financiación necesarias para estas obras.

Los resultados presentados aquí se deben tomar con cautela. Sería necesario mejorar los datos que incorporan otras variables que no han estado disponibles para el estudio, incluyendo los kilómetros de red de tuberías y las variables que reflejen la calidad del agua entre otros. La incorporación de estas y otras variables pueden mejorar el modelo de las empresas de agua y alcantarillado en Venezuela.

Capítulo IX

Una visión de corto plazo en la industria de agua de Latinoamérica

9.1 Introducción

Cuando se representa el proceso productivo de una industria hay que incluir todos los outputs y factores que intervienen, así como las variables que puedan diferenciar la tecnología o el entorno en el que se desenvuelve el sector. En muchas ocasiones, no se cuenta con toda la información sobre los factores de producción. Este es un problema con el que se encuentran a diario los investigadores.

La industria de agua tiene como característica importante que requiere una gran inversión y que opera con un recurso natural. En términos económicos se define como un monopolio natural debido principalmente a la infraestructura necesaria para su distribución. En su proceso de producción se pueden identificar especialmente los siguientes factores: trabajo, materiales (electricidad, sustancias químicas y otros) y capital (redes y plantas potabilizadoras y de tratamiento). Este último es primordial para la industria de agua y gran parte de las redes de distribución se encuentran bajo tierra.

No contar con datos para medir el capital puede ser una limitación importante para comparar las empresas de agua, debido a la importancia de este activo para la industria.

Aunque se dispone de gran cantidad de información de varios países de Latinoamérica, no coinciden en la medición del capital. Prescindiendo de él, y con una visión a corto plazo del sector, se planteó como objetivo de la presente investigación, obtener medidas de eficiencia técnica y eficacia de las empresas de la industria de agua de Latinoamérica, con una visión a corto plazo. Esto permitirá evaluar el modelo aplicado en el capítulo 7 y 8 a este caso. Por tanto, se denomina a este modelo de corto plazo (C/P) en contraposición con el modelo del capítulo 7 que incluye la variable capital.

Estache y Rossi (2002), Kirkpatrick et al. (2006) y Corton y Berg (2009) siguen un procedimiento similar al omitir la variable de capital, por no estar disponible en la base de datos. Revollo y Londoño (2008) estiman economías de escala a corto sin la variable capital y a largo plazo para la industria de agua de Colombia.

Se trata de tener un panorama del comportamiento de las empresas de agua de Latinoamérica con la aplicación de este modelo a corto plazo, para formar una opinión del sector en los países de la muestra. En la medida en que se incorporen más países, el modelo se enriquece y sus resultados podrán ser considerados a la hora de fijar la posición en la industria.

Para cumplir con el objetivo se aplicará una función de distancia con orientación a los inputs, empleando el modelo de Battese y Coelli (1995). Este modelo permitirá determinar qué factores afectan la eficiencia de las empresas.

El resto del capítulo se organiza de la siguiente manera: primero se describen el modelo econométrico para determinar la eficiencia y posteriormente el modelo no paramétrico el empleado para determinar la eficacia. En el apartado siguiente se describen los datos empleados para seguidamente mostrar los resultados empíricos de eficiencia y eficacia. En la última sección se presentan las conclusiones.

9.2 Eficiencia en la industria de agua de Latinoamérica a C/P. Modelo paramétrico

Al igual que los modelos aplicados a Latinoamérica, Brasil y Venezuela, se ha utilizado la función de distancia orientada a los inputs.. Este modelo, denominado modelo de la industria de Latinoamérica a corto plazo, es definido por las ecuaciones (7.8) y (7.9).

La diferencia entre este modelo y el aplicado a Latinoamérica, es la omisión de la variable capital. Por no contar con esta información y a fin de verificar la adaptabilidad del modelo a la industria, se prescinde de esta variable.

9.3 Eficacia en la industria de agua de Latinoamérica a C/P. Modelo no paramétrico

Para medir la eficacia, se empleó el mismo índice utilizado para medir la eficacia de las empresas de agua de Latinoamérica (ecuación 5.18), y fue determinado utilizando el método DEA. Por otra parte, la comparación entre la eficacia y la eficiencia de las empresas, se determinó por la ecuación (5.19)

Como se ha expuesto en apartado 5.9, sección “Capacidad potencial de los inputs”, un CPI mayor a 1, indica exceso de recursos; si es menor que 1 señala defecto de recursos.

9.4 Datos

Los datos de las empresas de agua de Venezuela fueron suministrados por Hidroven y la información del resto de los países fueron tomados de la International Benchmarking Network (IBNET). La información económica de los países se obtuvo de la página del Banco Mundial y del Instituto Nacional de Estadística de Venezuela.

Los países seleccionados fueron Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México, Panamá y Venezuela. La base está constituida por 347 empresas de 8 países lo que proporciona un total de 860 observaciones. Se emplearon datos correspondientes al período 2003-2006. El panel de datos está desbalanceado, disponiendo de una mayor cantidad de datos de Brasil (ver Tabla 51). No obstante, la muestra seleccionada, supera el 30% de la población total.

Los países que forman la muestra, además de ser diferentes en cultura y costumbre, presentan también diferencias en desarrollo económico y extensión geográfica (ver Tabla 52). El servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales también es diferente.

Tabla 51. Detalle de la muestra. Latinoamérica a C/P

País	Total		Muestra		Porcentaje	
	Empresas	Población	Empresas	Población	Empresas	Población
Argentina	24	40.117.096	7	13.116.982	29,17%	32,70%
Bolivia	14	10.627.269	2	2.661.352	14,29%	25,04%
Brasil	4.533	185.564.000	254	67.607.047	5,60%	36,43%
Chile	45	16.432.674	12	11.955.309	26,67%	72,75%
Colombia	365	45.446.247	47	18.408.266	12,88%	40,51%
México	2.000	112.336.538	12	6.249.506	0,60%	5,56%
Panamá	2	3.405.813	1	3.375.030	50,00%	99,10%
Venezuela	17	27.031.170	12	20.986.678	70,59%	77,64%
Total	7.000	440.960.807	347	144.360.170	4,96%	32,74%

Fuente: Banco Mundial e IBNET. Hidroven, Instituto Nacional de Estadísticas de Venezuela. Elaboración propia

Bolivia es el país de menor superficie y concentra una gran población rural. Brasil que es el país más grande, cuenta con considerables recursos naturales, pero su PIB per cápita para los años en estudio fue menor que el de México, Chile, Venezuela y Argentina. La mayor inflación se observa en Venezuela, mostrando dos dígitos para los años en estudios. Panamá es el país de menor inflación y su PIB se encuentra en el promedio de la muestra.

Tabla 52. Situación social y económica de los países. Latinoamérica a C/P

País	Promedio de los años 2003 al 2006			
	Población Urbana	Superficie (Km ²)	PIB per cápita	Inflación acumulada
Argentina	91%	2.780.400	4.400,73	9,60
Bolivia	64%	1.098.581	1.038,21	4,36
Brasil	84%	8.514.877	4.295,60	8,09
Chile	87%	756.95	6.684,36	2,58
Colombia	73%	1.141.748	2.988,43	5,60
México	76%	1.959.248	7.923,64	4,21
Panamá	70%	75.517	4.652,30	1,46
Venezuela	92%	916.445	4.964,62	20,61

Fuente: Banco Mundial e IBNET. Hidroven, Instituto Nacional de Estadísticas de Venezuela. Elaboración propia

Las variables son definidas igual que en el modelo aplicado a la industria de agua de Latinoamérica, Brasil y de Venezuela. Los outputs son el agua facturada ($Y1$) como una aproximación del servicio de suministro de agua potable, denominándose **agua**; y el servicio de recolección de aguas residuales, **alcantarillado** ($Y2$). Los inputs son el **trabajo** ($X1$) medido por el coste total de mano de obra; la **electricidad** ($X2$) medido por el gasto en energía eléctrica; y los **otros gastos** ($X3$), determinado por la diferencia entre el total de gastos operativos y los gastos de mano de obra y electricidad. Estas dos últimas variables están en dólares al año por habitante. Con el fin de facilitar la comprensión de las variables en la Tabla 53 se muestran las abreviaturas, significados y unidades de medida de cada una de ellas

Tabla 53. Definición de variables. Latinoamérica a C/P

Abreviatura	Variable	Concepto	Unidad de Medida
Agua	Y1	Agua facturada	m ³ al año/hab
Alcantarillado	Y2	Personas con servicio de recolección de aguas residuales	Número de personas/hab
Trabajo	X1	Gasto en trabajo	\$ americano/hab
Electricidad	X2	Gasto en electricidad	\$ americano/hab
Otros gastos	X3	Otros gastos	\$ americano/hab
Conexiones	Z1	Conexiones medidas	%
Pérdida	Z2	Pérdidas de agua	%
País 1	R1	Argentina	<i>Dummy</i> dicotómica
País 2	R2	Bolivia	<i>Dummy</i> dicotómica
País 3	R3	Brasil	<i>Dummy</i> dicotómica
País 4	R4	Chile	<i>Dummy</i> dicotómica
País 5	R5	Colombia	<i>Dummy</i> dicotómica
País 6	R6	México	<i>Dummy</i> dicotómica
País 7	R7	Panamá	<i>Dummy</i> dicotómica
País 8	R8	Venezuela	<i>Dummy</i> dicotómica
Municipal	D1	Si la empresa atiende sólo un municipio	<i>Dummy</i> dicotómica
Regional	D2	Si la empresa atiende más de un municipio	<i>Dummy</i> dicotómica
Nacional	D3	Si la empresa tiene competencia a nivel nacional	<i>Dummy</i> dicotómica

Las variables monetarias del modelo se ajustaron tomando el Deflactor del Gasto Nacional Bruto. Previamente fueron convertidas empleando el factor de conversión de PPA (PIB) al cociente de tipo de cambio del mercado. Ambos factores fueron tomados del Banco Mundial.

Las estadísticas descriptivas de los inputs y outputs por países se muestran en la Tabla 55. Las empresas de Argentina y Panamá, poseen el mayor promedio de agua facturada por habitantes. Las empresas de Chile tienen la mayor cobertura por servicios de alcantarillado promedio. La distribución del promedio de gastos es muy variada. Algunas muestras poseen una mayor cantidad en un determinado gasto, pero conservan mayor cantidad en otro gasto; la muestra de empresas de Chile y México son pruebas de esto.

La mayor pérdida de agua se encuentra en la muestra de empresas de Venezuela y de Panamá. El menor promedio de conexiones medidas se encuentra en la muestra de Argentina, que no llega al 10% del total de medidores.

Tabla 54. Productos y factores de producción, promedio por país y habitante. Latinoamérica a C/P

País	Y1	Y2	X1	X2	X3	Z1	Z2
Argentina	118,04	0,70	3,21	0,64	1,91	0,08	0,28
Bolivia	35,91	0,62	0,52	0,12	0,78	0,16	0,29
Brasil	60,88	0,58	4,15	2,29	4,13	0,25	0,35
Chile	71,26	0,91	6,17	1,51	21,78	0,27	0,33
Colombia	55,47	0,82	3,12	2,34	2,16	0,21	0,43
México	64,29	0,80	8,74	4,11	12,07	0,18	0,34
Panamá	140,69	0,45	4,28	5,25	4,28	0,13	0,44
Venezuela	54,27	0,70	0,60	0,49	1,31	0,20	0,57
Total	60,92	0,61	3,93	2,19	4,12	0,23	0,37

Elaboración propia

Variables del entorno

En los servicios prestados por las industrias de agua en Latinoamérica son comunes dos problemas. La falta de micromedición del servicio de suministro de agua potable y la cantidad de agua que no se comercializa, es decir, que se pierde. El primero de estos problemas no permite facturar el consumo real de los usuarios; el segundo, hace que las empresas pierdan esfuerzos e insumos al producir más agua de la necesaria. El agua perdida incluye aquella cantidad de agua consumida por los usuarios que están autorizado y que no se factura y las consumidas por tomas ilegales. Además se incluye el agua que no se factura por no contar o no leer los micromedidores, y se cobra en base a estimaciones o montos fijos.

A fin de tomar en consideración estas problemáticas, en el modelo Latinoamérica a C/P se han incluido como variables del entorno el número de conexiones medidas (*Z1*) y el agua perdida (*Z2*). La primera se considera como un nivel de medición y está determinada por el número total de conexiones con medidor funcionando sobre el número total de conexiones, por habitante. La segunda se determina por un ratio que proviene de la diferencia entre agua suministrada y agua facturada, dividido entre agua suministrada.

Como se muestra en la Tabla 55, el número de conexiones medidas no supera el 30% y el agua perdida en algunos casos se aproxima al 60%, situación que debe ser preocupante para las empresas. El no poder controlar la cantidad de agua que

se pierde, y el número de conexiones medidas, hace que los esfuerzos realizados para mejorar su eficiencia no se materialicen.

Existen características heterogéneas entre los países de la muestra. A fin de controlar los efectos de cada país, se han creado 8 variables *dummy* (R) que permitirán recoger los efectos fijos asociados a los países. Cada una de estas variables tomará el valor de 1 en el país que se refiera y 0 en el resto. En la Tabla 55 se muestra la *dummy* asignada a cada país. Como se aprecia en la Tabla 56, Brasil es el país que presenta el mayor número de empresas, buena parte de ellas atienden a poblaciones pequeñas.

Factores explicativos de la ineficiencia

Las empresas de agua pueden asumir diferentes tipos de personalidad jurídica y área asignada para prestar sus servicios. Además los distintos tipos de normativa y forma de organización pueden hacer que existan diferencias en la eficiencia técnica de las empresas. La base de datos de IBNET clasifica las empresas de agua de acuerdo al área de atención. Para recoger todas estas diferencias se han creado 3 variables *dummy* que permitirán ver su efecto en la eficiencia de las empresas.

Las empresas pueden ser de tipo municipal (*D1*), si su radio de acción es solo un municipio; de tipo regional (*D2*), cuando el servicio abarca más de un municipio; y será de tipo nacional (*D3*) cuando alcance una cantidad considerable de regiones y dependa la administración del poder central. Estas variables tomarán el valor de 1 si corresponde al tipo de empresa y cero en caso contrario.

En la Tabla 55 se presentan las estadísticas descriptivas del panel de datos empleado para el ensayo de Latinoamérica a corto plazo. Como se aprecia, existen grandes diferencias en las variables. Además la base incluye empresas de diferentes tamaños, algunas atienden a más de un millón de habitantes, mientras que un gran porcentaje de ellas, cubren una población inferior a 50.000 habitantes.

Tabla 55. Estadísticas descriptivas de las variables. Latinoamérica a C/P

Tipo de variable	Definición (*)		Media	Mínimo	Máximo	
Productos	Agua facturada (m ³ al año)	Y1	60,92	15,39	187,42	
	Población con servicio de alcantarillado (población)	Y2	0,607	0,0100	1	
Factores	Trabajo (dólares)	X1	3,935	0,0890	20,822	
	Electricidad (dólares)	X2	2,192	0,0136	15,482	
	Otros gastos (dólares)	X3	4,117	0,0331	43,622	
Variables del entorno	Conexiones medidas (%)	Z1	0,237	0,00003	0,603	
	Agua perdida (%)	Z2	0,367	0,0676	0,899	
	País		Nº de empresas (%)			
	Argentina	R1		7	(2,02)	
	Bolivia	R2		2	(0,58)	
	Brasil	R3		254	(73,20)	
	Chile	R4		12	(3,46)	
	Colombia	R5		47	(13,54)	
	México	R6		12	(3,46)	
	Panamá	R7		1	(0,29)	
Venezuela	R8		12	(3,46)		
Factores de eficiencia	Tipo de empresa		Nº de empresas (%)			
	Municipal	D1		142	(40,92)	
	Regional	D2		202	(58,21)	
	Nacional	D3		3	(0,86)	

(*)Todas las variables han sido relativizadas por habitante
Elaboración propia

9.5 Resultados empíricos de Latinoamérica a C/P: Eficiencia

A continuación se presentan los resultados de la estimación de la función de distancia definida previamente. Manteniendo el mismo procedimiento, los datos han sido normalizados dividiendo cada input y cada output por su media geométrica y se ha empleado la restricción de homogeneidad para determinar aquellos parámetros que no se estimaron directamente.

