

MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA DE USO DOMÉSTICO

Adelina Colmenárez*
Edwing Salazar**

*Licenciada en Contaduría Pública. Decanato de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (DCEE-UCLA). Barquisimeto. Venezuela.
Especialista en Gerencia Tributaria (DCEE-UCLA).
Magíster en Gerencia Financiera (DCEE-UCLA).
Doctora en Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Santa María. Caracas. Venezuela.
Docente-Investigador DCEE-UCLA.
cadelina@ucla.edu.ve

**Ingeniero Agrónomo (DCEE-UCLA).
Especialista en Gerencia Agraria (DCEE-UCLA).
Magíster en Gerencia Agraria (DCEE-UCLA).
Doctorante en Economía Aplicada. Universidad de Sevilla. España.
Docente-Investigador DCEE-UCLA.
edwings@ucla.edu.ve

RESUMEN

Los servicios de agua potable y saneamiento condicionan la productividad y competitividad de los agentes económicos, así como la calidad de vida de las personas. La carencia de ellos, o la provisión ineficiente, limitan la aplicación eficaz de políticas de desarrollo y el aumento de las tasas de crecimiento económico. De allí la relevancia de la adopción y fortalecimiento de políticas públicas dirigidas a conservarlas, tanto para el consumo humano como para el progreso de los diferentes sectores productivos. Para aplicar dichas políticas los gerentes requieren herramientas para la toma de decisiones basadas en criterios científicos, como el propuesto en este estudio, cuyo objetivo final fue formular un modelo econométrico para estimar la producción de agua potable para uso doméstico, en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). La conclusión final del estudio, realizado bajo la modalidad de proyecto especial de naturaleza exploratoria, evidencia que estos instrumentos permiten orientar la gestión hacia el logro de las metas fijadas. Sin embargo, el verdadero desafío está en reflejar, en las decisiones de gobernabilidad y gestión, los diversos valores del agua, reconocidos por los distintos usuarios, para avanzar hacia el desarrollo sustentable; por tanto, la gerencia de recursos hídricos, además de inversión, requiere el desarrollo de capacidades de los gestores, que le permitirán identificar tendencias, factores y evaluar las consecuencias de las decisiones de planificación, para lo cual son útiles las herramientas como la aquí propuesta. Estas reflexiones se exponen en este informe, en el cual se aborda una breve descripción del contexto donde se realiza la investigación, los fundamentos sobre la GIRH y los resultados obtenidos en las fases de formulación del modelo.

Palabras clave: *gestión integrada de recursos hídricos, modelos económicos, agua potable, desarrollo sostenible.*

Recibido: 29-03-15

Aceptado: 06-07-16

ESTIMATING MODEL FOR THE PRODUCTION OF DOMESTIC WATER

**Adelina Colmenárez
Edwing Salazar**

ABSTRACT

The drinking water and sanitation services condition the productivity and competitiveness of the economic agents as well as people's quality of life. Lack of these services, or their inefficient supplying, affects the application of effective policies for the development and the improvement of economic growth rates. That is the importance of the adoption and strengthening of public policies for both human consumption and for the progress of the different productive sectors. In order to apply these policies, the managers and CEOs need tools to make decisions based on scientific criteria such as econometric models, just as the one proposed in this exploratory research; in which the main goal was to formulate an econometric model that estimates the production of drinking water for domestic use, within the framework of integrated water resources management, particularly in the Palavecino municipality of the state of Lara. The study was designed as a special project in which it is shown that these mechanisms allow to guide the administration towards the goals previously set. Among the main findings it is highlighted that the management of water resources requires not only investment in infrastructure, it is also necessary the development of the capacity to motivate involved social actors and make them to be aware of the common responsibility to solve the problem of lacking of water and preventing it from getting worse.

Key words: integrated water resource management, economic models, drinking water, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

La promoción del desarrollo económico y social de toda sociedad está vinculada a la disponibilidad agua potable y saneamiento. La carencia de estos recursos, fue considerada por la Organización de las Naciones Unidas y el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (2003), como una limitación para el logro de las Metas del Milenio, objetivos concluidos en el año 2015, los cuales sirvieron de marco normativo para orientar la formulación de políticas públicas dirigidas a propiciar el desarrollo humano sostenible en estos primeros años del Siglo XXI. Pese a este reconocimiento expreso de los gobiernos y organismos internacionales, en el 1^{er} Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, se ha advertido que el más grave problema del siglo que se inicia está relacionado con la calidad y gestión del agua (UNESCO-WWAP, 2003).

Para avanzar en la superación de esta crisis se requiere una nueva visión en la formulación de las políticas públicas, las cuales deben estar basadas en principios generales, pero adaptados a los contextos locales, según las recomendaciones del PNUD (2010). La nueva visión será alcanzada por gerentes que la compartan, que cuenten con las capacidades requeridas y dispongan de instrumentos de gestión para avalar la toma de decisiones. La gestión correspondiente deberá llevarse a cabo observando el ordenamiento jurídico vigente, acogiendo un enfoque donde se integren los ecosistemas naturales con el sistema humano, basado en la eficiencia económica, la sustentabilidad ecológica y la equidad social. Dicho enfoque se reconoce hoy como Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

En el marco de desarrollo y aplicación de dichas políticas en el ámbito local tiene un papel protagónico el Municipio, entidad político administrativa con la responsabilidad de prestar servicios públicos eficientes para satisfacer las necesidades de los ciudadanos. En el país, se le asignan entre sus competencias la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, además, se le atribuyen funciones de protección de ecosistemas y reordenamiento territorial.

En el estado Lara, al igual que en el resto del país, se presenta el reto de prestar un servicio eficiente, para garantizar el crecimiento económico y el desarrollo social que favorezca la calidad de vida de los ciudadanos. La capital del estado, Barquisimeto, conforma junto a Cabudare, capital del municipio Palavecino, el eje metropolitano Barquisimeto-Cabudare, principal polo de concentración de la población y de las actividades económicas de la entidad.

Particularmente, en el municipio Palavecino, entidad con el mayor crecimiento poblacional en el estado durante el período intercensal 1990-2001, se está promoviendo un Plan de Desarrollo Urbano Local, PDUL, el cual permitirá orientar

la gestión de las autoridades del municipio para materializar el proceso de desarrollo socio-económico local en un lapso de ejecución de 15 años.

El municipio Palavecino es una zona cuya fuente de captación de agua dulce en la actualidad es 98% de origen subterráneo y donde existe un déficit de agua potable que alcanza los 350 l/s(1), por tanto, el alcance de los objetivos del plan estará determinado por la disponibilidad de agua potable y saneamiento.

Las soluciones propuestas por los expertos para subsanar este déficit comprenden dos opciones fundamentales: la incorporación al Sistema de Dos Bocas (actualmente en construcción) y la ampliación de la red de pozos de aprovisionamiento de la zona (Perozo, 2011, Abril 24). Ambos proyectos requieren altas inversiones a fin de garantizar la cobertura del servicio de agua potable y saneamiento.

Con relación a las inversiones debe tenerse en cuenta la advertencia de Jouravlev (2003), quien señala, que actualmente éstas no son condición suficiente para solucionar los problemas de gestión y aprovechamiento de los recursos hídricos. En estos tiempos, la gestión se aborda desde un enfoque integrado, a través del cual se procuran las soluciones considerando la vinculación de los ecosistemas naturales con los sistemas humanos, la mutua interdependencia de los usuarios, entre ellos y con el medio ambiente, enlazando así la gestión de la oferta y de la demanda, conforme al enfoque GIRH. La aplicación de este modelo de gestión requiere de instrumentos para la formulación y evaluación de los planes, de las políticas que los regulan (Asociación Mundial del Agua, 2006), entre ellos se encuentran los modelos econométricos(2).

En este contexto, donde se esperan incrementos de la demanda de agua potable debido al crecimiento poblacional y la actividad económica, y ante la situación deficitaria de los recursos hídricos en el municipio Palavecino, como en todo el estado Lara, se desarrolló la presente investigación, orientada a conocer la situación de los recursos hídricos en el municipio y las herramientas de gestión disponibles por parte de los gerentes del sector, para finalmente, contribuir con el diseño de uno de esos instrumentos para el apoyo de la toma de decisiones, el modelo econométrico.