Parámetros de primer orden

Los parámetros calculados aplicando la función de distancia orientada a los inputs se muestran en Tabla 56. Los signos de los parámetros de los coeficientes de primer orden son los esperados y todos los parámetros son altamente significativos. El signo de los parámetros de primer orden de los outputs es negativo y el de los inputs positivo, cumpliéndose de esta manera las propiedades de la función de distancia orientada a los inputs.

Propiedades de la función de distancia

La función de distancia orientada a los inputs aplicada en el modelo de Latinoamérica a corto plazo, como se comentó anteriormente, satisface las propiedades teóricas: decreciente en outputs y no decreciente en inputs. El signo de los outputs es negativo en el 100% de $Y1$ y en el 98,75% de $Y2$. La elasticidad de los inputs $X1$ y $X3$ es aproximadamente 100% positiva; mientras que en $X2$ es positiva en el 97,91% (ver Tabla 57).

VARIABLES DEL ENTORNO

Como se aprecia en la Tabla 56 los parámetros de las variables conexiones medidas ($Z1$) y agua perdida ($Z2$) presentan signo negativo y son altamente significativos. Un aumento en alguna de estas variables aleja la frontera de eficiencia de las empresas.

En el caso de las conexiones medidas, las empresas de la industria de agua de Latinoamérica han requerido una mayor utilización de inputs para lograr controlar el agua que se factura. Tradicionalmente, buena parte de ellos instalaron medidores pero no han sido leídos. Mientras que la pérdida de agua en el sistema de distribución produce un despilfarro de inputs. Estos resultados coinciden con los modelos aplicados a Latinoamérica y Brasil.

No poder controlar estas variables por parte de las empresas les impide ser eficiente. Se puede inferir que la inclusión de estas variables es acertada ya que permite limpiar el modelo de aspectos que son influyentes en el servicio de suministro de agua y recolección de aguas residuales. La no inclusión de ellas, podría hacer posible que se mostrasen como eficientes empresas que no lo son.

Tabla 56. Parámetros estimados. Latinoamérica a C/P

Variable	Par.	Coef.	T-ratio	Variable	Par.	Coef.	T-ratio
Constante	α_0	0,228	2,008	Ambientales			
Inputs				Z1	ξ_1	-0,099	-3,483
ln X1	β_1	0,434		Z2	ξ_2	-0,205	-5,293
ln X2	β_2	0,400	16,039	R1	ξ_3	0,622	3,215
ln X3	β_3	0,165	6,779	R2	ξ_4	1,734	4,197
ln X1. ln X1	β_{11}	-0,176		R3	ξ_5	-0,183	-2,905
ln X2. ln X2	β_{22}	0,246	7,142	R4	ξ_6	-0,714	-4,227
ln X3. ln X3	β_{33}	0,049	1,780	R6	ξ_7	-0,897	-5,832
ln X1. ln X2	β_{12}	-0,186		R7	ξ_8	0,013	0,022
ln X1 . ln X3	β_{13}	0,010		R8	ξ_{11}	0,141	0,509
ln X2 . ln X3	β_{23}	-0,059	-2,466	Ineficiencia			
Outputs				Constante	Ψ_0	0,425	0,839
ln Y1	α_1	-0,594	-10,011	D1	Ψ_1	-1,152	-0,521
ln Y2	α_2	-0,151	-5,186	D2	Ψ_2	-0,311	-0,730
ln Y1 . ln Y1	α_{11}	0,256	1,233				
ln Y2 . ln Y2	α_{22}	-0,043	-1,517	Sigma-squared		0,234	4,482
ln Y1 . ln Y2	α_{12}	-0,052	-0,982	Gamma		0,142	0,637
ln Y1 . ln X1	δ_{11}	-0,009		Log likelihood function			-553,58
ln Y1 . ln X2	δ_{12}	0,002	0,026	LR test of the one-sided error			15,835
ln Y1 . ln X3	δ_{13}	0,007	0,108	Eficiencia promedio			0,875
ln Y2 . ln X1	δ_{21}	0,010					
ln Y2 . ln X2	δ_{22}	-0,029	-1,143				
ln Y2 . ln X3	δ_{23}	0,019	0,875				

El modelo se estima por máxima verosimilitud, para lo cual se utiliza la parametrización sugerida por Battese y Corra (1977), estimando $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ y $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{(\sigma_v^2 + \sigma_u^2)}$

Tabla 57. Propiedades de la función de distancia. Latinoamérica a C/P

Elasticidad	Desviación		Mínimo	Máximo	%	
	Media	estándar			Positivo	Negativo
Y1	-0,594	0,088	-0,934	-0,245	0,00	100,00
Y2	-0,151	0,058	-0,297	0,037	1,28	98,72
X1	0,434	0,141	-0,089	0,926	99,53	0,47
X2	0,400	0,185	-0,291	1,007	97,91	2,09
X3	0,165	0,056	-0,088	0,380	99,42	0,58
Elasticidad de escala	-0,745	0,111	-1,018	-0,275	0,00	100,00

Variables explicativas de la ineficiencia

Organizaciones que atiendan un área pequeña pueden estar desaprovechando las economías de escala. Esto no sucede en las regionales y nacionales.

Los parámetros de las variables *dummy* que identifican el área de acción tienen signos negativos pero no resultaron estadísticamente. Pero estos resultados significativos sugieren que las empresas que tienen una cobertura a nivel nacional son más ineficientes. Esto se puede verificar en la Tabla 58, donde se muestra la eficiencia promedio por forma de organización y por país.

Tabla 58. Eficiencia promedio por forma de organización. Latinoamérica a C/P

País	Municipal	Regional	Nacional	Promedio
Argentina		0,870		0,870
Bolivia		0,962	0,818	0,890
Brasil	0,880	0,870		0,875
Chile		0,828		0,828
Colombia	0,944	0,866		0,905
México		0,862	0,811	0,837
Panamá			0,814	0,814
Venezuela		0,825		0,825
Total	0,912	0,869	0,814	0,855

Las empresas que atienden un solo municipio son las más eficientes en el modelo de Latinoamérica a C/P. Este escenario no coincide con el mostrado en el modelo de Latinoamérica. La inclusión de la variable capital en el modelo de Latinoamérica hace que las empresas que atienden más municipios tengan una mayor eficiencia, por el aprovechamiento de las economías de escala.

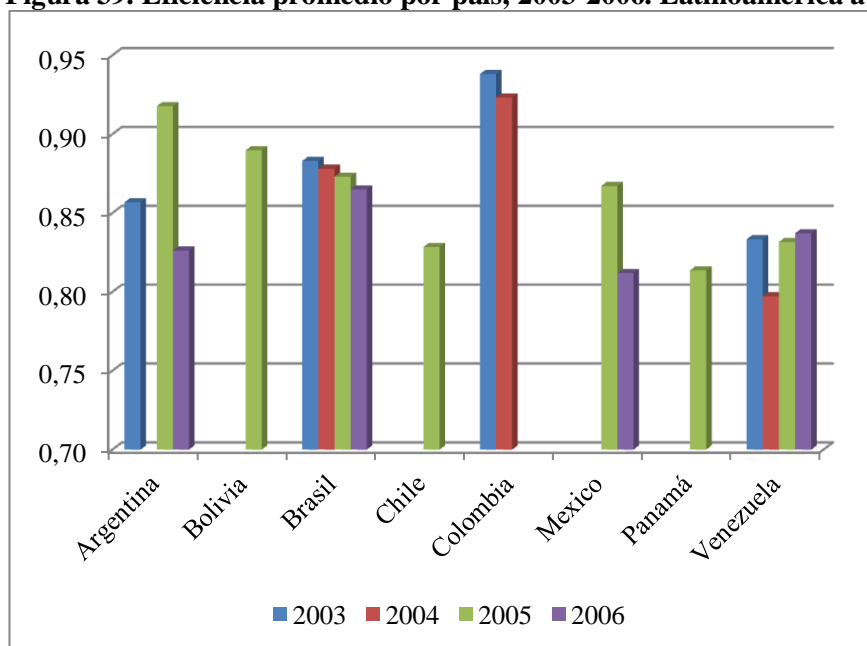
La mayor eficiencia promedio se observa en la empresa regional de Bolivia. Próximo a ésta se encuentran las empresas de Colombia.

Eficiencia técnica

En una visión a corto plazo de Latinoamérica, la eficiencia técnica promedio de la muestra de países presenta un leve descenso en los años en estudio; pasó de 0.890 en 2003 a 0,863 en 2006. Este resultado coincide al mostrado en el modelo aplicado a Latinoamérica.

La eficiencia promedio de las empresas por países se presenta en la Figura 39. El comportamiento de la mayoría de los países coincide con el de las empresas de Latinoamérica. Solo se aprecia un ligero aumento de la eficiencia media en las empresas de Venezuela. A pesar de la mejora observada, estas empresas siempre se sitúan por debajo de la media.

Figura 39. Eficiencia promedio por país, 2003-2006. Latinoamérica a C/P

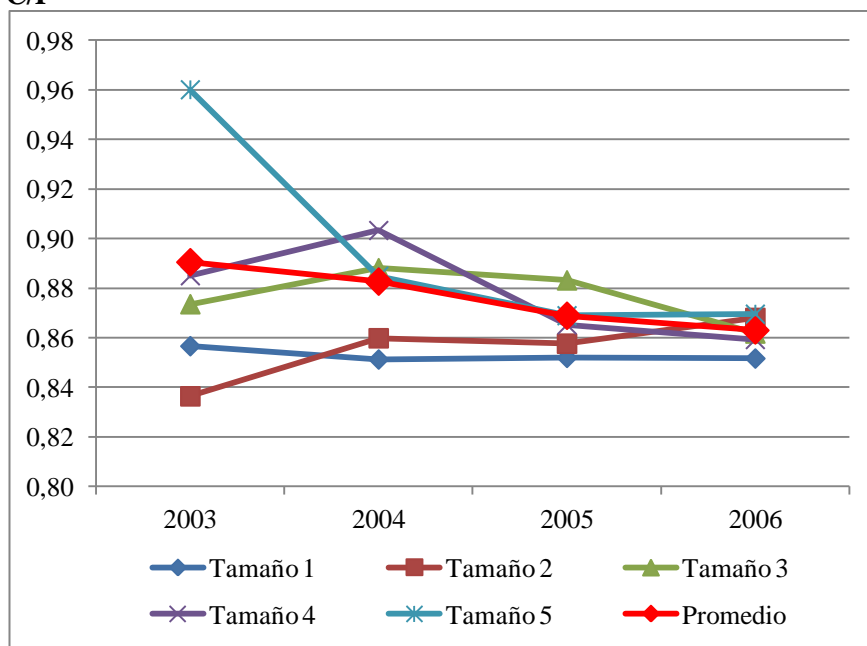


Las empresas de Colombia resultaron tener la mayor eficiencia promedio, mientras que la menor se encuentra en las empresas de Venezuela en el año 2004.

La cantidad de población que atiende una empresa puede incidir en su eficiencia. Las empresas se clasificaron en 5 tamaños; en el Tamaño 1 se agrupan las empresas que atiende una cantidad superior al 1.000.000 de habitantes; el Tamaño 2 está formado por las empresas que atienden más 500.000 y menos de 1.000.000 de habitantes; en el Tamaño 3 están las que atienden un rango comprendido entre 100.000 y 500.000 habitantes; en el Tamaño 4 se encuentran las que atienden una cantidad mayor a 50.000 pero menor a 100.000 habitantes; y el Tamaño 5 lo componen las empresas que son responsables de una población inferior a 50.000 habitantes.

Una comparación de la eficiencia por tamaño de empresas se muestra en la Figura 40. Resalta la pérdida de eficiencia en la muestra de empresa pequeñas del 2003 al 2004, para luego ubicarse cerca del promedio. Las empresas de tamaño mediano son las que tienen una posición mejor a lo largo del período de estudio.

Figura 40. Eficiencia promedio, por tamaño, 2003-2006. Latinoamérica a C/P



Este resultado no coincide con el modelo aplicado a la muestra de países de Latinoamérica. En ese caso las empresas que atendían mayor cantidad de población eran las más eficientes, mientras que las pequeñas (Tamaño 5) se ubicaban siempre por debajo del promedio general. Como se comentó anteriormente, esta situación se debe a la inclusión o no de la variable capital y de la importancia que representa para esta industria.

9.6 Resultados empíricos de Latinoamérica a C/P: Eficacia

Las empresas que operan los servicios de suministro de agua potable y recolección de agua residuales deben prestar sus servicios a toda la población que está bajo su responsabilidad. En la medida en que logren cubrir a mayor población, serán más eficaces. La eficacia en este modelo fue medida por dos indicadores que son el agua facturada por habitante y porcentaje de población cubierta con servicios de aguas residuales. El primero permite diferenciar que tan eficaces son las empresas facturando la cantidad de agua que introducen en el sistema de distribución. El segundo trata de capturar el cumplimiento de llegar a toda la población con el servicio de recolección de aguas residuales. Este servicio en los países en desarrollo se cubre en menor proporción que el suministro de agua potable, por consiguiente se encuentra muy por debajo de su óptimo.

Las empresas de Chile han sido más ineficaces en 2005, seguida de las empresas de Panamá y Venezuela en el año 2006 (Tabla 59). La primera y la tercera se ubican un poco más del 70% de cumplimiento de sus objetivos, mientras que la segunda no supera el 70%. Son las empresas de Colombia y Argentina las que tienen mayor grado de eficacia en 2004 y 2006, respectivamente

Las empresas de Argentina y México poseen la eficiencia técnica promedio más baja.

El índice de capacidad potencial de los inputs mide el esfuerzo realizado por las empresas para conseguir sus objetivos, a la vez que busca el uso óptimo de sus factores de producción.

Como se aprecia en la Tabla 59, las empresas de Panamá y Venezuela están sacrificando su eficacia por ser más eficientes, mientras que las empresas de Argentina presentan la mejor condición. Estos resultados son ligeramente diferentes a los mostrados en el modelo aplicado a los países de Latinoamérica, el cual presentaba a Chile con el mayor CPI.

Tabla 59. Eficacia, eficiencia y capacidad potencial de los inputs por país, 2006. Latinoamérica a C/P

País	Eficacia promedio	Eficiencia técnica promedio	CPI promedio (1)	Nº empresas con defecto de recursos	Nº empresas con exceso de recursos
Argentina	0,789	0,826	0,956	3	1
Bolivia (*)	0,770	0,890	0,872	2	0
Brasil	0,820	0,865	0,953	138	99
Chile (*)	0,719	0,828	0,866	10	2
Colombia (**)	0,841	0,923	0,913	30	12
México	0,861	0,812	1,060	1	1
Panamá	0,666	0,957	0,696	1	0
Venezuela	0,706	0,837	0,853	8	4
Total				193	119

(1) Capacidad potencial de los inputs

(*) Promedios para el año 2005

(**) Promedios para el año 2004

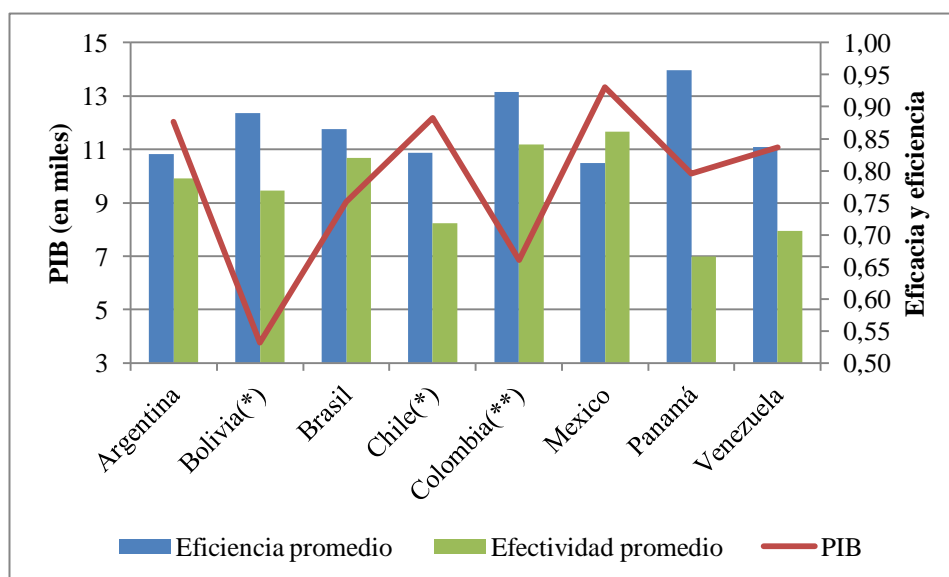
Los resultados muestran que una buena parte de las empresas analizadas están sobreutilizando sus recursos. Estos resultados son similares a los del modelo de Latinoamérica. Esta sobreutilización tiene su repercusión en los niveles de eficiencia conseguidos.

La relación entre el PIB y la eficacia y la eficiencia del modelo de Latinoamérica a C/P se muestra en la Figura 41. No se aprecia una relación directa entre el desarrollo económico del país y la eficacia y eficiencia de las empresas de la muestra.

Las empresas de los países con menor PIB, como es el caso de Bolivia, Colombia y Panamá, aparecen altamente eficientes; mientras que las empresas de los países con alto desarrollo económico presentan baja eficiencia promedio, en comparación a las otras empresas. La eficacia, a excepción de México igual que en el modelo de Latinoamérica, se relaciona directamente con el desarrollo económico de los países.

Estos resultados confirman la apreciación de que cuanto mayor sea el desarrollo económico de un país, se logrará cubrir a una mayor población con los servicios de suministro de agua potable y de recolección de agua residuales y se puede lograr que las empresas operen eficientemente.

Figura 41. Eficacia, eficiencia y PIB por país, 2006. Latinoamérica a C/P



9.7 Resumen y conclusiones

En este capítulo se han comparado varios países de Latinoamérica, con una visión a corto plazo, aprovechando la base de datos disponible. Este modelo no incluye la variable capital.

Se ha estimado la eficiencia y eficacia en la industria de agua de 347 empresas de 8 países de Latinoamérica para el período 2003-2006, utilizando una función de distancia. Del análisis de los resultados se derivan los siguientes elementos a destacar.

Los resultados de los modelos a C/P y a Latinoamérica coinciden en algunos aspectos. En ambos casos todas las variables presentan los signos correctos y son estadísticamente significativas, incluyendo las de entorno.

Para la variable conexiones medidas, las empresas de la industria de agua de Latinoamérica a C/P han requerido una menor utilización de inputs para lograr controlar el agua que se factura, en comparación con el modelo Latinoamérica. Las pérdidas de agua en el sistema de distribución hacen que los requerimientos de inputs sean más elevados. Estas pérdidas incluyen el agua no facturada, la no

medida y aquella consumida por conexiones ilegales. Los requerimientos han sido más en Latinoamérica C/P que Latinoamérica.

El resultado de la variable para explicar la eficiencia (tipo de empresa), a pesar de no obtener un parámetro significativo, coincide con la clasificación que se hizo de la eficiencia por tipo de empresa. Las empresas nacionales resultaron más ineficientes que las regionales. El resultado de la eficiencia técnica promedio, clasificada por el tamaño de las empresas, no fue el mismo del modelo aplicado a Latinoamérica. Esto viene motivado por la no inclusión de la variable capital.

Los resultados muestran que existen empresas de países que están sacrificando su eficacia por la eficiencia. La mayoría de las empresas para el 2006 se encontraban con necesidades de recursos, es decir que es patente la necesidad de inversión en el sector.

Si la población contara con acceso a los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales, se contribuiría a mejorar la calidad de vida. Además de cumplir con las metas establecidas por los organismos internacionales, se satisfacen las carencias de la población mejorando, a su vez, la salud y la calidad de vida de los ciudadanos.

PARTE V

CONCLUSIONES

Capítulo X

Conclusiones

10.1 Resumen

Las actividades de las empresas que componen la industria de agua contribuyen a un mejor desarrollo social y económico de la zona y a una mejora de la salud de la población, logrando incrementar la calidad de vida de las poblaciones

Estas actividades están compuestas fundamentalmente por los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales. Estas organizaciones pueden ser públicas, privadas o mixtas y tener competencia nacional, regional o municipal.

Estas actividades están conformadas por procesos claramente definidos. En el servicio de suministro de agua potable las funciones son extracción, tratamiento, transferencia, almacenamiento, presurización de las tuberías y distribución. Las del sistema de alcantarillado son recogida y transporte de los efluentes, tratamiento de aguas residuales, tratamiento y disposición de lodos y recolección de las aguas pluviales.

El agua suministrada a la población puede ser obtenida de fuentes superficiales (ríos, lagos, manantiales, presas y mares) o subterráneas (pozos). La fuente de obtención del agua es relevante en la determinación del coste del servicio. Por lo general, las aguas superficiales requieren mayor tratamiento y por tanto, un uso de inputs más elevados.

Los principales factores de producción necesarios para suministrar agua potable y recoger las aguas residuales son trabajo, capital, energía y materiales (químicos y reactivos, otros materiales, gastos de conservación y mantenimiento y servicios exteriores). Los costes de producción del servicio de suministro de agua se componen de tres elementos principales: los gastos de las fuentes de abastecimiento, los de transmisión de agua y el tratamiento del agua.

La industria de agua se ve afectada por varios factores exógenos que afectan sus costes. Dentro de estos se encuentran el número y tipo de clientes, el tamaño y la topografía del área de distribución, el total de agua vendida, el sistema de

extracción u obtención de agua, la longitud de las tuberías de distribución, los precios de los insumos, el tratamiento de las aguas residuales y la disposición de los lodos, entre otros.

Desde el punto de vista económico, la industria del agua se caracteriza por ser multiproducto, monopolio natural, sector regulado y su rentabilidad está relacionada con la cantidad y distribución de sus clientes, de la zona atendida y de la cantidad de agua producida y consumida.

El servicio de suministro de agua potable en los países de Latinoamérica ha logrado avances significativos en los últimos años, logrando abarcar un gran número de población y con ello cumplir con la meta Desarrollo del Milenio, establecidas por la ONU. Sin embargo en el servicio de recolección de aguas residuales, la situación es diferente don un gran porcentaje de habitantes que no cuentan con este servicio. La situación es más crítica en el sector rural, que abarca un porcentaje importante de la población en los países latinoamericanos. Estas desigualdades de cobertura de los servicios se deben a varios factores como el alto crecimiento poblacional de las últimas décadas y la emigración de la población rural hacia los centros urbanos.

Los problemas más comunes en los países de Latinoamérica, respecto al servicio de suministro de agua se pueden enumerar en baja calidad del agua, servicio irregular, ya que no es continuo las 24 horas del día, grandes pérdidas de agua, falta de micromedición (escasas unidades de medición a nivel de hogares y en los que existen, muchas veces no son leídos), y antigüedad de la infraestructura, que en algunos casos no se repone. Por otra parte, estos países cuentan con una gran cantidad de recursos hídricos, con excepción de algunas zonas.

La responsabilidad de los servicios en los países latinoamericanos corresponde a los municipios y concurren ambos tipos de capital: privado y público. A su vez, el tipo de contrato con las empresas prestatarias varía desde la concesión al arrendamiento y los que operan sólo una fase del proceso.

En ciertos países la legislación data de varias décadas atrás, mientras que en otros la legislación es relativamente reciente. Por su parte, en la mayoría de los países de la muestra, los reguladores no se dedican solamente a regular el servicio de agua sino también otros servicios. En algunos países los reguladores han sido creados por ley, pero no se han constituido formalmente.

La situación económica y poblacional en los países de Latinoamérica es muy desigual. Hay países que cuentan con un PIB per cápita elevado mientras que en otros el PIB per cápita es extremadamente bajo. A su vez hay países con un alto porcentaje de población rural. Por ejemplo, Venezuela tiene una tasa de

aproximadamente 25% de población rural. También las tasas de inflación presentan amplias diferencias entre los países de la muestra. Estas marcadas diferencias también se perciben en los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales.

La situación de Brasil no dista mucho de los problemas mencionados en los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales de Latinoamérica, a pesar de ser el país más grande, con un alto PIB y considerado, además, uno de los países de economía emergente. Al igual que en casi toda Latinoamérica, en Brasil el servicio de agua potable se ha incrementado hasta cubrir una gran parte de la población, mientras que el servicio de recolección de aguas residuales, a pesar de haber llegado a un porcentaje elevado de la población, no presenta la misma proporción de cobertura que la del agua potable.

En Brasil, la responsabilidad de los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales corresponde a los municipios, pero buena parte de la población recibe estos servicios de empresas regionales, que pueden estar prestados de manera directa por los municipios, asumiendo diferentes modalidades, o a través de gestión indirecta mediante el otorgamiento de concesiones, permisos o autorizaciones. En Brasil no existe un regulador estatal, sino entes a nivel local y regional que abarcan varios servicios.

En Venezuela, de acuerdo con la normativa vigente, el aprovechamiento del agua es competencia nacional, mientras que los municipios tienen la competencia de suministrar el agua y devolverla limpia al medio ambiente. El servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales es atendido por 9 empresas regionales, bajo una administración centralizada, 7 empresas descentralizadas, en las cuales los municipios tienen participación conjuntamente con las gobernaciones, y una gerencia de una organización descentralizada. Las empresas centralizadas atienden el mayor porcentaje de población, mientras que las descentralizadas tienen la mayor parte de extensión del territorio.

Gran parte de la población de Venezuela cuenta con servicio de agua potable y este ha venido incrementándose en los últimos años. Menos del 90% de la población cuenta con el servicio de aguas residuales. Una situación grave, que también es común en los países de Latinoamérica, es el tratamiento de las aguas residuales. En Venezuela éste no llega al 25%, situación considerada crítica.

Otra de las dificultades graves en Venezuela es la baja recaudación por los servicios. Gran cantidad de usuarios no paga el servicio, entre otras razones, por su baja capacidad de pago. A veces los usuarios justifican el impago por el mal

servicio que reciben. Al mismo tiempo la gestión de cobro de las empresas no es efectiva. Por esta razón en Venezuela se ha logrado incorporar a la comunidad en la gestión de los servicios de agua. Las mesas técnicas de agua son organizaciones promovidas por el Estado para buscar solución a los inconvenientes del servicio de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales. Para solucionar sus problemas éstas presentan proyectos que son financiados por un ente del Estado.

La investigación en temas de eficiencia ha tenido como objetivo conseguir que las empresas sean más conscientes de lograr beneficios a través de la gestión. En muchos casos se trata de incentivar a las firmas para que reduzcan costes y repartir las ganancias de eficiencia con los usuarios del servicio, en forma de productos de mayor calidad y, en ocasiones, también más económicos.

En esta tarea han surgido los conceptos de eficiencia y eficacia. El concepto de eficiencia ha sido a veces confundido con el de productividad. El primero compara el resultado real de una empresa con el resultado óptimo que podría haber alcanzado; mientras que la productividad es la relación que existe entre los productos obtenidos y los factores empleados por una empresa.

La eficiencia se divide en técnica, asignativa y económica o total. La primera mide la capacidad para obtener la máxima producción con los recursos disponibles, mientras que la eficiencia asignativa es la capacidad para combinar los factores productivos en las proporciones óptimas. La eficiencia total es la combinación de las eficiencias técnica y asignativa.

Las medidas de eficiencia pueden estar orientadas a los inputs o a los outputs. La primera toma como referencia la empresa eficiente que produce la misma cantidad de output con la mínima cantidad de factores; mientras que la segunda toma como referencia aquella empresa que utiliza los mismos inputs y produce la máxima cantidad de outputs.

Para la evaluación de la eficiencia se han empleado diversas herramientas entre las que destacan los modelos de fronteras. La determinación de la frontera puede efectuarse utilizando dos metodologías: paramétrica y no paramétrica. La elección del método a utilizar dependerá del tipo de industria y de los datos que se tengan. La frontera estocástica especifica una distribución para la eficiencia y variaciones aleatorias en la estructura del error de la frontera que se estima, ya que supone que el output está limitado superiormente por una frontera estocástica. Dentro de los estudios de fronteras no paramétrica, el método más empleado es el DEA. En este modelo la frontera envuelve a los datos observados, no incluyendo para su estimación la presencia de ruidos ni especificando forma funcional.

Las fronteras estocásticas se basan en la hipótesis de la existencia de dos tipos de factores (errores). Por un lado, se encuentran los hechos fortuitos, de carácter aleatorio y, por el otro lado, se encuentran los fallos que hacen que la empresa no pueda alcanzar su objetivo, es decir la ineficiencia. La frontera estocástica está determinada por la estructura de la tecnología de la producción, que es la parte determinística, y por la parte estocástica que son factores aleatorios externos.

Un enfoque para determinar la eficiencia es la función de distancia. Esta permite describir tecnologías que utilizan múltiples inputs para producir varios outputs sin tener que suponer un determinado comportamiento optimizador (maximización de la ganancia o minimización de los costes).

La función de distancia orientada a los inputs, implica la adopción de un enfoque en donde se mejora la eficiencia al reducir el consumo de los inputs, para un determinado nivel de outputs exógenos. Esta situación justifica su aplicación en la industria de agua, por la naturaleza de la producción y la regulación de que es objeto el servicio.

La eficacia es otra forma de evaluar el desempeño de las empresas, y se define por el nivel de cumplimiento de las metas propuestas. Se considera que una empresa es eficaz si alcanza todos los objetivos planteados para un período. Por tanto, el grado de eficacia de una empresa vendrá determinado por el esfuerzo que realice en sus diferentes actividades para el cumplimiento de los fines formulados.

Para que una empresa pueda ser 100% eficaz, debe realizar mayores esfuerzos que requieren consumos adicionales de factores productivos. En la medida que una empresa sea eficaz, también tenderá a ser eficiente. Algunas empresas pueden llegar a ser eficientes a expensa de la eficacia y viceversa

Otra metodología para evaluar el comportamiento de las empresas es la productividad total de los factores. Se obtiene al dividir un índice de productos entre un índice de insumos. El cambio en la productividad total de los factores se puede dividir en cambio en la eficiente técnica, cambio tecnológico y cambio en la eficiencia de escala.