El modelo econométrico permitirá estimar la producción de agua potable y su relación con variables económicas y sociales, con el propósito de analizar el comportamiento de estas variables en el tiempo, evaluar sus tendencias y estimar escenarios futuros para orientar las decisiones técnicas y la formulación de políticas para dirigir la demanda del producto. Esto con el fin de garantizar su disponibilidad futura, en aras de preservar la calidad de vida de los ciudadanos y el desarrollo económico de la región.

En el presente informe se resumen los principales aspectos de la investigación: descripción del contexto, explicación de los fundamentos de la GIRH, así como la fundamentación, formulación y los elementos estructurales del modelo econométrico.

GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

El crecimiento de la población en el mundo, con el correspondiente aumento de la presión sobre los recursos hídricos, así como la contaminación y degradación de los mismos, han sido determinantes en la búsqueda de nuevos modelos de gestión. Se busca abandonar la visión clásica centrada en la oferta de un bien cada vez más escaso para desarrollar un enfoque integrado donde también se considera la gestión de la oferta.

De acuerdo al Informe sobre la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible –ILAC–, el paradigma de la GIRH se ha consolidado en las legislaciones nacionales de los estados latinoamericanos en la primera década del siglo XXI (PNUMA/ORPALC, 2008), su contenido se explica desde la perspectiva de varios autores e instituciones: García (1998), la Asociación Mundial del Agua (Global Water Partnership-GWP, 2000), Dourojeanni (2010), entre otros.

Las definiciones expuestas sobre la GIRH evidencian cómo el proceso se fundamenta en la interrelación existente entre los diferentes usos y fuentes de agua, y en consecuencia, en la interdependencia de los efectos generados. Al respecto se resaltan tres elementos necesarios: organizaciones competentes, sistema regulador y recursos humanos capacitados para intervenir sobre la oferta y la demanda. En cuanto al segundo elemento, el mismo toma en cuenta a los sistemas ecológicos de cuya conservación dependerá la disponibilidad del recurso.

La integración entre el sistema natural y el sistema humano debe tomar en cuenta la variabilidad de la oferta del agua en tiempo y espacio, ya que puede ofrecerse con propiedades distintas, en términos de calidad y disponibilidad en flujos bajos o en períodos de picos en la demanda. Asimismo, debe considerar el efecto de los precios y tarifas, además de las inversiones en infraestructura, que la transforman de demanda potencial a demanda efectiva, conforme a lo señalado por la Asociación antes citada.

La interdependencia entre los distintos usos de los recursos hídricos constituye la base de su gestión, a juicio de la Red de Desarrollo de Capacidades para la GIRH, ésta es un elemento para distinguirla del enfoque tradicional, evidenciado en aspectos como la ampliación entre las fronteras profesionales y políticas para adoptar una postura interdisciplinaria, la incorporación de todos los grupos afectados para la administración de un recurso escaso (Cap-Net, 2008)(3).

Principios de la Gestión de los Recursos Hídricos

El enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos está orientado por principios de Dublín, principios generales, y criterios o elementos complementarios para la acción de acuerdo a la Asociación Mundial del Agua(4). El supuesto de la formulación de principios de gestión es constituirse en un guía para delimitar las acciones u orientar la toma de decisiones, en razón de esto es conveniente revisar cuáles son las implicaciones para aplicar la GIHR:

- Principio I: el agua dulce es un recurso vulnerable y finito, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medioambiente.
- Principio II: el desarrollo y manejo de agua debe estar basado en un enfoque participativo, involucrando a usuarios, planificadores y realizadores de política a todo nivel.
- Principio III: la mujer juega un papel central en la provisión, el manejo y la protección del agua.
- Principio IV: el agua posee un valor económico en todos sus usos competitivos y debiera ser reconocido como un bien económico.

Basados en estos principios se consideran aspectos económicos, sociales y naturales en la GIRH: la eficiencia económica, la equidad, así como la sustentabilidad ecológica y medioambiental. Estos aspectos deben desarrollarse y fortalecerse mutuamente dentro de un marco legal e institucional (Asociación Mundial del Agua, 2000).

Limitaciones de la GIRH

La Asociación Mundial del Agua (2006) considera que este enfoque forma parte del discurso en el mundo para la administración de los recursos hídricos, pese a ello, su adopción se encuentra aún en etapas iniciales, por lo tanto, se precisan avances en su incorporación en las leyes y políticas nacionales y en la admisión de sistemas de gestión. En este orden de ideas, se hace necesario evolucionar en los aspectos conceptuales y estrategias de gestión. Sin embargo, ya existen experiencias exitosas con buenos resultados en la administración eficiente de los recursos.

A nivel local resalta la ausencia de una correcta coordinación entre las distintas actividades de gestión, fragmentación institucional, falta de capacidad para integrar políticas sobre recursos hídricos, poca disposición de recurso humano calificado, pésima sensibilización pública e insuficiente participación de las ONG y comunidades, así como la carencia de instrumentos de gestión y de información para la planificación y el control.

Para superar los factores que limitan la aplicación de este enfoque, la Asociación Mundial del Agua (2005) identifica áreas claves en las cuales se requiere avanzar: el entorno de capacitación, las responsabilidades institucionales y los instrumentos de gestión.

Los problemas enunciados se corresponden con los identificados por el PNUD como la falta de capacidades, la misma constituye una de las dificultades para avanzar hacia el desarrollo humano, para el logro de las metas del milenio e igualmente para la aplicación de la GIRH (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, ONU/WWAP, 2006).

FUNDAMENTACIÓN DEL MODELO

La complejidad de los problemas vinculados con la gestión de los recursos hídricos reclama aportes desde diferentes visiones profesionales y técnicas que otorgan sentido y pertinencia a la formulación de un modelo econométrico para estimar la producción de agua potable sobre la base de factores económicos y sociales, y tomando en cuenta la integración de los criterios orientadores de la Asociación Mundial del Agua y la CEPAL.

El modelo propuesto relaciona una variable de naturaleza económica, la producción de agua potable, con las variables exógenas que se explican a través de otras disciplinas como las ciencias sociales (Beach, 1961). Según lo anterior, se soporta el enfoque multidisciplinario para tratar la gestión de los recursos hídricos, incorporando los principios básicos de la GIRH, a fin de conferirle validez y fiabilidad a las decisiones.

ALCANCE DEL MODELO

Se seleccionaron las variables correspondientes a los factores externos al sector de agua potable, tales como: el índice de desarrollo humano y el crecimiento de la población. Además de los factores internos que corresponden a la inversión, la cobertura de agua potable y la demanda. El análisis de las variables objeto de estudio se basó en series de tiempo correspondientes al lapso 2001-2011, década en la cual se produjeron en Venezuela una serie de cambios de índole económico, social, legal e institucional que afectan la gestión de los recursos hídricos y en consecuencia la producción de agua potable.

LIMITACIONES DEL MODELO

Las limitaciones para el desarrollo del modelo propuesto coinciden con las expresadas por diferentes autores e instituciones ocupadas del sector agua potable y saneamiento en Latinoamérica, con relación a la disponibilidad de

datos e información sobre el estado y desempeño del mismo, entre ellas: la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la Corporación Andina de Fomento (CAF), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Asociación Mundial para el Agua (GWP, por sus siglas en inglés), la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA); tal como lo expresan Mejía y Rais (2011:5), quienes indican que este tipo de información es “limitada y lamentablemente revela inconsistencias apreciables cuando se comparan los datos e indicadores reportados en fuentes diferentes”.

Esta limitación fue un factor determinante en el desarrollo de la investigación, que obligó a realizar un estudio exploratorio, limitado al lapso 2001-2011, debido al requerimiento de contar con información sobre cada una de las variables independientes o exógenas, datos requeridos para correr el modelo de regresión múltiple. En algunos casos hubo necesidad de realizar proyecciones de las series; no obstante, dado el interés por abordar el estudio, que constituye un ejercicio en una primera fase para investigaciones futuras.

Las dificultades en el acceso a la información evidencian la necesidad de formar y consolidar sistemas de información que propicien la eficiencia y transparencia de la gestión pública, así como para fortalecer y posibilitar los procesos investigativos en todos los sectores de la sociedad.