Los objetivos de los trabajos revisados en la literatura económica sobre la eficiencia en la industria de agua son muy variados. Algunos determinan la eficiencia técnica y económica, otros se calculan las economías de escala, densidad y económica. Varios de estos trabajos se interesaron por comparar la eficiencia de las empresas privadas y públicas, para ver la supremacía de uno u otro. Otros introdujeron aspectos específicos del país que se estaba evaluando,

como cambios en la normativa, o el comportamiento de factores externos. Por último, algunos comparan la actuación de las empresas de diferentes países.

Las variables más empleadas para la identificación de los outputs son las siguientes: agua suministrada (residencial y no residencial), agua facturada o vendida, y número de conexiones. Por su parte el proceso de alcantarillado puede conducir aguas pluviales y residuales. Las variables más empleadas para referirse a este servicio son volumen de aguas residuales y volumen de aguas residuales tratadas.

Otra variable que ha sido empleada para identificar los outputs, es la población atendida, con servicio de agua potable o con recolección de aguas residuales. En el caso de estudios de empresas que prestan ambos servicios, se combinan todas estas variables.

Los factores trabajo y capital son los más incorporados en los trabajos de medición de eficiencia. La variable más utilizada, para la medición del factor trabajo en este sector es el número de trabajadores, mientras que para el capital se encuentra la longitud de la red de distribución de agua y/o alcantarillado. La energía se ha medido en la mayoría de los casos por su gasto anual.

Por otra parte, dentro de las variables ambientales o exógenas más empleadas se encuentran la densidad y la fuente de agua (comprada, subterránea, superficial, río, mar, propia, etc.). Un número considerable de trabajos incorporan variables *dummy* que le permitan identificar si la empresa, además de prestar el servicio de agua presta el servicio de alcantarillado; el tipo de propiedad u organización de la empresa, y la zonificación del país.

En síntesis, los resultados de las investigaciones en su mayoría han confirmado la presencia de economías de escala en la industria de agua. Otros han demostrado que la incorporación de variables de calidad y de ambiente, bien sea como outputs o inputs, mejoran la sensibilidad de los modelos para diferenciar las empresas de agua. Por otra parte, los trabajos no son concluyentes sobre la eficiencia de las empresas privadas sobre las públicas, o viceversa.

Las ventajas de la función de distancia hacen que se adapte perfectamente a la industria de agua, a pesar de su escaso empleo hasta la fecha.

La extensa literatura revisada demuestra que en el estudio de la eficiencia de la industria de agua no está todo dicho, y que las diferentes técnicas y modelos que existen podrían aplicarse a diferentes regiones y servir de ayuda para buscar el beneficio de la colectividad. Como se observa en la Tabla 60, los promedios de eficiencia son también muy similares, ratificando lo expuesto sobre la elección

de las variables para representar la tecnología del proceso productivo de la industria de agua de los países de Latinoamérica.

En la Tabla 60 se presenta un resumen de los parámetros obtenidos en los cuatro modelos estimados en este trabajo. Los coeficientes de los outputs y de los inputs presentan el signo correcto en todos los modelos y también su magnitud es similar. El hecho de no incluir la variable capital en el modelo de Latinoamérica C/P no tuvo incidencia en la representatividad de los inputs. A pesar de que en el modelo de Venezuela la variable de capital es distinta, los resultados son similares.

En cuanto a las variables de entorno, cabe destacar lo siguiente. La variable agua perdida (Z2) presenta el signo esperado en todos los modelos y resulta bastante significativa. La variable conexiones medidas (Z1) sólo presenta el signo esperado en el modelo de Venezuela. Este resultado puede explicarse por el bajo índice de medición de las conexiones, que en el mejor de los casos alcanza 27% de los contadores, y también a las subvenciones que reciben las empresas.

Las variables que permiten capturar los efectos fijos resultaron en todos los modelos altamente significativas. Lo mismo ocurre con las variables que recogen el tipo de organización.

10.2 Conclusiones

En esta investigación se analiza la eficiencia y la eficacia en la industria de agua en varios países de Latinoamérica. Las empresas en este sector prestan dos servicios: suministro de agua potable y recolección y tratamiento de aguas residuales, cuando la normativa de cada país así lo establece.

Para determinar la eficiencia se utilizó la función de distancia translogarítmica orientada a los inputs. La adaptación de la función de distancia a procesos productivos multioutputs y la no presunción de comportamiento económico, hacen que la elección de esta metodología sea coherente con el proceso productivo de la industria de agua.

Para caracterizar los servicios provistos por las empresas se emplean dos productos: el agua facturada (Y1) como una proxy del servicio de suministro de agua potable y la población con servicio de alcantarillado, para recoger el servicio de recolección de aguas residuales (Y2). Los inputs empleados para prestar estos dos servicios son trabajo (X1), electricidad (X2), otros gastos (X3) y capital (X4). Los tres primeros inputs fueron medidos por los gastos correspondientes en unidades monetarias y el capital por la longitud de la red.

Tabla 60. Resumen de los resultados

Variables (*)	Modelo Latinoamérica		Modelo Brasil		Modelo Venezuela		Modelo Latinoamérica C/P	
	Coef.	T- ratio	Coef.	T- ratio	Coef.	T- ratio	Coef.	T- ratio
	ln(Y1)	-0,46	-10,64	-0,48	-10,98	-0,34	-5,15	-0,59
ln(Y2)	-0,04	-2,17	-0,04	-1,89	-0,24	-3,52	-0,15	-5,19
ln (X1)	0,18		0,21		0,16		0,43	
ln (X2)	0,21	10,12	0,27	13,13	0,08	2,86	0,40	16,04
ln (X3)	0,06	3,72	0,05	3,08	0,05	1,51	0,17	6,78
ln(X4)	0,55	29,78	0,47	21,40				
ln(X5)					0,71	19,32		
T					0,04	5,86		
Z1	-0,16	-7,04	-0,27	-9,77	0,06	5,93	-0,10	-3,48
Z2	-0,15	-5,76	-0,19	-7,86	-0,11	-2,26	-0,20	-5,29
Z3					0,24	9,19		
D6					-0,21	-7,85		
R1	-0,39	-3,03	0,02	0,21	-0,01	-0,13	0,62	3,22
R2	0,32	1,19	0,22	5,71	-0,25	-3,40	1,73	4,20
R3	-0,50	-11,12	0,14	4,21	-0,20	-3,98	-0,18	-2,90
R4	-0,48	-4,23			-0,20	-7,17	-0,71	-4,23
R5			0,06	1,26				
R6	-0,69	-6,75			-0,25	-7,66	-0,90	-5,83
R7	-0,11	-0,34			-0,10	-3,29	0,01	0,02
R8							0,14	0,51
D1	-1,05	-1,78	2,48	2,12			-1,15	-0,52
D2	-3,52	-1,70					-0,31	-0,73
D4					-0,47	-7,19		
D5					0,04	1,60		
Sigma2	0,29	2,36	0,40	3,41	0,00	21,54	0,23	4,48
Gamma	0,71	5,46	0,85	17,66	0,88	6,09	0,14	0,64
Eficiencia promedio		0,92		0,92		0,84		0,87

(*) Todas las variables están relativizadas por habitante.

Para reflejar las diferentes condiciones en las que se desarrolla la actividad de las empresas se incluyeron dos variables: el número de conexiones medidas, (Z1) para recoger el hecho de que muchas empresas no facturan el agua que consumen sus clientes porque no miden los contadores y el agua perdida (Z2), que se calculó como la diferencia entre agua suministrada y agua facturada. Estas pérdidas de agua incluyen la no facturada, la no medida y aquella consumida por conexiones ilegales. Además, a fin de controlar las características propias de cada país o región se crearon variables dummy. Como factores explicativos de la eficiencia se incluyó la forma de organización: local, regional o nacional.

Este estudio se ha aplicado en cuatro escenarios. El primero, denominado Latinoamérica, corresponde a empresas de 7 países de dicha región e incluye la variable capital. El segundo concierne a una muestra de empresas de Brasil. Una muestra de empresas de Venezuela fue seleccionada para hacer el tercer estudio. La última aplicación, denominada Latinoamérica a corto plazo (C/P) se realizó con una muestra de empresas de 8 países de Latinoamérica y no incluye la variable capital.

En el modelo aplicado a Venezuela, la variable capital es diferente (capacidad de potabilización) y se añadieron otras variables del entorno: el agua subterránea (Z3) y la prestación del servicio de tratamiento de aguas residuales (D6). Como factores explicativos de la eficiencia se incorporó la forma de organización (centralizada o descentralizada) y la actuación de las mesas técnicas de agua.

También se estudió la eficacia de las empresas en los cuatro escenarios, empleando un índice compuesto, medido a través de los indicadores de cobertura de alcantarillado y agua facturada y como metodología el DEA. Esto permitió calcular la capacidad potencial de los inputs (CPI), para determinar si existe exceso o defecto en los recursos.

El modelo denominado Latinoamérica, corresponde a 335 empresas que operan en 7 países Latinoamericanos (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, México y Panamá) en el período 2003-2006.

Los resultados demuestran la reducción de la eficiencia técnica a lo largo del tiempo en las empresas que prestan el servicio de agua y alcantarillado en las empresas de los países estudiados. La mayor eficiencia promedio se concentra en los países con una próspera situación económica y ésta ha venido mejorando a lo largo de los años de estudio.

Las pérdidas de agua y el número de conexiones con medidores funcionando son variables que tienen una alta significatividad en los modelos de Latinoamérica, a pesar de que la última no tenía el signo esperado.

La eficacia en los países de Latinoamérica no se ha cumplido en la mayoría de las empresas de los países de la muestra.

En 2006, un gran porcentaje de las empresas en estudio tenían un bajo índice de capacidad potencial de los inputs, en comparación con la media del total de empresas. Los resultados muestran que las empresas que atienden menos de 100.000 habitantes tienen exceso de recursos.

Se estimó la eficiencia y eficacia de 254 empresas de Brasil en el periodo 2003-2006. En las empresas de Brasil también se ha producido una reducción de la eficiencia técnica a lo largo del tiempo. La eficiencia promedio de las regiones del país ha venido disminuyendo incluso en las más industrializadas. Al igual que en el modelo de Latinoamérica el signo de los parámetros fue el esperado a excepción de las conexiones medidas.

En Brasil, las empresas que tienen exceso de recursos son las que atienden a menos de 100.000 habitantes y la mayoría de ellas están situadas en zonas de gran desarrollo industrial. Por otra parte, la mayoría de las empresas presentan una situación de defecto de recursos en 2006.

Para el estudio de Venezuela se utilizaron datos de 12 empresas de agua en el período 1998-2008. Además de la eficacia y eficiencia técnica se identifican los cambios ocurridos en los componentes de la productividad total de los factores.

La industria de agua de Venezuela presenta la misma problemática que sus homólogos en Latinoamérica. Aunque el servicio de agua potable se ha extendido a un gran porcentaje de la población y el servicio de recolección de aguas residuales ha mejorado en los últimos años, su nivel de cobertura se encuentra alejado de los índices cubiertos por los servicios de agua potable.

En Venezuela se instituyó una normativa a partir de 2001. Esta ordenaba crear instituciones, entre ellas la encargada de regular los servicios. Esto no se ha cumplido en su totalidad. Se siguen prestando los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales con apenas algunos cambios en la relación empresa-usuario-estado. Dentro de esta normativa se incorpora la gestión eficiente en las empresas de agua.

En términos globales se puede afirmar que las empresas de agua de Venezuela han mejorado su eficiencia técnica. Las empresas descentralizadas resultaron ser

las más eficientes a lo largo de todo el periodo de estudio. Su comportamiento hace que el nivel de eficiencia de Venezuela sea alto.

La eficiencia de las empresas de Venezuela está influenciada por la baja medición del agua que se consume y por las altas pérdidas de agua en el sistema. Estas características hacen que las empresas tengan que utilizar más cantidad de inputs para prestar sus servicios.

En Venezuela la cantidad de aguas residuales tratadas es muy baja y no todas las empresas prestan este servicio.

Las mesas técnicas de agua han cumplido una gran labor a nivel de facilitar y controlar la relación empresas y comunidad, pero no han contribuido a mejorar la eficiencia de las empresas operadoras del servicio.

Las empresas de Venezuela han sido más eficaces que eficientes. Se puede afirmar que la mayoría de las empresas centralizadas han cumplido sus objetivos en más de un 90%; sólo una descentralizada ha superado este porcentaje. Las otras empresas se encuentran bastante alejadas de esta cifra, sacrificando sus objetivos a costa de ser más eficientes. Dentro de este grupo se encuentran dos descentralizadas que ocupaban los primeros puestos en la clasificación de eficiencia.

Las empresas centralizadas tienen exceso de recursos, mientras que las descentralizadas tienen defecto; es decir, sacrifican el cumplimiento de sus objetivos por ser más eficientes.

Los cambios en la productividad total de los factores están influidos positivamente por los cambios tecnológicos, y su comportamiento cíclico se debe a los cambios en la eficiencia técnica. El cambio promedio en la productividad total de los factores de las empresas descentralizadas se encuentra ligeramente por encima de la media.

Finalmente se compararon los países de Latinoamérica con una visión a corto plazo, aprovechando la base de datos disponible. Para ello se estimó un modelo que no incluye la variable capital aplicado a 347 empresas de 8 países de Latinoamérica para el período 2003-2006. Se destaca que en algunas ocasiones los resultados de los modelos a de Latinoamérica y Latinoamérica a C/P coinciden. En ambos casos, todas las variables seleccionadas resultaron con los signos correctos y significativos exceptuando alguna variable de entorno.

El parámetro de la variable conexiones medidas en el modelo de Latinoamérica a C/P disminuyó en comparación con el modelo Latinoamérica. No así el

parámetro de las aguas perdidas, que tuvo una mayor importancia en el modelo Latinoamérica C/P.

En este último modelo, el resultado de la variable para explicar la eficiencia (tipo de empresa), a pesar de no tener un parámetro significativo, coincide con la clasificación que se hizo de la eficiencia por tipo de empresa: las empresas nacionales resultaron más ineficientes que las regionales.

Los resultados de todos los modelos aplicados demuestran que a nivel de los países de Latinoamérica, el tamaño de las empresas no debe ser pequeño, pero tampoco que cubran poblaciones de gran cantidad de habitantes. Los resultados señalan que aquellas empresas que tienen bajo su responsabilidad una cantidad de personas inferior a 1.000.000 de habitantes han sido las más eficientes.

Por otra parte, el tipo de organización que ha sido más eficiente es la de tipo regional, que abarca varios municipios. Por el contrario, las empresas de nivel nacional han sido las más ineficientes.

El objetivo de cubrir toda la población con los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales todavía no se ha logrado. Esto queda demostrado por los resultados de eficacia, en donde se observa un sacrificio de la eficacia a costa de la eficiencia. Debe buscarse la fórmula para que las empresas puedan lograr ser eficiente a la vez que consiguen cumplir con las metas de cobertura.

Los resultados demuestran la falta de inversión en las empresas para que puedan cumplir con sus objetivos. Esto puede ser la causa de la baja eficacia de las empresas que prestan los servicios de suministro de agua y recolección de aguas residuales en Latinoamérica. Esta falta de inversión hace que las empresas no puedan cubrir sus objetivos y tengan que buscar alternativas para poder mejorar su eficacia. Solo en Venezuela se observa que una buena parte de las empresas tienen exceso de recursos.

En los países con mayor desarrollo económico, la eficacia y la eficiencia guardan una relación estrecha. Con algunas excepciones, se confirma la relación entre desarrollo del país y el cumplimiento de las metas de cobertura y eficiencia de las empresas.