FORMULACIÓN DEL MODELO ECONOMÉTRICO

Un modelo econométrico es “un modelo económico que contiene las especificaciones necesarias para su aplicación empírica” (Barbancho, 1979:40), dicha especificación es una cualidad que los distingue de los modelos teóricos. Tienen como propósito el análisis de las relaciones que vinculan a varias variables, para conocer las causas, los efectos o las interdependencias existentes; su formulación sigue un conjunto de fases o etapas secuenciales, las cuales fueron observadas en esta investigación.

El modelo planteado se estructuró a partir del análisis de correlación múltiple y en la aplicación del método de los Mínimos Cuadrados para los ajustes correspondientes, siguiendo las recomendaciones de Barbancho (1979). Mediante la consideración del conjunto de variables seleccionadas, se pretende estimar el nivel de producción de agua potable en $Mt^3/años$ (variable dependiente), para el estado Lara. Entre las variables explicativas o independientes se consideraron las expuestas en la Tabla No. 1:

Tabla No. 1
VARIABLES EXPLICATIVAS O INDEPENDIENTES

<i>Variable</i>	<i>Descripción</i>
Producción de Agua potable <i>Prod_(Yi)</i>	Estima la proyección esperada de agua potable que se requiere en un año dado, en millones de Mt ³ /año. Variable Dependiente
Cobertura Agua Potable <i>CobAp</i>	Indica la cobertura del servicio de aducción de agua potable para el consumo humano, expresado como el cociente entre la población servida del estado Lara y el total de la población, en porcentaje (%).
Cobertura Agua Servida <i>CobAs</i>	Indica la proporción de la población del estado Lara que dispone de recolectores de agua servida (aguas negras y aguas de lluvia), se expresa en términos de porcentaje (%) como el cociente entre la población servida del estado Lara y el total de la población.
Consumo Per Cápita <i>ConsPc</i>	Indica la cantidad de agua potable requerida (consumida) por habitante, medida en Lts/día.
Índice de Desarrollo Humano <i>IDH</i>	Indica, en términos relativos, las mejoras en las condiciones de vida de los ciudadanos, el proceso a través del cual una sociedad mejora las condiciones de vida de sus ciudadanos mediante un incremento de los bienes con los que puede cubrir sus necesidades básicas y complementarias, medida en %.
Inversión en Agua Potable <i>InvAp</i>	Representa la inversión realizada por el estado para aumentar la cobertura de agua potable en un período de tiempo, medida en Millones de Bolívares/Año.
Inversión en Agua Servida <i>InvAs</i>	Representa la inversión realizada por el Estado para aumentar la cobertura de aguas servidas en un período de tiempo, medida en Millones de Bolívares/Año.
Población. <i>Pob</i>	Representa el total de habitantes del estado Lara, medido en Hab./año. Estima indirectamente la demanda potencial de agua potable, expresado en habitantes/año.
β_i	Coefficientes beta de cada variable.
E_i	Error de estimación del modelo.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES DEL MODELO

El modelo matemático se expresa basado en la “Función de Producción” de Cobb-Douglas. Matemáticamente, representa los valores de las variables y sus respectivos coeficientes, se adiciona el coeficiente de perturbación E_i .

$$Prod_{(Yi)} = B_0 + B_1CobAp_{(1)} + B_2CobAs_{(2)} + B_3ConsPc_{(3)} + B_4IDH_{(4)} + B_5InvAp_{(5)} + B_6InvAs_{(6)} + B_7Pob_{(7)} + E_i$$

RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE DATOS

En la Tabla No. 2 se presenta la matriz general donde se resumen los valores o datos observados de las distintas variables que conforman el modelo, obtenidos de fuentes primarias.

Tabla No. 2
Estadísticas Anuales. Valores Históricos. Lapso 2003-2011

Var	Prod.	Cob.Ap	Cob.As	Cons Pc	IDH	Inv.Ap	Inv.As	Población
2001	208,46	79,00%	69,00%	415,48	0,794	372,23	558,35	1.620.962
2002	209,10	85,00%	71,00%	422,97	0,793	773,48	1.317,01	1.650.150
2003	206,76	85,18%	76,78%	430,40	0,788	549,95	3.116,39	1.679.144
2004	206,76	82,92%	75,61%	437,84	0,801	632,09	3.581,86	1.708.172
2005	217,00	88,09%	82,06%	445,22	0,810	522,70	1.370,27	1.736.983
2006	198,44	82,37%	80,39%	452,67	0,818	327,26	1.211,04	1.766.030
2007	302,63	82,80%	80,51%	460,11	0,825	369,49	1.069,83	1.795.069
2008	212,59	90,74%	85,43%	467,55	0,828	385,92	1.180,38	1.824.087
2009	212,42	90,24%	86,39%	474,93	0,807	393,22	1.229,50	1.852.875
2010	248,40	86,26%	84,40%	415,52	0,739	560,70	1.745,16	1.881.595
2011	248,13	90,43%	87,01%	425,25	0,741	522,63	1.644,48	1.909.846

Elaboración propia.

Nota: Valores reportados por los entes oficiales. La producción de agua potable, la cobertura de agua potable y servidas, así como el consumo per-cápita en el lapso de estudio, fue suministrado por la prestadora de servicio Hidrológica del Estado Lara (HIDROLARA). Algunas estadísticas corresponden a proyecciones. El Índice de Desarrollo Humano se obtuvo a través del Sistema de Indicadores Sociales de Venezuela SISOV. Los datos sobre la Población fueron tomados del Instituto Nacional de estadísticas (INE).

En la Tabla No. 2 se destaca el crecimiento observado en el nivel de cobertura, tanto del agua potable como del agua servida en el país. En el caso del consumo per cápita la variación está entre los 415 y los 474 lts/día, siendo unos de los valores más significativos en América Latina, la misma se expresa a los largo de la serie de estudio en un incremento cercano a los 14,22% en lts/día/año.

En referencia a la inversión en agua potable, los valores máximos observados fueron de 773 millones de bolívares, frente a los 3.581 millones invertidos en agua servida. Esto representa cerca de un 363% de mayor inversión en agua potable que en agua servida.

ETAPA DE ESTIMACIÓN DEL MODELO

La etapa de estimación del modelo consiste en realizar un análisis de regresión con el propósito de estimar los valores de los parámetros que acompañan las variables exógenas del modelo a fin de conocer el tipo de relación que ha existido en un determinado período de tiempo entre las variables en estudio (Muñoz, 1999). A

partir de los valores estadísticos, se establece la matriz de correlación múltiple, la misma expresa los distintos niveles de asociación entre las variables predictoras o explicativas y la variable dependiente. Para ello se utilizó el programa estadístico SPSS 19.0. A fin de corregir los efectos que representan las distintas unidades de las variables, se utiliza la función del logaritmo natural, expresado de la siguiente manera:

$$LNProd(y_i) = \beta_0 + \beta_1 * LNCob.Ap + \beta_2 * LNCob.As + \beta_3 * LNConsPc + \beta_4 * LNIDH + \beta_5 * LNInve.Ap + \beta_6 * LNInvAs + \beta_7 * LNPob + E_i$$

En este modelo, los $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots + \beta_n$, son los coeficientes de cada variable, y el término E_i representa la perturbación aleatoria, la cual se distribuye normalmente de acuerdo a los establecido por el modelo clásico de regresión múltiple. A continuación se muestra la matriz de datos a base logarítmica natural (ver Tabla No. 3).

Tabla No. 3
Estadísticas Anuales - Valores de base Logarítmica Natural

Var	Prod.	Cob.Ap	Cob.As	ConsPc	IDH	Inv.Ap	Inv.As	Población
2001	5,34	4,37	4,23	6,03	-0,23	5,92	6,32	14,30
2002	5,34	4,44	4,26	6,05	-0,23	6,65	7,18	14,32
2003	5,33	4,44	4,34	6,06	-0,24	6,31	8,04	14,33
2004	5,33	4,42	4,33	6,08	-0,22	6,45	8,18	14,35
2005	5,38	4,48	4,41	6,10	-0,21	6,26	7,22	14,37
2006	5,29	4,41	4,39	6,12	-0,20	5,79	7,10	14,38
2007	5,71	4,42	4,39	6,13	-0,19	5,91	6,98	14,40
2008	5,36	4,51	4,45	6,15	-0,19	5,96	7,07	14,42
2009	5,36	4,50	4,46	6,16	-0,21	5,97	7,11	14,43
2010	5,52	4,46	4,44	6,03	-0,30	6,33	7,46	14,45
2011	5,51	4,50	4,47	6,05	-0,30	6,26	7,41	14,46

Elaboración propia.