A nivel de las regiones de Brasil y Venezuela esta relación con el desarrollo no se cumple. Esto puede deberse a que los gobiernos están tratando de cubrir las poblaciones o regiones de bajos recursos, apoyándolas con inversiones y mejora en los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales.

10.3 Implicaciones de política económica

En general, políticas públicas acertadas dirigidas a mejorar los servicios prestados por las empresas deberán traer consigo un incremento de su eficiencia y su eficacia. Una mayor cobertura en los servicios y una medición y facturación de la cantidad consumida permite recuperar los costes en que se ha incurrido. Con esta medida también se puede lograr disminuir el despilfarro o mal uso del agua.

Por otra parte, la adopción de medidas para incrementar los niveles de eficiencia en la industria de agua puede conducir a una reducción de los costes, lo que implica una mejora en la disponibilidad financiera de las empresas, que permitirá dirigir los recursos a aquellas áreas prioritarias. Además, el estudio de la eficacia permite tener una idea de las necesidades de inversión en infraestructuras.

Se debe buscar una relación directa entre los ingresos recibidos, los volúmenes de venta y la calidad de los servicios. En la medida que las empresas sean eficaces y busquen la eficiencia, se conseguirán los objetivos de prestar el servicio a toda la comunidad, generando incentivos para incrementar la eficiencia empresarial.

Cuando la población no cuenta con acceso al agua o servicios de recolección de aguas residuales, se le está imponiendo optar por unas fuentes más caras y en algunos casos de peor calidad. Si la población contara con acceso a los servicios de suministro de agua potable y de recolección de aguas residuales, se contribuiría a mejorar su calidad de vida. Además de cumplir con las metas establecidas por los organismos internacionales, se satisfacerían las carencias de la población mejorando, a su vez, la salud y la calidad de vida de los ciudadanos.

Los resultados presentados aquí se deben tomar con cautela. A pesar de que las conclusiones derivadas del análisis permiten tener una visión clara de la problemática de la industria de agua en los países de Latinoamérica, sería necesario mejorar los datos que incorporan otras variables que no han estado disponibles para el estudio. Estas incluyen la densidad de población, las variables de calidad del agua y el tipo de propiedad, entre otros.

De las conclusiones anteriores se pueden extraer algunas importantes implicaciones de política:

- Incrementar el número de micromedidores, así como la lectura de éstos, para facturar el consumo real de los usuarios, generando ingresos adicionales que permitan cubrir los costes reales de las operadoras.

- Controlar las pérdidas de agua, como política prioritaria, buscando incentivos para que las empresas disminuyan estas pérdidas, lo que contribuirá a una mejor utilización de los recursos.
- Mejorar el sistema de recogida de datos de las empresas por parte de las instituciones implicadas, especialmente los referidos a los diferentes indicadores de calidad del servicio.
- Mejorar la participación de las organizaciones civiles en los países que existan, para que éstas ayuden a optimizar la actuación de las empresas y puedan ser más eficientes.
- Emplear el análisis de la eficiencia para poner sobre la mesa resultados que permitan evaluar el comportamiento de las empresas.
- Analizar los resultados de la eficacia pues parecen indicar las necesidades de inversión en algunas regiones o países.

10.4 Líneas de investigación futuras

Una de las acciones futuras se dirigirá a incorporar factores ambientales en el análisis. Esto es, evaluar la eficiencia de las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas residuales sobre la base de una actuación de sostenibilidad ambiental. Se trata de valorar el comportamiento de las empresas con respecto al uso de energías no tradicionales en su proceso de producción; y a las acciones realizadas para proteger las fuentes de agua y la no contaminación de éstas y el tratamiento y disposición de las aguas residuales.

Otra línea de investigación a desarrollar es estimar la eficiencia relativa de empresas del sector de agua en las islas Canarias (España) y compararla con sus homólogos de Latinoamérica. Existen en estos países relaciones de apoyo y algunas características comunes. Por otra parte, a pesar de las deficiencias en los servicios (no facturación real, subvenciones innecesarias, altas pérdidas de aguas, entre otros) los resultados de eficiencia son elevados. Esto se debe a que todas las empresas hacen lo mismo y no a que el comportamiento sea eficiente. La comparación con empresas de otras regiones, sería interesante. En este sentido, se pretende culminar el proyecto denominado “Eficiencia de las empresas de agua de Canarias”, financiado por el Gobierno de Canarias.

Poner a disposición de Compañía Anónima Hidrológicas de Venezuela (Hidroven) y otros entes interesados, los resultados obtenidos de esta investigación, a fin de contribuir a mejorar la actuación de las empresas operadoras de los servicios de suministro de agua potable y recolección de aguas

residuales. Esta aportación, sería de gran beneficio para la comunidad, en vista de los fallos detectados con los resultados de este trabajo.

Analizar el efecto de la propiedad en la eficiencia técnica de las empresas de agua de Latinoamérica es otro objetivo para el futuro. En algunos países de Latinoamérica se permite la propiedad privada. El Banco Interamericano de Desarrollo y otros organismos multilaterales hicieron intentos para que en algunos países hubiera participación de capital privado manejando parte de la industria. Sin embargo, muchas de las empresas privadas volvieron a ser gestionadas por el Estado. Estudiar las diferencias en la gestión del carácter público o privado de las empresas en Latinoamérica permitiría evaluar la eficacia y eficiencia de ellas, y servir de guía para futuros planes de inversión financiados por organismos multilaterales.

Referencias

- Abbott M. y Cohen B., 2009. *Productivity and efficiency in the water industry*. Utilities policy, 17 (3-4), 233-244.
- Abrate G., Erbetta F. y Fraquelli G., 2011. *Public utility planning and cost efficiency in a decentralized regulation context: the case of the Italian integrated water service*. Journal of Productivity Analysis 35,227–242.
- ADERASA, s/f. Las tarifas de agua potable y alcantarillado en América latina. Disponible en: [http://www.aderasa.org/docs_tscr/docs_tscr_comp/Las tarifas de agua potable y Alcantarillado en LA.pdf](http://www.aderasa.org/docs_tscr/docs_tscr_comp/Las%20tarifas%20de%20agua%20potable%20y%20Alcantarillado%20en%20LA.pdf). Fecha de consulta 29/12/2011.
- Agência Nacional de Águas. Balanço Hídrico do Brasil. Disponible en <http://balancohidrico.ana.gov.br/?Lang=pt-BR>. Fecha de consulta 01/07/2012.
- Aguilera F., 2008. La Nueva Economía del agua. Catarata, Madrid.
- Aigner D., Lovell C. A. y Schmidt P., 1977. *Formulation and estimation of stochastic frontier production function models*. Journal of Econometrics, 6, 21-37.
- Álvarez, A., 2001. Concepto y medición de la eficiencia productiva. En Álvarez, A. (coordinador), La medición de la eficiencia y la productividad. Ediciones Pirámide. Madrid.
- Antonioli B. y Filippini M., 2001. *The use of variable cost function in the regulation of the Italian water industry*. Utilities policy, 10 (3-4), 181-187.
- Anwandter L. y Ozuna T., 2002. *Can public sector reforms improve the efficiency of public water utilities?* Environment and Development Economics, 7 (4), 687-700.
- AQUASTAT, 2000. Sistema de Información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. Resumen general de América Latina y el Caribe. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/lac/indexesp4.stm. Fecha de consulta 01/07/2012.

- Ashton J., 1999. Economies of scale, economies of capital utilization and capital utilization en the English and Welsh water industry. Bournemouth University, School of Finance & Law. Working Paper series, 17.
- Ashton J., 2000a. *Cost efficiency in the UK water and sewerage industry*. Applied Economics Letters, 7, 455-458.
- Ashton J., 2000b. *Total factor productivity growth and technical change in the water and sewerage industry*. Service Industries Journal, 20 (4), 121-130.
- Ashton J., 2003. *Capital utilization and scale in the English and Welsh water industry*. Services Industries Journal, 23 (5), 137-149.
- Aubert C. y Reynaud A., 2005. *The impact of regulation on cost efficiency: an empirical analysis of Wisconsin water utilities*. Journal of Productivity Analysis, 23, 383-409.
- Azqueta O. D; Alviar, M., Domínguez, L. y Ryan R., 2007. Introducción a la Economía ambiental. Segunda edición. McGraw-Hill. Madrid.
- Barberán R., Costra A y Alegre A., 2008. *Los costes de los servicios urbanos del agua. Un análisis necesario para el establecimiento y control de tarifas*. Hacienda pública Española/Revista de Economía Pública, 186 (3), 123-155.
- Battese G. y Coelli T., 1995. *A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data*. Empirical Economics, 20, 325-332.
- Battese G. y Corra G., 1977. *Estimation of a production frontier model: with application to the Pastoral zone of Eastern Australia*. Australian Journal of Agricultural Economics, 21, 169-179.
- Beato P., 1997. Participación del sector privado en los sistemas de agua potable y saneamiento: ventajas, riesgos y obstáculos. Informe técnico. Inter-American Development Bank: Washington, DC Available on line at http://www.iadb.org/sds/IFM/publication/publication_4876_157_e.htm.
- Bel G., Fageda X. y Warner M., 2010. *Is Private Production of Public Services Cheaper Than Public Production? A Meta-Regression Analysis of Solid Waste and Water Services*. Journal of Policy Analysis and Management, 29 (3), 553-577.
- Berg S. y Marques R., 2011. *Quantitative studies of water and sanitation utilities: a literature survey*. Water Policy, 13 (5), 591-606.

- Berg, S. y Lin, C., 2008. *Consistency in performance rankings: the Peru water sector*. Journal of Applied Economics. 40 (6), 793-805.
- Bhattacharyya A., Harris T., Narayanan R. y Raffiee K. 1995c. *Technical Efficiency of rural water utilities*. Journal of Agricultural and Resource Economics, 20(2), 373-391.
- Bhattacharyya A., Harris T., Narayanan R. y Raffiee K., 1994. *An examination of the effect of ownership on the relative efficiency of public and private water utilities*. Land Economics, 70 (2), 197-209.
- Bhattacharyya A., Harris T., Narayanan R. y Raffiee K., 1995a. *Allocative efficiency of rural Nevada water systems: a hedonic shadow cost function approach*. Journal of Regional Science, 35 (3), 485-501.
- Bhattacharyya A., Harris T., Narayanan R. y Raffiee K., 1995b. *Specification and estimation of the effect of ownership on the economic efficiency of the water utilities*. Regional Science and Urban Economics, 25 (6), 759-784.
- Boles J. N., 1966. *Efficiency squared-efficient computation of efficiency indexes*. Proceedings of the thirty ninth annual meeting of the western farm economics association, 137-142.
- Bosworth D. y Stoneman P., 1998. *An efficiency study for the water industry. Final Report. A report to National economic Research Associates, London*. Disponible en: <http://www.water.org.uk/home/policy/statements-and-responses/reports-co-031000-1/1efficiencystudy.pdf>.
- Botasso A. y Conti M., 2003. *Cost inefficiency in the English and Welsh water industry: an Heteroskedastic stochastic cost frontier approach*. DIEM, University di Genova.
- Bottasso A. y Conti M., 2009. *Scale economies, technology and technical change in the water industry: Evidence from the English water only sector*. Regional Science and Urban Economics, 39, 138-147.
- Brooks M. y Pallis A., 2008. *Assessing port governance models: process and performance components*. Maritime Policy & Management 35 (4), 411-432.
- Byrnes J., Crase L., Dollery B. y 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.
- Byrnes P., Grosskopf S. y Hayes K., 1986. *Efficiency and ownership: further evidence*. Review of Economics and Statistics. 68 (2), 337-341.

- Canales C., 2011. La contribución de los operadores de agua potable y saneamiento al desarrollo económico, protección ambiental y el derecho humano al agua. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas. 1° Encuentro de la Asociación Latinoamericana de Operadores de Agua y Saneamiento -ALOAS 2011 - Mar del Plata, Argentina n 2 de Junio de 2011.
- Charnes, A., Cooper W. W. y Rhodes E., 1978. *Measuring the efficiency of decision making units*. European journal of operational research, 2 (6), 429-444.
- Cherchye L., Moesen W., Roggey N. y Puyenbroeck T. V, 2007. *An introduction to "benefit of the doubt" composite indicators*. Social Indicators Research 82 (1), 111-145.
- Cirelli A. y du Mortier C., 2005. *Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica*. Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. Solar Safe Water: 11-26.
- Clark R. y Stevie R., 1981. *A water supply cost model incorporating spatial variables*. Land Economics, 57 (1), 18-32.
- Coelli T. y Perelman S., 1999. *A comparison of parametric and non-parametric distance functions: with application to European railways*. European Journal of Operational Research, 117 (2), 326-339.
- Coelli T. y Perelman S., 2000. *Technical efficiency of European railways: a distance function approach*. Applied Economics, 32 (15), 1967-1976.
- Coelli T. y Perelman S., 2001. Medición de la eficiencia técnica en contextos multiproducto. En Álvarez, A. (coordinador), 2001, La medición de la eficiencia y la productividad. Ediciones Pirámide. Madrid.
- Coelli T. y Walding S., 2005. Performance measurement in the Australian water supply industry. CEPA Working Paper Series 01/2005.
- Coelli T., 1995. *Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: a Monte Carlo analysis*. Journal of Productivity analysis, 6, 247-268.
- Coelli T., Estache A., Perelman S. y Trujillo L., 2003. Una introducción a las medidas de eficiencia. Para reguladores de servicios públicos y de transporte. Alfaomega Grupo Editor, Colombia.
- Coelli T., Prasada D. S. y Battese G., 1998. An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publishers. USA.