A partir de la información presentada, se desarrolló el análisis de correlación parcial, para establecer el conjunto de variables que tienen mayor nivel de significancia, y así poder desarrollar el modelo de Regresión Múltiple. Previamente se han transformado las variables a valores Logarítmicos Natural (LN), para poder configurar la matriz de variables de base logarítmicas (ver Tabla 3).

Es importante resaltar que las variables con valores porcentuales, como los son: cobertura de agua servida, cobertura de agua potable e inversión, se mantienen en base numérica centesimal (Ejemplo: cobas = 69% = 69 = LN 4,23). En el caso de la variable índice de desarrollo humano, los valores se expresan en decimales, y la expresión logarítmica es negativa por ser menor a uno. La matriz de base

logarítmica natural permite unificar las distintas dimensiones de las variables, y así, poder generar la matriz de correlación parcial (controlada o ajustada por la variable dependiente: producción) de base logarítmica. La matriz de base logarítmica sigue los fundamentos y bases teóricas del modelo de Cobb-Douglas y se construye con la finalidad de dar linealidad a la serie de tiempo y homogeneidad a los valores de las variables.

La utilización de la escala logarítmica permite corregir las diferencias entre las dimensiones de las distintas variables, y expresarlas “a-dimensionalmente” en la serie de tiempo. A partir de estos valores se establecerá la matriz de correlación parcial de Pearson, y los valores de los Betas de cada variable. Para el estudio de correlación parcial se considerarán aquellos “valores significativos” superiores al (+/-) 0,50.

Tabla No. 4
Matriz de Correlación Múltiple

	<i>Variables de Control: Producción de Agua Potable</i>							
	<i>Prod_(yi)</i>	<i>Cob. AgP_(var1)</i>	<i>Cob. AgS_(var2)</i>	<i>Cons. Pc_(var3)</i>	<i>IDH_(var4)</i>	<i>Inv. AsP_(var5)</i>	<i>Inv. AgS_(var6)</i>	<i>Pob_(var7)</i>
<i>Prod_(yi)</i>	1,00							
<i>Cob. AgP_(var1)</i>	0,0908	1,00						
<i>Cob. AgS_(var2)</i>	0,3493	0,8007**	1,00					
<i>ConsPc_(var3)</i>	0,0185	0,3912	0,4993	1,00				
<i>IDH_(var4)</i>	-0,2054	-0,1639	-0,1571	0,7513**	1,00			
<i>Inv Ap_(var5)</i>	-0,1129	0,1222	-0,2593	-0,5639	-0,4651	1,00		
<i>Inv As_(var6)</i>	-0,1165	0,1997	0,1668	-0,1197	-0,2592	0,5922*	1,00	
<i>Pob_(var7)</i>	0,5026*	0,7146*	0,9362**	0,3236	-0,3417	-0,2066	0,0676	1,00

Elaboración propia utilizando el SPSS(19.0).

(*) Valores significativos al 0,500.

Tomando en consideración el nivel de significancia, para la variable dependiente: “Producción de Agua Potable”, las variables que reflejan mayor correlación múltiple, están representadas por:

1. Cobertura de Agua Servida (Var₂), representa la variable con mayor nivel de significación o correlación Vs. Población (Var₇), la misma describe en un 93,62% el crecimiento en los niveles de Cobertura de Agua Servida explicada por el incremento en la población del estado Lara (Altamente Correlacionadas).
2. Cobertura de Agua Potable (Var₁) Vs. Cobertura de Agua Servida (Var₂), cuyo coeficiente de Pearson es 0,8007 (Muy Correlacionadas), lo cual se interpreta

como el crecimiento en la cobertura del Agua Servida, Producto del incremento en la Cobertura del Agua Potable.

3. Índice de Desarrollo Humano (Var_4) Vs. Consumo Per Cápita (Var_3), cuyo coeficiente de Pearson es 0,7513 (Muy Correlacionados), lo cual se puede interpretar como el incremento en el Consumo per cápita de Agua Potable producto del incremento en el Índice de Desarrollo Humano.
4. Población (Var_7) Vs. Cobertura de Agua Potable (Var_1), cuyo coeficiente de Pearson es 0,7146 (Muy Correlacionados), lo cual se explica como el crecimiento en los niveles de Cobertura de Agua Potable producto del incremento en la tasa poblacional del estado Lara.
5. Inversión en Agua Potable (Var_5) Vs. Inversión en Agua Servida (Var_6), cuyo coeficiente de Pearson es 0,5922 (Correlacionadas), lo cual se puede interpretar como el crecimiento en los niveles de cobertura de Agua Servida producto del incremento en los niveles de Cobertura de Agua Potable.

En este sentido, para la construcción del modelo de Regresión Múltiple se considerarán estas variables altamente correlacionadas (Tabla 5).

Tabla No. 5
Matriz de Correlación Múltiple

	<i>Variables</i>						
	<i>Cob. AgP</i> <i>(var1)</i>	<i>Cob. AgS</i> <i>(var2)</i>	<i>Cons. Pc</i> <i>(var3)</i>	<i>IDH</i> <i>(var4)</i>	<i>InvAgP.</i> <i>(var5)</i>	<i>InvAgS.</i> <i>(var6)</i>	<i>Poblac</i> <i>(var7)</i>
<i>Prod</i> _(vi)	0,0908	0,3493	0,0185	-0,2054	-0,1129	-0,1165	0,5026

Elaboración propia utilizando el SPSS(19.0)

Al desarrollar el análisis de correlación múltiple entre las variables explicativas versus la variable “producción” se puede observar:

1. La variable Cobertura de agua potable (Var_1), representa una correlación muy baja, la cual se explica estadísticamente por el valor del coeficiente de Pearson (0,0908). En la medida en que los niveles de cobertura de agua potable aumenten, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender a aumentar en una proporción más baja”, es decir, si se logra incrementar en un 1% la cobertura de agua potable, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender” a un 0,091% en $mt^3/año$ en el estado Lara.
2. La variable Cobertura de Agua Servida (Var_2), representa una correlación baja, la cual se explica estadísticamente por el valor del coeficiente de Pearson (0,3493). En la medida en que los niveles de cobertura de agua servida aumenten, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender a aumentar

en una proporción baja”, es decir, si se logra incrementar en un 1% la cobertura de agua servida, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender” a un 0,3493% en $\text{m}^3/\text{año}$ en el estado Lara.

3. La variable Consumo Per Cápita (Var_3), representa una correlación muy baja, la cual se explica estadísticamente por el valor del coeficiente de Pearson (0,0185). En la medida en que los niveles de consumo per cápita aumenten, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender a aumentar en una proporción muy baja”, es decir, si se logra incrementar en un 1% el consumo por habitantes en el estado Lara, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender” a un 0,019% en $\text{m}^3/\text{año}$ en el estado Lara.
4. Referente a la variable Índice de Desarrollo Humano (Var_4), representa una correlación negativa, con un coeficiente de Pearson igual a -0,2054, se puede señalar que este valor explica que en la medida en que el Índice de Desarrollo Humano aumente, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender a disminuir en una proporción baja”, es decir, si se logra incrementar en un 1% el Índice de Desarrollo Humano en el estado Lara, el requerimiento en producción de agua potable “debe tender” a disminuir en un 0,21% en $\text{m}^3/\text{año}$.
5. Para la variable Inversión en Agua Potable (Var_5), representa una correlación negativa, con un coeficiente de Pearson igual a -0,1129, se puede señalar que este valor explica que en la medida en que se incremente los niveles de inversión en agua potable por parte del Gobierno Regional en un 1%, el requerimiento en la producción de agua potable “debe tender a disminuir en una proporción baja”, cercano al 0,11% en $\text{m}^3/\text{año}$.
6. Para la variable Inversión en Agua Servida (Var_6), representa una correlación negativa, con un coeficiente de Pearson igual a -0,1165, se puede señalar que este valor explica que en la medida en que se incremente los niveles de inversión en agua servida por parte del Gobierno Regional en un 1%, el requerimiento en la producción de agua potable “debe tender a disminuir en una proporción baja”, cercano al 0,12% en $\text{m}^3/\text{año}$.
7. En cuanto a la variable Población (Var_7), cuyo valor de coeficiente de Pearson es 0,5026 (significativo), indica que al incrementarse la tasa de crecimiento poblacional del estado Lara (cada 100.00 habitantes), se espera un incremento significativo en los niveles de producción de agua potable, cercano al 0,50%. Tomando en consideración estas siete (7) variables explicativas, se establece el modelo de regresión múltiple en base logarítmica como una primera aproximación al Modelo de “Producción de Agua Potable”, con la siguiente estructura:

Tabla No. 6
Modelo de Regresión Múltiple (Base Logarítmica)

VARIABLES					
Var. Dependiente Y_i = Producción de Agua Potable (Mt ³ /año)		Variabes Independientes Var. ₁ = Cob. Agua Servida Var. ₂ = Cob. Agua potable Var. ₃ = Consumo Per Cápita Var. ₄ = Índice DH Var. ₅ = Inversión Agua P. Var. ₆ = Inversión Agua S. Var. ₇ = Población			Significancia $V_1 = 0,6681$ $V_2 = 0,3943$ $V_3 = 0,8412$ $V_4 = 0,6984$ $V_5 = 0,5148$ $V_6 = 0,5688$ $V_7 = 0,5700$
Modelo de Regresión Múltiple $Prod_{(Yi)} = -23,3019 - 2,555X_1 + 06619X_2 - 06738X_3 + 1,7844X_4 + 0,3538X_5 - 0,1032X_6 + 2,7995X_7 + E_i$					
ESTRUCTURA DEL MODELO					
R^2	R^2 (ajustado)	Error Estimado	Signif. Estadist.	ANOVA	Durban-Watson
0,7235	0,5234	0,1571	0,8146	<= 0.10	2,223

Elaboración propia.

Como se puede observar, los valores de las variables predictoras permiten estimar, dentro de un intervalo de confianza del 95%, el valor esperado del nivel de producción de agua potable para el estado Lara. Los estadísticos reflejan un punto de intersección o B_o equivalente a (-) 23,3019, con un error de estimación de 0,1571. El valor de Durban-Watson es menor a 4, lo que indica que los residuos de la recta de regresión múltiple no son significativos para desestimar la recta de regresión, y los valores de significancia permiten señalar que las variables utilizadas para predecir el comportamiento esperado de la Producción de Agua Potable en el estado Lara, son significativamente aceptables.

El valor de la correlación múltiple (R^2 ajustado) es de 0,5234 destacando que el modelo permite explicar cerca de un 52,34% del comportamiento de la Producción de Agua Potable para el estado Lara. De igual manera, la validación del modelo a través de la prueba de hipótesis tipo “t” no es relevante dada la correlación entre las variables y su nivel de predicción.

De esta manera, la propuesta de “modelo” para estimar el nivel de producción de agua potable requerida para el estado Lara queda expresada de la forma siguiente:

Modelo de Regresión Múltiple, Tipo Cobb-Douglas

$$Prod_{(Yi)} = -23,3019 - 2,555X_1 + 06619X_2 - 06738X_3 + 1,7844X_4 + 0,3538X_5 - 0,1032X_6 + 2,7995X_7 + E_i$$

VALIDACIÓN DEL MODELO ECONÓMÉTRICO DE PRODUCCIÓN

Para la validación se toma en consideración los valores de las variables básicas del modelo en la matriz de base logarítmica para el año 2001: (Tabla 7)

Tabla No. 7
Estadístico: Regresión Múltiple Logarítmico. Validación del modelo

VARIABLES					
Var. Dependiente		Variables Independientes		Significancia	
Y_i = Producción de Agua Potable (Mt ³ /año)		Var. ₁ = Cob. Agua Servida		$V_1 = 0,6681$	
		Var. ₂ = Cob. Agua potable		$V_2 = 0,3943$	
		Var. ₃ = Consumo Per Cápita		$V_3 = 0,8412$	
		Var. ₄ = Índice DH		$V_4 = 0,6984$	
		Var. ₅ = Inversión Agua P.		$V_5 = 0,5148$	
		Var. ₆ = Inversión Agua S.		$V_6 = 0,5688$	
		Var. ₇ = Población		$V_7 = 0,5700$	
Modelo de Regresión Múltiple					
$Prod_{(Y_i)} = -23,3019 - 2,555X_1 + 06619X_2 - 06738X_3 + 1,7844X_4 + 0,3538X_5 - 0,1032X_6 + 2,7995X_7 + E_i$					
ESTRUCTURA DEL MODELO					
R	R ² (ajustado)	Error Estimado	Signif. Estadist.	ANOVA	Durban-Watson
0,7235	0,5234	0,1571	0,8146	<= 0.10	2,223
Estimaciones			Valor esperado: Proyección		
Variable	Valor Ob. 2001	Variable	2001		
Cob.AgP var ₍₁₎	4,37	Producción Agua Potable	5,334		
Cob AgS var ₍₂₎	4,23				
ConsPc var ₍₃₎	6,03				
IDH var ₍₄₎	-0,23				
Inv.AgP var ₍₅₎	5,92				
Inv.AgS var ₍₆₎	6,32				
Pob. var ₍₇₎	14,30				

Fuente: cálculos propios.

Para la validación del modelo, se procedió a estimar el valor esperado de la producción de agua potable para el estado Lara, tomando en consideración los valores observados en los años 2001, a valores de base logarítmica.

En el caso del año 2001, el valor esperado de la producción de agua potables fue de 5,334 (+/-) error estándar de 0,1571. Este valor corresponde al observado para la variable en el año 2001, con un nivel de confianza del 95%, el cual está entre 5,4911 y 5,1769, en base logarítmica.

En el año 2001, el valor expresado para la “producción de agua potable” para el estado Lara corresponde a: $\text{antilog}_n(5,4911) = 242,52$ Millones de Mt³/año

como valor máximo esperado, y antilog_n (5,1769) = 177,13 Millones de Mt³/año como valor mínimo esperado. En este sentido, el modelo denota un nivel de confiabilidad del 95%. El intervalo de confianza del modelo estaría en:

Intervalo de Confianza= (V_{·max}: 242,52 MMt³/año), (V_{·Obs}: 208,46 MMt³/año), (V_{·Min}: 177,13M Mt³/año)

Posteriormente, se procedió a estimar el valor de producción de agua potable para el año 2011, utilizando los coeficientes de las variables predictoras conforme a los valores de base logarítmica. Como puede observarse en la Tabla No. 8, para el caso del año 2011, el valor esperado de la producción de agua potable es de 5,478 (+/-) error estándar de 0,1571. Este valor está muy cercano al correspondiente observado para la variable en el año 2011, con un nivel de confianza del 95%, el cual se ubica entre 5,6351 y 5,3209, en base logarítmica.

Tabla No. 8
Estadístico: Regresión Múltiple. Validación del Modelo

VARIABLES					
Var. Dependiente		Variables Independientes		Significancia	
Y _i = Producción de Agua Potable (Mt ³ /año)		Var. ₁ = Cob. Agua Servida		V ₁ = 0,6681	
		Var. ₂ = Cob. Agua potable		V ₂ = 0,3943	
		Var. ₃ = Consumo Per Cápita		V ₃ = 0,8412	
		Var. ₄ = Índice DH		V ₄ = 0,6984	
		Var. ₅ = Inversión Agua P.		V ₅ = 0,5148	
		Var. ₆ = Inversión Agua S.		V ₆ = 0,5688	
		Var. ₇ = Población		V ₇ = 0,5700	
Modelo de Regresión Múltiple					
$Prod_{(Yi)} = -23,3019 - 2,555X_1 + 06619X_2 - 06738X_3 + 1,7844X_4 + 0,3538X_5 - 0,1032X_6 + 2,7995X_7 + E_i$					
ESTRUCTURA DEL MODELO					
R	R ² (ajustado)	Error Estimado	Signif. Estadist.	ANOVA	Durban-Watson
0,7235	0,5234	0,1571	0,8146	<= 0.10	2,223
Estimaciones			Valor esperado: Proyección		
Variable	Valor Ob. 2011	Variable		2011	
Cob.AgP var ₍₁₎	4,50	Producción Agua Potable		5,478	
Cob AgS var ₍₂₎	4,47				
ConsPc var ₍₃₎	6,05				
IDH var ₍₄₎	-0,30				
Inv.AgP var ₍₅₎	6,26				
Inv.AgS var ₍₆₎	7,41				
Pob. var ₍₇₎	14,46				

Para el año 2011, el valor expresado para la “producción de agua potable” para el estado Lara corresponde a: antilog_n (5,6351) = 280,09 Millones de Mt³/año

como valor máximo esperado, y $\text{antilogn}(5,3209) = 204,57$ Millones de $\text{Mt}^3/\text{año}$ como valor mínimo esperado. Estos valores denotan un nivel de confiabilidad del modelo del 95%. El intervalo de confianza del modelo estaría en:

Intervalo de Confianza= (V_{max} : 280,09 $\text{MMt}^3/\text{año}$), (V_{Obs} : 248,13 $\text{MMt}^3/\text{año}$), (V_{Min} : 204,57 $\text{MMt}^3/\text{año}$)

Mediante el análisis, se puede concluir que al considerar la estructura del “modelo” de producción de agua potable para el estado Lara, los valores expresados por el “modelo” se acercan significativamente a los valores observados para la variable “Producción de agua Potable” durante los años 2001 y 2011. Por lo tanto, puede afirmarse que el modelo de producción de tipo Cobb-Douglas expresa de manera confiable los valores esperados de producción de agua potable para el estado Lara, con un nivel de significancia estadística aceptable.