- Coelli T.J., Perelman S. y Romano E., 1999. *Accounting for environmental influences in stochastic frontier models: with application to international airlines*. Journal of Productivity Analysis, 11, 251-273.
- Coelli, T., 1996. A guide to FRONTIER version 4.1: A computer program for stochastic Frontier production and cost function estimation, *CEPA Working Paper 96/7*, Department of Econometrics, University of New England, Armidale NSW Australia.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. República de Venezuela, 2000. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.453. Marzo, 24, 2000.
- Corporación Andina de Fomentos, 2004. Venezuela, análisis del sector de agua potable y saneamiento. Vicepresidencia de Infraestructura. Informes sectoriales de infraestructura. Año 2 (2), marzo 2004.
- Corton L. y Berg S., 2009. *Benchmarking Central America water utilities*. Utilities Policy, 17 (3-4), 267-275.
- Corton M. L., 2011. *Sector fragmentation and aggregation of service provision in the water industry*. Journal of Productivity Analysis, 35, 159-169.
- Corton, M.L., 2003. *Benchmarking in the Latin American water sector: the case of Peru*. Utilities Policy. 11 (3), 133-142.
- Crain W.M. y Zardkoohi A., 1978. *A test of the property-rights theory of the firm: water utilities in the United States*. Journal of Law and Economics, 21 (2), 395-408.
- Crampes C., Estache A., 1996. Regulating water concessions: Lessons from the Buenos Aires Concession. World Bank Viewpoint Note N° 91, Washington, DC, Private Sector Development Department, The World Bank.
- Cubbin J. y Tzanidakis G., 1998. *Regression versus data envelopment analysis for efficiency measurement; an application to the England and Wales regulated water industry*. Utilities Policy. 7 (2), 75-85.
- Cuesta R. y Zofío J., 2005. *Hyperbolic efficiency and parametric distance functions: with application to Spanish savings banks*. Journal of Productivity Analysis, 24 (1), 49-72.
- da Silva e Souza G., Coelho de Faria R. y Moreira T., 2007. *Estimating the relative efficiency of Brazilian publicly and privately owned water*

- utilities: a stochastic cost frontier approach*. Journal of the American Water Resources Association, 43 (5), 1237-1244.
- De Witte K. y Marques R., 2007. Designing incentives in local public utilities: an international comparison of the drinking water sector. Center for Economics Studies K.U. Leuven Available from: SSRN: <http://ssrn.com/abstract=108487>. Discussion paper no 32.
- De Witte K. y Marques R., 2010. *Designing performance incentives, an international benchmark study in the water sector*. Central European Journal of Operations Research, 18 (2), 189-220.
- De Witte K. y Saal D., 2010. *Is a little sunshine all we need? On the impact of sunshine regulation on profits, productivity and prices in the Dutch drinking water sector*. Journal of Regulatory Economics, 37, 219–242.
- Debreu G., 1951. *The coefficient of resource utilization*. Econometría, 19 (39), 273-292.
- El Comité de las naciones Unidas sobre Derechos Económicos, Sociales y Culturales, 2002. Observación General 15, Aplicación del Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto), (29º período de sesiones 2002), U.N. Doc. HRI/GEN/1/Rev.7 at 117 (2002). Disponible en: http://www.observatoriopoliticasocial.org/images/PDF/Biblioteca/biblioteca_2010/ONU_docs/Observaciones_Comite_DESC/15_derecho_al_agua.pdf, fecha de consulta: 28 de abril 2011.
- Erbetta F. y Cave M. 2007. *Regulation and efficiency incentives: evidence from the England and Wales water and sewerage industry*. Review of Network Economics, 6 (2), 425-452.
- Escalona, L., 2008. Mercado de agua en Venezuela: análisis de la eficiencia técnica global y económica de las empresas hidrológicas venezolanas. Tesis doctoral Universidad de Zaragoza, España.
- Estache A. y Kouassi E., 2002, Sector organization, governance and the inefficiency of African water utilities. In: World Bank Policy Research Working Paper, No 2890.
- Estache A. y Rossi M., 2002. *How different is the efficiency of public and private water companies in Asia*. World Bank Economic Review. 16 (1), 139-148.
- Estache A. y Trujillo L., 2003. *Efficiency effects of privatization in Argentina's water and sanitation services*. Water Policy, 5 (4), 369-380.

- Fabbri P. y Fraquelli G. 2000. *Cost and structure of technology in the Italian water industry*. *Empirica* 27 (1), 65-82.
- Farrell M. J., 1957. *The measurement of productive efficiency*. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, 120 (3), 253-290.
- Feigenbaum S. y Teeple R., 1983. *Public versus private water delivery: a hedonic cost approach*. *Review of Economics and Statistics*, 65 (4), 672-678.
- Ferro G. y Romero C., 2011. *Setting performance standards for regulation of water services: Benchmarking Latin American utilities*. *Water Policy*, 13, 607-623.
- Ferro G., Lentini E., Mercadier A. y Romero C., 2010. Returns to scale in water and sanitation: estimates for Latin America. Munich Personal RePEc Archive, paper 20324, posted 29.
- Ferro G., Romero C. y Covelli M., 2011. *Regulation and performance: A production frontier estimate for the Latin American water and sanitation sector*. *Utilities Policy*, 19 (4), 211-217.
- Filippini M., Hrovatin N. y Zoric J., 2008. Cost efficiency of Slovenian water distribution utilities: an application of stochastic frontier methods. *Journal of Productivity Analysis*. 29.
- Filippini M., Hrovatin N. y Zorić J., 2010. *Productivity growth and price regulation of Slovenian water distribution utilities*. *Zbornik radova Ekonomskog fakulteta u Rijeci*, 28 (1), 89-112.
- Ford J. y Warford J., 1969. *Cost functions for the water industry*. *Journal of industrial Economics*, 18, 53-63.
- Fox W. y Hofler R., 1986. *Using homothetic composed error frontiers to measure water utility efficiency*. *Southern Economic Journal*, 53, 461-477.
- Francisco C., 2005. Cambio y equidad del servicio del agua en Venezuela. CDC. [online]. mayo 2005, vol.22, no.59 [citado 18 Enero 2011], p.145-160. Disponible en la World Wide Web: <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082005000200010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1012-2508.
- Francisco, C., 2008. *Mientras más herramientas tenga el poder popular más cerca estaremos del autogobierno*. *Vertientes, la Revista de Hidrocapital.*, 8 (23), julio 2008, 20-22.

- Fraquelli G. y Moiso V., 2005. Cost efficiency and economies of scale in the Italian water industry. SIEP.
- García S. y Thomas A., 2001. *The structure of municipal water supply costs: application to a panel of French local communities*. Journal of Productivity Analysis, 16, 5-29.
- García S., Moreaux M. y Reynaud A., 2007. *Measuring economies of vertical integration in network industries: an application to the water sector*. International Journal of Industrial Organization, 25, 791-820.
- García-Rubio, M., González-Gómez, F. & Guardiola, J., 2010. *Performance and ownership in the governance of urban water*. Municipal Engineer, 163 (1), 51-58.
- García-Sánchez I.M., 2006. *Efficiency measurement in Spanish local government: the case of municipal water services*. Review of Policy Research, 23(2), 355-371.
- García-Valiñas M. y Muniz M., 2007. *Is DEA useful in the regulation of water utilities? A dynamic efficiency evaluation*. Applied Economics, 39 (2), 245-252.
- Garzonio, Omar. Agua y Saneamiento en LAC. División de Agua y Saneamiento INE/WSA. Banco Interamericano de Desarrollo Representación en la Argentina. 1º Encuentro de la Asociación Latinoamericana de Operadores de Agua y Saneamiento -ALOAS 2011 - Mar del Plata, Argentina n 2 de Junio de 2011.
- González A., 2000. Informe nacional sobre la gestión del agua en Venezuela. Caracas. Disponible en: http://www.cap-net-esp.org/water_management_tool/document/42/Venezuela.pdf. Fecha de consulta: 26/09/2011.
- González M. y Trujillo L., 2007. *Efficiency measurement in the Port Industry: a survey of the empirical evidence*. Journal of Transport Economics and Policy, 43 (2), 157-192.
- González M., 2004. Eficiencia en la provisión de servicios de infraestructura portuaria: una aplicación al tráfico de contenedores en España. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- González-Gómez F. y García-Rubio M. A., 2008. *Efficiency in the management of urban water services. What have we learned after four decades of research?*, Hacienda Pública Española, 185 (2), 39-67.

- Greene W. H., 1990. *A gamma-distributed stochastic frontier model*. Journal of econometrics, 46 (1-2), 141-163.
- Hayes K. 1987. *Cost structure of the water utility industry*. Applied economics. 19, 417-425.
- Hernández-Sancho F. y Sala-Garrido R., 2009. *Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: a DEA approach*. Desalination, 249, 230-234.
- Hidroven. Indicadores de Gestión. Disponible en: http://www.hidroven.gov.ve/ls_indicadores_gestion.php, fecha de consulta: 6 de julio 2009.
- Hitcher A., 2000a. *Editorial*. Vital, Revista Institucional de Hidroven, 2, (7), 3-4.
- Houtsma J., 2003. Water supply in California: economies of scale, water charges, efficiency and privatization. In: ERSA 2003 Congress, August.
- Hunt L.C. y Lynk E.L., 1995. *Privatisation and efficiency in the UK water industry: an empirical analysis*. Oxford Bulletin for Economics and Statistics. 57 (3), 371-388.
- Instituto Nacional de Estadística. Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela. Disponible en: http://www.ine.gob.ve/seccion/menuprincipal.asp?nedo=17&Entid=170000&seccion=1&nvalor=1_1. [Consulta, 2009, mayo, 24].
- International Benchmarking Network (IBNET). <http://www.ib-net.org/> .
- Kim E. y Lee H., 1998. *Spatial integration of urban water services and economies of scale*. Review of Urban and Regional Development Studies, 10 (1), 1-18.
- Kim H., 1987. *Economies of scale in multi-product firms: an empirical analysis*. Economica, 54, 185-206.
- Kirkpatrick C., Parker D. y Zhang Y., 2006. *An Empirical Analysis of State and Private-Sector Provision of Water Services in Africa*. World Bank Econ Rev, 20 (1), 143-163.
- Knapp M., 1978. *Economies of scale in sewerage purification and disposal*. Journal of Industrial Economics. 27 (2), 163-183.
- Koopmans T., 1951. *An analysis of production as an efficient combination of activities*. En T. C. Koopmans (ed.), Activity analysis of production and

- allocation, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph 13, New York.
- Lacabana M., Cariola C., La Rosa I., Maldonado A., Villasmil M. y Vielma L., 2008. Las mesas técnicas de agua en el contexto de los cambios institucionales, la democracia participativa y la participación popular en Venezuela. Informe final del Proyecto: “Mesas Técnicas de Agua, proyectos comunitarios y análisis de los procesos de participación” Contrato N° GPFFC-02-2007 (Cendes-Hidroven) (Versión Preliminar). Caracas. Disponible en: http://www.hidroven.gov.ve/publicaciones/912560_MTA%20AutoresVarios.pdf. Fecha de consulta: 20 /09/2011.
- Ley de aguas, 2007. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.595. Enero, 2, 2007.
- Ley Orgánica de Poder Público Municipal, 2005. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.204. Junio, 8, 2005.
- Ley Orgánica de Régimen Municipal, 1989. Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 4.109 (Extraordinaria). Junio 15, 1989.
- Ley orgánica para la Prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento. República Bolivariana de Venezuela, 2001. Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario de fecha 31 de diciembre de 2001.
- Ley orgánica para la Prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento. República Bolivariana de Venezuela, 2007. Gaceta Oficial N° 38.763 de fecha 06 de septiembre de 2007.
- Lin C. y Berg S., 2008. *Incorporating service quality into yardstick regulation: an application to the Peru water sector*. Rev Ind Organ, 32, 53-75.
- Lin C., 2005. *Service quality and prospects for benchmarking: evidence from the Peru water sectors*. Utilities Policy, 13 (3), 230-239.
- López R., 1999. Diseño de acueductos y alcantarillados. 2da edición. Alfaomega. Editorial escuela colombiana de ingeniería. Colombia.
- Lovell C., Richardson S., Travers P. y Wood L., 1994. Resources and functionings: a new view of inequality in Australia. En Eichhorn, W. (ed.), Models and measurement of welfare and inequality, Springer-Verlag, Berlin.

- Marques R. C. y De Witte K., 2011. *Is big better? On scale and scope economies in the Portuguese water sector*. *Economic Modelling*, 28, 1009–1016.
- Marques R. y Garzón F., 2007. *Performance-based potable water and sewer service regulation. The regulatory model*. *Cuadernos de Administración*. 20 (34), 283-298.
- Martin R. y Fortunate A., Coelho F., 2006. Cost structure of the Portuguese water industry: a cubic cost function application. *GEMF*, 9.
- Mbuvi D., De Witte K. y Perelman S., 2012. *Urban water sector performance in Africa: A step-wise bias-corrected efficiency and effectiveness analysis*. *Utilities Policy*, 22, 31-40
- Meeusen W. y van den Broeck J., 1977. *Efficiency estimation from Cobb Douglas production functions with composed error*. *International Economic Review*, 18, 435-444.
- Melyn W. y Moesen W., 1991. Towards a synthetic indicator of macroeconomic performance: Unequal weighting when limited information is available. *Public Economics Research Paper 17*, K. U. Leuven Centrum voor Economische Studiën, Belgium.
- Ministerio del Ambiente e Hidroven, 2006. Indicadores de Gestión I Trimestre 2006. XXIII Reunión de Presidentes de Empresas Hidrológicas Regionales, en Maracaibo, 3 y 4 de Mayo de 2006. Disponible en http://www.hidroven.gov.ve/ls_indicadores_gestion.php. Fecha de consulta: 06/07/2009.
- Ministerio del Ambiente, 2006. Recursos hídricos de Venezuela. Fondo editorial Fundambiente. Caracas.
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente e Instituto Forestal Latinoamericano, 2010. *Geo Venezuela. Perspectivas del ambiente en Venezuela*. Instituto geográfico de Venezuela Simón Bolívar, Caracas.
- Mizutani F. y Urakami T., 2001. *Identifying network density and scale economies for Japanese water supply organizations*. *Papers in Regional Science*, 80 (2), 211-230.
- Mugisha S., 2007. *Performance assessment and monitoring of water infrastructure: an empirical case study of benchmarking in Uganda*. *Water Policy*, 9, 475-491.

- Nauges C. y van den Berg C., 2007. How “natural” are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from developing and transition Economies. World Bank Policy Studies, 4137.
- Nauges C. y van den Berg C., 2008. *Economies of density, scale and scope in the water supply and sewerage sector: a study of four developing and transition economies*. Journal of Regulatory Economics, 34 (2), 144-163.
- OMS/UNICEF, 2010. La ampliación del acceso al agua potable progresa, pero es necesario redoblar los esfuerzos en el saneamiento. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2010/water_20100315/es/. Fecha de consulta 27/12/2011.
- Paiva E., 2007. Gestión del agua en Venezuela muestra resultados exitosos. http://www.minci.gob.ve/entrevistas/3/5922/gestion_del_agua.html. Fecha de consulta: 26/ de abril de 2011.
- Pestieau P. y Tulkens H., 1994. Assessing the performance of Public Sector Activities: some recent evidence from the productive efficiency viewpoint. Discussion paper N° 9060 (CORE), Universite Catholique de Louvain.
- Picazo A.J., Sáez F. y González F., 2008. *Does service quality matter in measuring the performance of water utilities?* Utilities Policy 16 (1), 30-38.
- Portabella P. (presentador), 2005. Lo público y lo privado en la gestión del agua. Experiencias y reflexiones para el siglo XXI. Ediciones del oriente y del mediterráneo. Madrid, España.
- Providencia Administrativa Número 1, del 22 de enero del 2010, publicada en Gaceta Oficial Nro. 39.353 del 25 de enero del 2010 y Corregida según Gaceta Oficial Número 39370, del 19 de febrero 2010, resolución ministerial N° 000018, mediante la cual se dicta la metodología, formulas, modelo y criterios técnicos que regulan las tarifas de los servicios de agua potable y de saneamiento prestados por las empresas hidrológicas regionales, filiales de la Compañía Anónima Hidrológica Venezolana, Hidroven CA.
- Raffiee K., Narayanan R., Harris T. y Collins J., 1993. *Cost analysis of water utilities: a goodness-of-fit approach*. Atlantic Economic Journal, September 21 (3), 18-29.