ETAPA DE EVALUACIÓN DEL MODELO

Esta etapa, llamada también de verificación o contraste, consiste en la aplicación de diversos contrastes estadísticos para analizar la validez de las estimaciones de los parámetros calculados en la fase de estimación.

Evaluación Estadística

La etapa de evaluación del modelo está dirigida a estimar las propiedades estadísticas del mismo, lo cual revela su estabilidad y confiabilidad para predecir el comportamiento futuro de la producción de agua potable en el estado Lara.

Tabla No. 9
Pruebas para estimar las propiedades estadísticas del modelo

Significancia	El modelo está respaldado por una significación estadística de un coeficiente de determinación (R^2) de 0,523, por tanto, explica cerca de un 52% la producción de agua potable para el estado Lara, el resto lo explican las variables no matemáticas, o de dimensión social y ambiental.
Correlación	La correlación, dada por la asociación que puede existir entre las variables, (coeficiente de correlación: R), indica que el resultado expresa una relación significativa por encima del 50%.

EVALUACIÓN ECONOMETRICA

El propósito del cumplimiento de esta etapa del proceso econométrico, es comprobar si es modelo propuesto o estimado cumple con los supuestos del modelo general de regresión.

Tabla No. 10
Pruebas de autocorrelación y heterocedasticidad

<i>Autocorrelación</i>	Uno de los supuestos básicos del modelo de regresión es la independencia de los errores, para verificar que no existe autocorrelación. Para ello se analizó el estadístico de Durbin-Watson, estas pruebas son las conocidas y recomendadas. De la aplicación de la misma se observa que el valor del estadístico de Durbin-Watson fue de 2,223, dato que indica conforme a la teoría, que los valores residuales de las variables del “modelo” no generan perturbaciones aleatorias significativas, lo cual se expresa en la estabilidad estadística del “modelo”.
<i>Heterocedasticidad</i>	Este análisis de Heterocedasticidad se lleva a cabo mediante la aplicación del test de Koenket-Basett (K-B), el cual, operativamente se apoya en la realización de un análisis de regresión lineal con la serie de perturbaciones observadas. De acuerdo a la estabilidad de los datos, esta prueba pierde relevancia para el análisis estadístico, ya que los valores probables de este coeficiente estadístico serían iguales a cero, por ello se concluye que no existe heterocedasticidad.

PREDICCIÓN O SIMULACIÓN DEL MODELO

Esta etapa implica evaluar futuros resultados sobre la base del modelo estimado. Desde el punto de vista de la utilidad del modelo para la evaluación de escenarios a ser aplicados en la gestión pública, esta fase tiene una gran relevancia, como lo indican Díaz y otros (2005), quienes señalan que la construcción de modelos constituye un medio eficaz para analizar las tendencias e identificar los factores que las influyen, así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en el área de interés.

Escenario Predictivo I

A partir de los análisis anteriores, se destaca que la variable que mayor incidencia tiene sobre los niveles de producción de agua potable es la variable “Población”. Por lo que se presenta un primer escenario predictivo donde se mantendrán constantes todas las variables y se afectará el valor de la variable “Población”. Para ello, conforme a lo establecido por el Instituto de Nacional de Estadísticas (INE, 2011), los valores esperados de población para el estado Lara para los años 2012 al 2014 son:

Tabla. No. 11
Estadísticas Anuales. Valores Esperados

Var	Población (hab.)	Población (Base LN)
2012	1.937.795	14,48
2013	1.965.411	14,49
2014	1.992.521	14,50

Fuente: Instituto Nacional de Estadística INE (2011)

Tabla No. 12
Estadístico: Regresión Múltiple Logarítmico. Escenario Predictivo I

Estimaciones		Valor proyectado por el modelo	
Variable	Valor Esp.		
Pob. var _{(7)/12}	14,48	5,5343	253,230
Pob. var _{(7)/13}	14,49	5,5623	260,421
Pob. var _{(7)/14}	14,50	5,5903	267,816

Al mantener constante todas las variables al término del año 2011, e incrementar la tasa poblacional del estado Lara, se denota cómo este incremento exige un aumento en los niveles de “Producción de Agua Potable” para el estado Lara, cercano a los 253,23 Millones de Mts³/año para el año 2012, 260,421 Millones de Mts³/año para el año 2013, y 267,816 Millones de Mts³/año para el año 2014.

Escenario Predictivo II

Para un segundo escenario se tomó en consideración la variable “Cobertura de Agua Servida”, en cuyo caso los valores esperados se estiman a partir de valores mínimos promedio cercanos al 80% de cobertura.

Tabla No. 13
Estadísticas Anuales. Valores Esperados

Var	Cob.AgS	Cob.AgS (Base LN)
2012	80,66%	4,39
2013	81,82%	4,40
2014	82,40%	4,41

Para este caso y como se muestra en la siguiente tabla, se denota el efecto que ejerce un incremento sostenido en los niveles de “Cobertura de Agua Servida” para el estado Lara, sobre los niveles de producción de Agua Potable, los valores esperados están por el orden de los 227,10 Millones de Mts³/año para el año 2012, 228,61 Millones de Mts³/año para el año 2013, y 230,12 Millones de Mts³/año para el año 2014.

Tabla No. 14
Estadístico Regresión Múltiple Logarítmico. Escenario Predictivo II

Estimaciones		Valor proyectado por el modelo	
Variable	Valor Esp.		
Cob AgS var _{(2)/12}	4,39	5,4254	227,10
Cob AgS var _{(2)/13}	4,40	5,4320	228,61
Cob AgS var _{(2)/14}	4,41	5,4386	230,12

Con base en los resultados del Escenario Predictivo II, es oportuno recordar que la generación de las aguas servidas generalmente se estima como un 80% del valor de la cobertura de agua potable. La menor incidencia de ambas, cobertura de agua potable y saneamiento, sobre la producción se explica en la realidad conforme a los datos suministrados por la operadora del servicio, debido a que, a pesar del aumento de la población no toda ella dispone del servicio, es decir, la cobertura que otorga el prestador de servicio no es proporcional con el crecimiento de la población, por ello, la producción no responde en esa misma proporción.

Esto ratifica que por mayor aumento que se haga de las conexiones de agua potable y agua servida a la población, no necesariamente se dispone efectivamente del líquido debido a la precariedad de las fuentes, como ocurre en el estado Lara, por ejemplo, durante las épocas de sequía cuando la represa Dos Cerritos disminuye su nivel y se agudiza el racionamiento.

Escenario Predictivo III

A continuación se propone la creación de escenarios multicriterios, tomando en consideración las variables “Inversión en Agua Potable” e “Inversión en Agua Servida”. Los valores esperados se construyen a partir de las tendencias de los mismos, bajo el supuesto de que la inversión debe mantenerse al menos con un incremento del 10% interanual, tal y como lo expresan los datos oficiales suministrados por HIDROLARA.

Tabla No. 15
Estadísticas Anuales. Valores Esperados

Var.	Inv.AgP	Inv.AgP (Base LN)	Inv.AgS	Inv.AgS (Base LN)
2012	574,89	6,35	1.808,93	7,50
2013	632,38	6,45	1.989,82	7,59
2014	695,62	6,54	2.188,80	7,69

Tabla No. 16
Estadístico: Regresión Múltiple. Logaritmo Escenarios Predictivo III

Estimaciones		Valor proyectado por el modelo	
Variable	Valor Esp.		
Cob AgP var _{(1)/12}	6,35	5,50	244,69
Cob AgS var _{(2)/12}	7,50		
Cob AgP var _{(1)/13}	6,45	5,527	251,39
Cob AgS var _{(2)/13}	7,59		
Cob AgP var _{(1)/14}	6,54	5,548	256,72
Cob AgS var _{(2)/14}	7,69		

Elaboración propia.

A partir de los valores obtenidos por el “Modelo” propuesto se puede señalar que al considerar varios criterios, en este caso los referentes a las inversiones en “Agua Potable” y en “Agua Servida”, se espera que al incrementar en al menos un 10% estas variables, el efecto en los niveles de producción de Agua Potable para el estado Lara sea de 244,69 Millones de Mts³/año para el año 2012, 251,39 Millones de Mts³/año para el año 2013, y 256,72 Millones de Mts³/año para el año 2014.

El efecto interanual es apenas de un 2,74% y 2,12% respectivamente. Esto se explica por el valor del coeficiente de Pearson para estas variables, el cual es correlacionalmente bajo para ambos casos, denotando una estabilidad estadística del modelo bajo multicriterios.

Escenario Predictivo IV

Finalmente, se propone un escenario multicriterio tomando en consideración variaciones en todas las variables de estudio, con el objetivo de evaluar un “escenario factible” para el año 2015. La creación de este escenario se fundamentó en las siguientes hipótesis: (1) Los niveles de cobertura de “Agua Potable” estarían en al menos un 87%, y de “Agua Servida” en al menos un 84%; (2) El “Consumo Per cápita” debe disminuir, dada la racionalidad en los usuarios del sistema y el efecto de las campañas de los Entes oficiales hacia la racionalización y el buen uso del recurso, por lo tanto debe estar en 410 Lts/hab./día; (3) El “Índice de Desarrollo Humano” debe aumentar conforme las políticas sociales implementadas, el mismo se espera que esté cercano al 0,817 (Observado en países como Chile y Brasil); (4) Las inversiones en “Agua Potable” y en “Agua Servida” se incrementen en un 12% interanual hasta el año 2017, tal y como lo establece el “Plan de la Patria”; (5) El crecimiento poblacional se mantiene conforme a lo establecido por el INE (2011).

Conforme al planteamiento hipotético, construimos la tabla de datos de entrada para el modelo, la misma se expresa de la siguiente manera:

Tabla No. 17
Estadísticas Anuales. Valores Esperados. Escenario (IV). Año 2015

	<i>Variables</i>						
	<i>Cob.AgP</i> (var1)	<i>Cob.AgS</i> (var2)	<i>Cons.Pc</i> (var3)	<i>IDH</i> (var4)	<i>InvAgP.</i> (var5)	<i>InvAgS.</i> (var6)	<i>Poblac</i> (var7)
<i>Valor Esperado</i>	87%	84%	410	0,817	765,18	2.407,68	2.019.211
<i>Valor (Base LN)</i>	4,47	4,46	6,02	-0,202	6,64	7,79	14,52

Con estos valores se procede a parametrizar el “Modelo” y a estimar el valor

esperado de “Producción de Agua Potable” para el estado Lara bajo un escenario multicriterio hipotético Factible para el año 2015

Tabla No. 18
Estadístico: Regresión Múltiple Logarítmico. Escenario Predictivo IV

Estimaciones		Valor esperado: Proyección	
Variable	Valor Ob. 2015	Variable	2015
Cob.AgP var ₍₁₎	4,47	Producción Agua Potable	6,01
Cob AgS var ₍₂₎	4,46		
ConsPc var ₍₃₎	6,02		
IDH var ₍₄₎	-0,202		
Inv.AgP var ₍₅₎	6,64		
Inv.AgS var ₍₆₎	7,79		
Pob. var ₍₇₎	14,52		

El valor esperado para la “Producción de Agua Potable” en el estado Lara bajo un escenario multicriterio y factible, es de 6,01(+/) error estándar de 0,1571. Este valor se mueve en un intervalo de confianza del 95%, entre 6,1671 y 5,8529, en base logarítmica. Al llevarlo a valores nominales (reales) se establece un valor de 476,80 Millones de Mts³/año, como valor máximo esperado, y 348,24 Millones de Mts³/año, como valor mínimo esperado.

Allí puede apreciarse que cuando las variables explicativas se hacen más dinámicas o variantes, su efecto se percibe en mayor grado sobre la variable predictiva, dado los niveles correlacionales múltiples que allí actúan entre las distintas variables. El valor de Durban-Watson es menor a 4, esto indica que los residuos de la recta de regresión múltiple no son significativos para desestimar la recta de regresión, y los valores de significancia permiten señalar que las variables utilizadas para predecir el comportamiento esperado de la Producción de Agua Potable en el estado Lara, son significativamente aceptables. El valor de la correlación múltiple (R^2 ajustado) es de 0,5234 destacando que el modelo permite explicar cerca de un 52,34 % del comportamiento de la Producción de Agua Potable para el estado Lara.

Los valores obtenidos mediante el análisis estadístico inducen a coincidir con el estudio teórico previamente realizado. De acuerdo a éste, la producción de agua potable no depende exclusivamente de la inversión en infraestructura como lo han confirmado Hantke-Domas y Jouravlev (2011) y de la necesidad de ampliar la cobertura para beneficiar a la población; la producción está limitada por un elemento previo como es la preservación de los acuíferos, porque éstos constituyen la fuente de agua dulce, materia prima para generar el agua potable.

Conviene destacar en este momento que para lograr la perfectibilidad del

modelo y obtener su máximo aprovechamiento al plantearse los escenarios para la toma de decisiones, es necesario ir ampliando la serie de datos que lo alimentan e incluir otros factores.

CONCLUSIONES

Al analizar los factores sociales y económicos que afectan la producción de agua potable en el marco de la GIRH a nivel local, el análisis de los factores ha llevado a reforzar la convicción sobre la necesidad de considerar al sector ambiental como un factor endógeno del sector agua potable y saneamiento.

El proceso de producción de agua potable debe comenzar con la protección de las fuentes de agua dulce, es decir, de los ecosistemas que prestan el servicio de suministro, sólo así tendrá efectividad la inversión; por tanto, el rol activo del municipio, como ente planificador del desarrollo local, debe integrarse con la gestión del prestador de servicio y con la autoridad ambiental, para lo cual, se precisa crear un entorno facilitador y fomentar la conciliación y armonización de los intereses de los actores locales.

No es suficiente la inversión en infraestructura para atacar las deficiencias en la prestación del servicio y satisfacer las necesidades de la población. Se requiere el mantenimiento de las redes e infraestructura para atacar el problema de las pérdidas. Estas acciones deben ser acompañadas con otras medidas no estructurales: educación a los consumidores, es decir, actuar sobre la demanda para fomentar hábitos dirigidos a disminuir el consumo, a aumentar la eficiencia en el uso de agua entre los consumidores domésticos y la cultura de pago, para garantizar la sostenibilidad financiera del servicio, proceso que debe constituirse en una política pública en el largo plazo.

Por otra parte, se deduce la necesidad del desarrollo de herramientas gerenciales para los actores vinculados al sector, los prestadores de servicio y el municipio, como el modelo econométrico propuesto en esta investigación, que contribuyan a la aplicación de la GIRH a nivel local, conforme a lo prescrito en el marco legal venezolano. El mismo podrá constituirse en una herramienta útil en el proceso de planificación porque permite estimar la producción necesaria para satisfacer la demanda, pero también en la etapa de control para verificar el cumplimiento de metas y objetivos, para fomentar el desarrollo económico y social. Las acciones a nivel local finalmente se revertirán en efectos en el ámbito nacional y mundial.

Debe tenerse presente lo indicado por la ONU-DAES (2006), en relación a la utilidad de estos modelos: el verdadero desafío no consiste en dominar las técnicas econométricas necesarias para realizar su valoración económica del agua, sino en

la capacidad de reflejar en las decisiones de gobernabilidad y gestión los diversos valores del recurso, reconocidos por sus múltiples usuarios.