- Ramírez L., 2005. La participación en el contexto comunitario. Mesa Técnica de Agua del barrio Brisas del Paraíso-Cota 905. Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela.
- Régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición. República de Venezuela, 1993.
- Reglamento sobre el Régimen de Administración Especial de Acueductos Rurales Manejados por Cooperativas, Organizaciones Civiles No-Gubernamentales o Agrupaciones de Usuarios. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.070 de fecha 22, noviembre, 2004.
- Renzetti S. y Dupont D., 2008. Measuring the technical efficiency of municipal water suppliers: the role of environmental factors. In Working Papers 0802, Brock University, Department of Economics.
- Renzetti S., 1999. *Municipal water supply and sewerage treatment: costs, prices and distortions*. Canadian Journal of Economics, 32, 689-704.
- Revollo D. y Londoño G., 2008. Análisis de economías de escala y alcance en los servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia. Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico CRA Disponible en http://www.cra.gov.co/portal/www/resources/ogq_eescala.pdf. Fecha de consulta 20/02/2010.
- Romero, C. y Ferro G., 2006. Benchmarking de empresas de agua y saneamiento de Latinoamérica sobre la base de datos de ADERASA. Años 2003-2004 y 2005. Disponible en http://www.aderasa.org/docs_bench/docs_bench_comp/BMK_empresas_de_agua_y_saneamiento_de_Latinoamerica_sobre_las_BD_ADERASA_2003_2004_2005_Carlos_Romero-Gustavo_Ferro.pdf. Fecha de consulta 19/10/2009.
- Romero, C. y Ferro G., 2009. Estudio de fronteras de eficiencia Empresas de agua y alcantarillado de América Latina Base de datos de ADERASA - Años 2003 a 2008. Disponible en http://www.aderasa.org/docs_bench/ADERASA_Estudio_Fronteras_Eficiencia_2009.pdf. Fecha de consulta 20/02/2010.
- Saal D. y Parker D., 2000. *The impact of privatization and regulation on the water and sewerage industry in England and Wales: a translog cost function model*. Managerial and Decision Economics, 21 (6), 253-268.

- Saal D. y Parker D., 2001. *Productivity and price performance in the privatized water and sewerage companies of England and Wales*. Journal of Regulatory Economics, 20 (1), 61-90.
- Saal D. y Parker D., 2004. *The comparative impact of privatization and regulation on productivity growth in the English and Welsh water and sewerage industry 1985-99*. International Journal of Regulation and Governance, 4 (2), 139-170.
- Saal D.S. y Reid, D. 2004. Estimating opex productivity growth in English and Welsh water and sewerage companies: 1993-2003. In Aston Business School Working paper. RP0434.
- Saal D.S., Parker D. y Weyman-Jones T., 2007. *Determining the contribution of technical change, efficiency change and scale change to productivity growth in the privatized English and Welsh water and sewerage industry: 1985-2000*. Journal of Productivity Analysis, 28 (1), 31-40.
- Sabbioni G., 2008. *Efficiency in the Brazilian sanitation sector*. Utilities Policy, 16, 11-20.
- Sandia M., 2002. Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento. Estudio sobre el régimen jurídico de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento (Una posibilidad cierta para disponer de servicios eficientes). Editorial Jurídica venezolana. Caracas.
- Sawkins J., 1996. Balancing multiple interest in regulation: an event study of the English and Welsh water industry. Journal of Regulatory Economics, 9, 249-268.
- Schmint T. y Boisvert R. 1997. *A hedonic approach to estimating operation and maintenance costs for New York municipal water systems*. Journal of Agricultural and Resource Economics Review, October, 184-195.
- Seroa da Motta, R. y Moreira, A., 2006. *Efficiency and regulation in the sanitation sector in Brazil*. Utilities Policy 14, 185-195.
- Shephard R., 1953. Cost and production functions. Princeton University Press, Princeton.
- Shephard, R.W., 1970. Theory of cost and production functions. Princeton University Press, Princeton.

- Shih J.S., Harrington W., Pizer W.A. y Gillingham K., 2004. Economies of scale and technical efficiency in community water systems. Resources for the future. Discussion paper 04-15.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2007. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2006. Parte 2 – Tabelas de Informações e Indicadores. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Diciembre, 2007.
- Söderberg M., 2011. *Firm-level inefficiency and its determinants in the Swedish water and wastewater sector*. Applied Economics Letters, 18 (12), 1149-1153.
- Stevenson R., 1980. *Likelihood functions of generalized stochastic frontier estimation*. Journal of Econometrics, 13, 58-66
- Teeples R. y Glycer D., 1987. *Cost of water delivery systems: specification and ownership effects*. Review of Economics and Statistics, 69, 399-407.
- Thanassoulis E., 2000. *The use of data envelopment analysis in the regulation of UK water utilities: water distribution*. European Journal of Operational Research, 126 (2), 436-453.
- Thanassoulis E., 2002. *Comparative performance measurement in regulation: the case of English and Welsh sewerage services*. Journal of Operational Research Society, 52, 292-302.
- The World Bank. <http://www.worldbank.org/>
- Timmer C. P., 1971. *Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency*. Journal of Political Economy, 79 (4), 776-794.
- Torres M. y Morrison C., 2006. *Driving forces for consolidation or fragmentation of the US water utility industry: a cost function approach with endogenous output*. Journal of Urban Economics 59 (1), 104-120.
- Trillo del Pozo D., 2002. La función de distancia: una análisis de le eficiencia en la universidad. Tesis doctoral, Universidad Rey Juan Carlos, España.
- Trujillo L., 1993. Análisis de la fijación de precios en un servicio de suministro urbano de agua. Tesis doctoral, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España.
- Trujillo L., 1994. *Fijación de precios óptimos en el suministro urbano de agua*. Revista de Economía aplicada, 5 (2), 111-135.

- Tupper H.C. y Resende M., 2004. *Efficiency and regulatory issues in the Brazilian water and sewage sector: an empirical study*. Utilities Policy 12 (1), 29-40.
- Tynan N. y Kingdom B, 2002. A water scorecard: setting performance targets for water utilities. Public Policy for the Private Sector, The World Bank Group, Note 242, april.
- United cities and local governments, 2009. Role of local governments in water supply and sanitation a global overview of governance models. Suez environnement.
- Valero E., 2006. Manual específico para cumplir los objetivos del Protocolo de Kioto. Universidad de Vigo.
- Vergès, J. F., 2010. Experiencias relevantes de marcos institucionales y contratos en agua potable y alcantarillado, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Serie Documentos de Proyectos, LC/W.
- Walter M., Cullmann A., Von Hirschhausen C., Wand R., y Zschillie M., 2009. *Quo vadis efficiency analysis of water distribution? A comparative literature review*. Utilities Policy, 17 (3-4), 225-232.
- Woodbury K. y Dollery B., 2004. *Efficiency measurement in Australian local government: the case of New South Wales municipal water services*. Review of Policy Research, 21 (5), 615-636.

ANEXOS

Anexo I

Artículos de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Artículo 304. Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

Artículo 178. Son de la competencia del Municipio el gobierno y administración de sus intereses y la gestión de las materias que le asigne esta Constitución y las leyes nacionales, en cuanto concierne a la vida local, en especial la ordenación y promoción del desarrollo económico y social, la dotación y prestación de los servicios públicos domiciliarios, la aplicación de la política referente a la materia inquilinaria con criterios de equidad, justicia y contenido de interés social, de conformidad con la delegación prevista en la ley que rige la materia, la promoción de la participación, y el mejoramiento, en general, de las condiciones de vida de la comunidad, en las siguientes áreas:

6. Servicio de agua potable, electricidad y gas doméstico, alcantarillado, canalización y disposición de aguas servidas; cementerios y servicios funerarios.

Artículo 83. La salud es un derecho social fundamental, obligación del Estado, que lo garantizará como parte del derecho a la vida. El Estado promoverá y desarrollará políticas orientadas a elevar la calidad de vida, el bienestar colectivo y el acceso a los servicios. Todas las personas tienen derecho a la protección de la salud, así como el deber de participar activamente en su promoción y defensa, y el de cumplir con las medidas sanitarias y de saneamiento que establezca la ley, de conformidad con los tratados y convenios internacionales suscritos y ratificados por la República.

Artículo 156. Es de la competencia del Poder Público Nacional:

23. Las políticas nacionales y la legislación en materia naviera, de sanidad, vivienda, seguridad alimentaria, ambiente, aguas, turismo, ordenación del territorio.

Artículo 164. Es de la competencia exclusiva de los estados:

8. La creación, régimen y organización de los servicios públicos estatales;

Anexo II

Artículos de la Ley orgánica para la prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento, de Venezuela

Artículo 6. A los efectos de esta Ley se entiende por servicio público de agua potable, la entrega de agua a los suscriptores o usuarios mediante la utilización de tuberías de agua apta para el consumo humano, incluyendo su conexión y medición, así como los procesos asociados de captación, conducción, almacenamiento y potabilización; y se entiende por servicio público de saneamiento, la recolección por tuberías de las aguas servidas de los domicilios, incluyendo su conexión, así como los procesos asociados de conducción, tratamiento y disposición final de dichas aguas servidas.

Parágrafo Único: Se declaran de utilidad pública e interés social el servicio de agua potable, el servicio de saneamiento y las obras afectas para su prestación.

Artículo 7. Las instalaciones y los equipos destinados a los procesos de producción, distribución, recolección o disposición de agua, son bienes del dominio público afectos a la prestación del servicio del sistema correspondiente.

Anexo III

Embalses, altura y temperatura por empresa hidrológica, en Venezuela

Anexo III

Hidrológica	Estado	Embalses	Ciudad	Altitud (msnm)	Temperatura			Promedio de altura (msnm)	Promedio temperatura
					Media	Máxima	Mínima		
HAndes	Barinas		Barinas	187	27.0	32.9	23.2	634.7	26.5
	Trujillo		Valera	547	24.7	29.7	21.6		
			Trujillo	1170					
HCapital	Distrito Capital	Macarao I Petaquire Macarao II	Caracas	900				613.8	25.4
			Cajigal		21.1	26.8	17.6		
	Miranda	Agua Fría El Guapo (+) La Mariposa La Pereza Lagartijo Ocumarito Quebrada Seca Taguacita Taguaza	Charallave	150					
			Ocumare del Tuy	150					
			Santa Teresa	160					
			La Carlota		22.8	27.4	18.7		
			Cúa	249					
			Guatire	321					
			Guarenas	374					
			Baruta	880					
			Petare	900					
			Chacao	1000					
			Los Teques	1200					
			Carrizal	1300	26.9	33.2	22.4		
			San Antonio de los Altos	1600					
Vargas		La Guaira	4	26.7	30.5	23.9			
		Maiquetía	19	26.8	31.5	24.3			

Anexo III

HCaribe	Anzoátegui	Guacamayal	Puerto la Cruz	10							
		Mundo Nuevo	Barcelona	13	26.9	32.5	23.0				
		Sabana de Uriche	Anaco	215							
		Santa Clara	Cantaura	261							
		El Cují (*)	El Tigre	294							
		La Estancia (*)									
	Nueva Esparta	Vista Alegre (*)	La Asunción	Porlamar	10	27.4	32.1	24.6	98.1	27.4	
			San Juan Bautista	La Asunción	67						
			San Antonio (++)								
	Sucre	Tirimiquire (+)		Cumaná	3	26.9	32.1	23.6			
				Güiría		26.6	31.2	22.5			
		Clavellinos (*)		Carúpano	10	26.6	31.9	23.4			
HCentro	Aragua	Camatagua (+)	Palo Negro	435							
			Maracay	436	25.8	32.2	21.1				
			Turmero	446							
			Colonia Tovar		16.2	20.4	11.9				
			Cagua	458							
			El Limón	483							
			San Mateo	496							
			Las Teyerías	510				421.4	23.9		
			Villa de Cura	526							
			La Victoria	550							
			Carabobo	Canoabo (+) Guataparo (+) Pao Cachinche (+)	Puerto Cabello	10	26.6	29.3	24.4		
					Guácara	438					
					San Joaquín	450					
					Mariara	454					
					Valencia	479	25.3	31.9	21.2		

Anexo III

	Cojedes	Pao La Balsa Las Palmas (+)	San Carlos Tinaquillo	152 420					
HFalcon	Falcón	El Cristo El Isisro El Mamito Hueque III (+) Las Barrancas Mapara Maticora (**) Tocuyo de la costa (*) Dos Bocas (+)	Punto Fijo	12	27.4	31.1	23.9		
							14.5	28.2	
			Coro	17	28.2	33.5	25.4		
HLago	Zulia	Pueblo Viejo Machango (*) Socuy (*) Tule (*)	Cabimas	3					
			Ciudad Ojeda	5					
			Mene Grande		27.9	33.7	24.5		
			La Cañada		28.6	34.1	25.4	21.5	28.9
			Santa Rita	5					
			Maracaibo	6	27.9	33.3	24.5		
			San Carlos del Zulia	10					
			Machiques	100					
HLlanos	Apure		San Fernando	47	27.4	32.9	23.7	86.0	27.4
			Guasualito	125	25.9	31.7	22.6		
HPaez	Guárico	Coco e Mono (+) Jabillal/Tucupido Santa Rosa (+)	Zaraza Altagracia de Orituco	60 101				163	27.12

Anexo III

		Tierra Blanca (+)	Calabozo	101	27.7	33.9	23.6			
		Vilchez (+)	Valle de la	125	26.7	33.1	22.5			
		El Medano (*)	Pascua							
		Guanapito (*)								
		Guárico (*)								
		La Becerra (*)	San Juan de	428	25.0	31.3	20.3			
		Tamanaco (*)	los Morros							
		Tiznados (*)								
HSuroeste	Táchira		Rubio	101						
			San Juan de	809	22.3	25.6	19.9			
			Colón							
			Santo domingo del		23.7	30.4	20.0			
			Táchira					293.7	26.8	
			San Antonio		26.4	32.0	22.6			
		del Táchira								
		San	San	860						
		Cristóbal	Cristóbal							
		Táriba	Táriba	860						
CVG-GOSH	Amazonas	Copapuycito	Puerto	110	27.3	33.4	23.6	57.5	28.1	
		El Palmar	Ayacucho							
		Puente blanco								
		San Pedro (+)								
	Delta Amacuro		Tucupita	5						
AMerida	Mérida		El Vigía	130	26.6	33.2	22.7			
			Ejido	1200				990	24.1	
			Mérida	1640	19.8	26.3	16.0			
AMonagas	Monagas	El Guamo (*)	Temblador		26.5	31.5	22.9	67.0	27.0	
			Maturín	67	26.3	31.3	23.6			
APortuguesa	Portuguesa		Guanare	183	26.4	32.1	22.3	192	27.1	
			Acarigua	195	26.1	32.9	22.4			

Anexo III

			Araure	198			
			San Felipe	250			
			Palmichal		20.4	24.4	18.4
AYaracuy	Yaracuy	Cumaripa (*)	Chivacoa	296			423 21.03
			Yaritagua	340			
			Nirgua	806			
			Cabudare	400			
			Carora	419			
			Barquisimeto	566	23.8	30.7	20.0 541.0 24.8
			El Tocuyo	620			
			Quíbor	700			
			Ciudad Bolívar	43	27.5	33.2	23.8
			Santa Elena de Uairen		22.6	28.7	18.6
			Tumeremo		25.4	31.6	21.9 182.3 25.9
			Ciudad Guayana	149			
			Upata	355			

(+) Otros usos

(*) Administrado por el MINAMB y tiene también otros usos

(**) Administrado por el MINAMB

(++) Privado

Fuente: Elaboración propia. Diferentes fuentes.

Anexo IV

Bases de datos utilizadas en investigaciones de la industria de agua

País	Base de datos	Investigadores
África	Datos construidos	Estache y Kouassi (2002)
América Latina	Asociación de Reguladores de Agua y Saneamiento de las Américas (ADERASA)	Romero y Ferro (2006, 2009), Corton y Berg (2009), Ferro et al. (2010, 2011) y Ferro y Romero (2011)
Argentina	Datos construidos	Estache y Trujillo (2003)
Australia	Department of Land and Water Conservation	Woodbury y Dollery (2004)
	Department of Energy, Utilities and Sustainability and VicWater.	Byrnes et al. (2010)
	Water Supply Association of Australia	Coelli y Walding (2005)
Brasil	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento	da Silva e Souza et al. (2007)
		Tupper y Resende (2004), Seroa da Motta y Moreira (2006) y Sabbioni (2008)
Brasil, Vietnam, Moldava, Colombia	International Benchmarking Network (IBNET)	Nauges y van den Berg (2007)
Brasil, Vietnam, Moldava, Rumania		Nauges y van den Berg (2008)
Canadá	Environment Canada's Municipal Water Use Database y de Ontario Ministry of Municipal Affairs	Renzetti (1999)
		Renzetti y Dupont (2008)
Colombia	Sistema Único de Información	Revollo y Londoño (2008)

País	Base de datos	Investigadores
EEUU	American Water Works Association	Crain y Zardkoohi (1978), Feigenbaum y Teeple (1983), Byrnes et al. (1986), Hayes (1987), Raffie et al. (1993), Bhattacharyya et al. (1994, 1995b, 1995c) y Torres y Morrison (2006)
	Back & Veatch Corp	Houtsma (2003)
	Comisión de Administración Pública de Wisconsin	García et al. (2007) Aubert y Reynaud (2005)
	Community Water Supply Surveys	Shih et al. (2004)
	Data construida	Teeple y Glyer (1987) y Bhattacharyya et al. (1995a)
	Division of Municipal Affairs de Nueva York y de la Federal Reporting data System	Schmint y Boisvert (1997)
	National Rural Community Facilities Assessment Survey y Department of Agriculture	Fox y Hofler (1985)
	US Environmental Protection Agency	Clark y Stevie (1981) y Kim (1987)
	Eslovenia	Ministry of the Environment and Spatial Planning
España	Agencia Andalucía de Agua	Picazo-Tadeo et al. (2008)
	Comisión Autonómica de Precios de Andalucía	García et al. (2009, 2010)
	Datos construidos	García-Valinas y Muñiz (2007)
	Entitat de Sanejament d'Aigües	Hernández-Sancho y Sala-Garrido (2009)
	Instituto Nacional de Estadística y cuestionario propio	García-Sánchez (2006)
Francia	Gironde Local Administration for Agriculture and Forest.	García y Thomas (2001)
Holanda	Vewin is the association of drinking water companies in the Netherlands	De Witte y Saal(2010)
Inglaterra	Office of Water Services (OFWAT)	Botasso y Conti (2009)
Inglaterra y Gales	Annual Reports and Accounts UK	Ashton (2000a, 2000b)
	Chartered Institute of Public Finance and Accountancy de Inglaterra.	Knapp (1978)
	CRI y OFWAT	Ashton (1999, 2003)

País	Base de datos	Investigadores
	Data construida	Sawkins (1996) y Bosworth y Stoneman (1998)
	Institute of Municipal Treasurers and Accountants	Ford y Warford (1969)
	Office of Water Services (OFWAT)	Cubbin y Tzanidakis (1998), Thanassoulis (2000, 2002), Botasso y Conti (2003), Saal y Reid (2004) y Erbetta y Cave (2007)
	Water and Sewerage Companies (WASCs)	Hunt y Lynk (1995), Saal y Parker (2000, 2001, 2004) y Saal et al. (2007)
Italia	CISPTEL (National Association of Local Public Service Firms)	Antonioli y Filippini (2001)
	Datos construidos	Fraquelli y Moiso (2005) y Abrate et al. (2011)
	Federgasacqua	Fabbri y Fraquelli (2000)
Japón	Ministry of Local	Mizutani y Urakami (2001)
Corea	Department of Internal Affaires data	Kim y Lee (1998)
México	Government	Anwandter y Ozuna (2002)
Pacífico Asiático	Asian Development Bank	Estache y Rossi (2002)
Varios países	Datos construidos	Bel et al. (2010)
Países Bajos, Inglaterra y Gales, Australia, Portugal, Bélgica	Water Supply Statistics, OFWAT, WSAA, Association of Water and Sewerage y Belgaqua	De Witte y Marques (2007)
Perú	Peruvian, el regulador de agua	Lin (2005) y Lin y Berg (2008)
	Superintendencia Nacional de servicios de Saneamiento (SUNASS)	Corton (2003, 2011) y Berg y Lin (2008)
Portugal	National Survey on Water Supply and Wastewater system, Portuguese Association of water Suppliers y Portuguese National Statistics Office.	Martin et al. (2006) y Marques y De Witte (2011)
Suecia	Swedish Water and Wastewater Association (SWWA), Statistics Sweden, Swedish municipalities	Söderberg (2011)
Uganda	National Water and Sewerage Corporation	Mugisha (2007)
Venezuela	Hidroven	Escalona (2008)

Anexo V

Precios del servicio de agua potable y saneamiento. Venezuela

Normativa antes de 2010

En Venezuela los precios del servicio de agua y saneamiento se regían anteriormente por el Régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales, que data de 1993 y según Sandía (2002) ésta, no está basada en criterios económicos. Es de resaltar que, en concordancia con lo establecido en la Constitución aprobada en 1999, no se puede hablar de coste del agua, sino del servicio que se está prestando; ya que es competencia del poder ejecutivo nacional, a través del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, el encargado de cuidar y administrar el aprovechamiento del recurso agua, y de las empresas del sector Agua potable y recolección de aguas residuales, las encargadas de suministrarla después del proceso de potabilización.

La clasificación de usuarios en Venezuela se presenta en la Tabla de anexo 1, resaltándose el usuario residencial social, que debe cumplir algunas exigencias para ser considerado como tal. Por otra parte, el consumo mínimo determinado para la tarifa social es de 15 m³/mes (artículo 3), y su coste no debe ser superior al 3% del salario mínimo vigente.⁴² La tarifa social y residencial están estratificadas en 6 niveles y su valor se incrementa dependiendo de su consumo.

⁴² El valor del Bolívar reflejado en estas tarifas, es de antes del proceso de reconversión. En Venezuela en el año 2007 se aprueba una re-expresión del sistema monetario que entró en vigencia el 1 de enero de 2008. Al inicio de este sistema, a la nueva unidad monetaria se le denominaba Bolívar Fuerte, para diferenciarlo de la anterior. El nuevo Bolívar equivale a 1.000 Bolívares antiguos.

Tabla de anexo 1. Clasificación de usuarios del servicio de agua potable y recolección de aguas residuales en Venezuela

Usuario	Bloque	Definición
Residencial	Uso residencial	Todo inmueble destinado exclusivamente a vivienda o habitación familiar.
	Uso residencial social	Todo inmueble destinado exclusivamente a vivienda, y que la Empresa Hidrológica Regional lo clasifique para la aplicación de la tarifa social de acuerdo al nivel de ingresos. Debe estar ubicado en áreas geográficas donde mayoritariamente habite población de bajos ingresos.
Comercial	Uso comercial:	Corresponde a los inmuebles donde se realizan actividades comerciales, así como los destinados a labores propias de oficina.
Industrial	Industrial A	Corresponde a los inmuebles donde se realizan actividades de naturaleza industrial y el agua es el insumo principal
	Industrial B	Corresponde a los inmuebles donde se realizan actividades de naturaleza industrial y el agua no es el insumo principal. ⁴³

Régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales (1993). Elaboración propia

De acuerdo con el artículo 44 de la mencionada ley, las tarifas pueden ser ajustadas. Para ello incorpora la ecuación (V.1). La definición de las variables se muestra en la Tabla de anexo 2

$$Pmra = Pmri \frac{(a * S + b * E + c * Q + d * C)}{Si Ei Qi Ci} \quad (V.1)$$

$$Pmra = Pmri \frac{(a * S)}{Si} + \frac{(b * E)}{Ei} + \frac{(c * Q)}{Qi} + \frac{(d * C)}{Ci} \quad (V.2)$$

⁴³ Artículo 7 de la Ley Régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición

Tabla de anexo 2. Definición de variables para la determinación del precio medio referencial

Variable	Definición
Pmra	Precio medio referencial ajustado
Pmri	Precio medio referencial inicial
a	Proporción de costes de personal con respecto al coste total
b	Proporción de costes de electricidad con respecto al coste total
c	Proporción de costes de químicos con respecto al coste total
d	Proporción de costes de mantenimiento con respecto al coste total
Coste total	gastos de personal + gastos de electricidad + gastos sustancias químicas + gastos de mantenimiento
S	Salario mínimo más recientemente publicado
Si	Salario mínimo correspondiente al período inicial
E	Precio promedio de electricidad esperado en Bolívares/kwh
Ei	Precio promedio de electricidad en el período inicial Bolívares /kwh
Q	Precio promedio de químicos esperado en Bolívares /kg
Qi	Precio promedio de químicos en periodo inicial Bolívares /kg
C	Índice más recientemente publicado del total general del índice de precios a nivel de mayoristas, para insumos de la construcción.
Ci	Índice de precios al nivel de mayorista, para insumos de la construcción en el período inicial.

Nota: a, b, c y d deben sumar 1.0

Régimen tarifario para la prestación de los servicios de acueducto y recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales (1993). Elaboración propia

Los precios medios referenciales para el año 2004, de acuerdo al informe presentado por Hidroven ante la Comisión Central de Planificación sobre la “Situación actual de las Empresas Hidrológicas”, se ofrecen en la Tabla de anexo 3. Destaca la diferencia que existe entre la tarifa social y la residencia. Por el contrario, la diferencia de la tarifa residencial con la comercial e industrial, apenas alcanza el 19% y 35%, respectivamente.

Tabla de anexo 3. Precios medios referenciales en Venezuela, 2004-2007

Categoría	Precio medio referencial Bolívares/m ³	Precio medio referencial Dólar/m ³ (1)
Social	251,00	0,1195
Residencial	427,00	0,2033
Comercial	510,00	0,2429
Industrial	577,00	0,2748

(1) Conversión realizada por el autor. En Venezuela, el Dólar americano tenía un valor fijado en Bolívares. 2.100 por dólar americano, para esa fecha. Actualmente es de Bolívares 4,30 por cada dólar americano.

En el mencionado informe se resalta que los usuarios que pagan la tarifa social y la residencial representaban el 17,26% y 41,41% respectivamente y que el 37,73% de los usuarios no se encontraban registrados. En cuanto al cobro de los servicios, éste se incrementó de un 64% en 1998 a un 97% en 2007.

Tabla de anexo 4. Precios y costes medios de hidrológicas centralizadas, 2006

EMPRESA	Precio medio	Coste medio	Porcentaje de cobertura
HAndes	168,99	137,54	122,87
HCapital	817,82	534,80	152,92
HCaribe	388,44	348,89	111,34
HCentro	633,59	701,84	90,28
HFalcon	706,54	482,58	146,41
HLago	581,83	329,76	176,44
HLLanos	463,82	572,71	80,99
HPaez	321,19	300,53	106,87
HSuroeste	311,22	266,25	116,89
Promedio	488,16	408,32	119,55

Precios y costes en Bolívares/m³

Fuente: Ministerio del Ambiente e Hidroven (2006)

Los precios promedios y costes medios en 2006 de las empresas centralizadas se presentan en la Tabla de anexo 4. En la mayoría de las empresas operadoras el precio medio cubre los costes; a excepción de HCentro y HLLanos, donde el precio está por debajo del coste medio; en este caso las empresas reciben dinero

vía transferencia ordinaria para poder soportar esta diferencia denominada pasivo social (Francisco, 2006)

Se observa también en la Tabla de anexo 4 que el mayor precio medio lo tiene HCapital seguido de HFalcon, empresas cuyo margen de cobertura supera el 65%. La mejor cobertura la tiene HLago, que a pesar de no tener un precio medio alto, sus costes pueden ser considerados bajos. Los menores costes medios los tienen HAndes y HSuroeste, que tienen un margen de cobertura que se aproxima a 20%

Normativa vigente

Con el objetivo de ajustar los precios y cubrir los costes de las empresas operadoras del servicio, se dictó la Providencia N° 1, mediante la cual se establece la metodología, ecuaciones, modelo y criterios técnicos que regulan las tarifas de los servicios de agua potable y de saneamiento prestados por las empresas hidrológicas regionales, filiales de Hidroven.

El nuevo régimen tarifario establece un cargo fijo que busca reflejar el coste eficiente de asegurar la disponibilidad de los servicios a los suscriptores y un cargo variable que refleja el coste eficiente del consumo de agua potable. La norma establece que la tarifa deberá incluir la totalidad de los costes en que incurren las empresas prestadoras del servicio: costes de administración, operación y mantenimiento, inversiones en rehabilitación, reposición, expansión y la remuneración del capital invertido.

La normativa establece 3 tipos de usuarios: residencial, comercial e industrial. Los nuevos precios medios referenciales se muestran en la Tabla de anexo 5. Se distinguen cuatro grupos de precios, superando el mayor en un 67% al más bajo.

Tabla de anexo 5. Precios medios referenciales para el año 2010 (*)

Hidrológica	Precios medio referenciales	Hidrológica	Precios medio referenciales
HAndes	0,60	HLago	0,95
HCapital	1,00	HLlanos	0,60
HCaribe	0,95	HPaez	0,60
HCentro	1,00	HSuroeste	0,80
HFalcon	0,95		

(*) Expresados en Bolívares.

Estos precios se aplican a los diferentes usuarios del servicio de acuerdo con su categoría. Dicha categoría ha clasificado a los usuarios comerciales e industriales en dos y a los residenciales en tres tipos. El total a pagar por cada usuario incluye un cargo fijo, uno variable, y otro denominado exceso, que trata de castigar el consumo irracional del agua, para promover su ahorro.

Se aprecia en la Tabla de anexo 6 que mientras mayor sea el consumo, mayor será la parte variable. En la tarifa preferencial a los usuarios Residencial 1, es la única en la que el cargo fijo es menor al precio medio referencial. Para los demás usuarios los factores del cargo fijo y variable son iguales, y este va desde 1 hasta 3 veces el precio medio referencial. En cuanto a dotación, se asegura un consumo de 15 m³ mensuales para los residentes, mientras que para los otros usuarios va a depender del uso que le den al agua en su actividad.

Tabla de anexo 6. Tarifas del servicio de agua potable y servida vigentes desde el 2010

Tarifa	Dotación mensual (m ³)	Factor en Bolívares de los PMR				Intervalos de consumo mensual					
		Cargo		Exceso		Cargo		Exceso			
		Fijo	Variable	1	2	Fijo	Variabl e	1	2		
Residencial 1	15	0,75 1		3,5	5	Mínimo 1/6 de la dotación ó Dotación	Hasta la dotación	> 15 m ³	> 40 m ³	> 100 m ³	
Residencial 2		1						y < 40 m ³	y < 100 m ³	> 100 m ³	
Residencial 3		1,5									
Comercial B	20	1,50 ó 2,00		4	7	Mínimo 1/6 de la dotación ó Dotación	Hasta la dotación				
Comercial A	30	2,00 ó 2,25								Hasta 1,5 de la dotación	
Industrial B	40	2,25 ó 2,50									>1,5 de la dotación
Industrial A	50	2,50 ó 3,00									

Fuente: Providencia N° 1, mediante la cual se dicta la metodología, formulas, modelo y criterios técnicos que regulan las tarifas de los servicios de agua potable y de saneamiento prestados por las empresas hidrológicas regionales, filiales de Hidroven. Elaboración propia.

De acuerdo con el texto legal citado anteriormente, el cargo variable además de expresar el precio por el consumo de agua, refleja el monto a cobrar por el servicio de recolección de aguas residuales. Igualmente estipula que cuando se

preste el servicio de tratamiento de aguas residuales, las hidrológicas cobrarán por este servicio un 25% adicional de la facturación del servicio de agua potable y residual.