La disponibilidad de información de calidad, actualizada, consistente, objetiva e imparcial, así como la determinación correcta de los costos de producción y operativos apoya la gestión transparente. Por lo tanto, es prioritario el diseño de sistemas de información óptimos.

En el proceso de gestión de los recursos hídricos, para que la información sea útil, debe estructurarse mediante un sistema de indicadores que facilite las funciones de control y regulación, la evaluación periódica, la comparación con otros actores locales, contrastar la propia evolución del prestador de servicio en el tiempo, las áreas que deben ser mejoradas, así como promover la rendición de cuentas.

Las transformaciones de las políticas públicas necesarias en el sector agua demandan capital humano capacitado, de allí la conveniencia de iniciar programas de formación para los actores locales, bajo la orientación de las diferentes universidades que hacen vida en el municipio Palavecino. Se sugiere además, promover en la universidad el desarrollo investigaciones dirigidas a la gestión integrada de los recursos hídricos y al asesoramiento de los entes locales para la conformación de bases de datos coherentes y confiables. El primer abordaje permitiría soportar la toma de decisiones que afectarán a los distintos actores, oferentes y demandantes. El segundo permitiría el ejercicio del derecho democrático del acceso a la información para fortalecer la participación pública en la adopción de decisiones.

Asimismo, es preciso diseñar mecanismos para fomentar la participación de la universidad en el desarrollo de capacidades para la gestión de los recursos hídricos especialmente a nivel local, y estimular la participación de todos los sectores de la sociedad, en particular los miembros de las mesas técnicas de agua, concejales y personal de estos entes, así como los ciudadanos en general para fomentar la corresponsabilidad en el uso y preservación de los mismos.

Los múltiples usuarios son la variable de mayor relevancia para estimar la producción de agua, por tanto, se hace necesario ampliar la investigación hacia el entorno de los actores sociales, para comprender desde sus voces la percepción que tienen de la situación y de su participación en la conservación de los recursos hídricos en el marco de la gestión integrada en el municipio Palavecino. La gerencia de dichos recursos no sólo requiere inversión en infraestructura, también es preciso el desarrollo de capacidades para motivar a las personas y hacerlas tomar conciencia de la responsabilidad común para resolver el problema de la falta de agua evitando que se profundice en el futuro 

NOTAS:

- (1) Conforme a información suministrada por el jefe de la Delegación de Hidrolara, empresa prestadora del servicio.
- (2) Los modelos econométricos son instrumentos de uso general en la gestión de los recursos hídricos, tanto en las actividades operativas como en la planificación a largo plazo, permiten integrar datos sociales, biofísicos y económicos para proyectar posibles opciones de solución a los problemas, así lo explican distintos autores y organismos, los cuales coinciden en señalar que los avances en la informática han favorecido el desarrollo de los mismos: Estrela (1992), Hantke-Domas y Jouralev (2011), el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (ONU-DAES), en el 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Entre los beneficios generados por el uso de estas herramientas se señalan las mejoras en las predicciones acerca de los cambios temporales y espaciales en la cantidad y calidad de los recursos de agua disponibles, lo cual contribuye a disminuir los riesgos e incertidumbre en el uso y el manejo de éstos (Asociación Mundial del Agua-Red Internacional de Organismos de Cuenca, 2009; Yoshinaga y Albuquerque, 2000; IWLEARN, 2010).
- (3) En relación a proyectos emprendidos para la provisión de agua concebidos bajo el enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos, consultar a Valencia y otros (2004), Soares y otros (2008). En cuanto a la evolución de los sistemas de gestión de los Recursos Hídricos, consultar a Dourojeanni y Jouravlev (2002), Burns (2009) y Sánchez, (2011).
- (4) Los principios de Dublín son producto de un proceso de consulta a nivel internacional y se intenta adecuarlos permanentemente para hacer operativa su implementación. Los mismos fueron tomados en cuenta en la formulación de las recomendaciones del Capítulo 18 sobre los recursos de agua dulce en la Agenda 21 en 1992 y fueron reformulados en 1998, en las principales conferencias internacionales de agua en Harare y París y por la Comisión de Desarrollo Sostenible (Asociación Mundial para el Agua GWP, 2000).

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (2005). *Estimulando el cambio: un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua*. Comité Técnico. Estocolmo. Suecia.
- ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (2006). *Reducción de la pobreza y gestión integrada de recursos hídricos*. Comité Técnico GEP-TEC. Background Papers No. 8. Estocolmo. Suecia.
- ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (GWP)-RED INTERNACIONAL DE ORGANISMOS DE CUENCA (INBO) (2009). *Manual para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos en Cuencas*. Francia.
- ASOCIACIÓN MUNDIAL PARA EL AGUA (GWP) (2000). *Manejo Integrado de Recursos Hídricos (IWRM)*. Tec Background Papers No. 4. Estocolmo. Suecia. Fuente: www.gwpforum.org/gwp/library/TAC4sp.pdf (Consultado el 15-04-15).
- BARBANCHO, ALFONSO (1979). *Fundamentos y Posibilidades de la Econometría*. Ediciones Ariel. Barcelona. España.
- BÁRCENA, ALICIA (2009). *Discurso de Entrega del Premio Mujer del año 2009 por el Patronato de la Mujer*. México.
- BEACH, EARL FRANCIS (1961). *Modelos Económicos*. Aguilar. Madrid. España.
- BURNS, ELENA (Coordinadora) (2009). *Repensar la cuenca, la gestión de ciclos del agua en el Valle de México*. Universidad Autónoma Metropolitana de México. México.
- DEPARTAMENTO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES DE LAS NACIONES UNIDAS (DAES-ONU) (2006). *Valorar y cobrar el agua*. Capítulo 12. En: PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (2006). *El agua, una responsabilidad compartida. 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Francia. París. pp. 35-37.
- DÍAZ, CARLOS; MARÍA ESTELLER y FERNANDO LÓPEZ VERA (2005). *Recursos Hídricos. Conceptos básicos y estudio de casos en Iberoamérica*. Piriguazu Ediciones. Uruguay.
- DOUROJEANNI, AXEL y ANDREI JOURAVLEV (2002). *Evolución de Polí-*

ticas Hídricas en América Latina y el Caribe. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura.* N° 51. CEPAL. Chile.

ESTRELA, TEODORO (1992). *Modelos Matemáticos para la evaluación de Recursos Hídricos.* Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Madrid.

HANTKE DOMAS, MICHAEL y ANDREI JOURAVLEV (2011). *Lineamientos de políticas públicas para el sector agua potable y saneamiento.* CEPAL. Chile.

INTERNATIONAL WATERS LEARNING EXCHANGE and RESOURCE NETWORK-IWLEARN (2010). **Programa Estratégico de Acción-PEA, Programa Estratégico de Ação-PEA, Sistema Acuífero Guaraní.** Brasil.

JOURAVLEV, ANDREI (2003). **Los municipios y la gestión integral de los recursos hídricos.** *Serie Recursos Naturales e Infraestructura.* No. 66. CEPAL. Chile.

MEJÍA, ABEL y JORGE RAIS (2011). **La infraestructura en América Latina: Diagnóstico y Propuestas-El sector de agua y saneamiento.** Informe comisionado para desarrollo de este estudio. Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). Caracas. Venezuela.

MONTALVO, RAMOS (2007). **Hacia un modelo de crecimiento ordenado de los centros de población en el estado de Tlaxcala. Un análisis comparativo desde la perspectiva de servicios públicos de 1999 a 2005.** El Colegio de Tlaxcala. México.

MUÑOZ, SAMARÍA (1999). Curso de Econometría I. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA y EL PROGRAMA MUNDIAL DE EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (UNESCO y WWAP) (2003). **1^{er} Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida.** Francia. París.

PEROZO, LUIS ALBERTO (2011, Abril 24). Sin Dos Bocas, Palavecino se quedará sin agua. El Impulso. Cuerpo A8 Visión Urbana. Barquisimeto. Venezuela.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE-PNUMA (2010). **Situación de los Recursos Hídricos en América Latina.** Centro Virtual de Información del Agua. México.

- SANCHEZ ORTIZ, EDUARDO (2011). **Enfoque multidimensional para la gestión integrada de los recursos hídricos en la Cuenca del Río San Pedro.** Tesis Doctoral. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México.
- VALENCIA, JUAN, JUAN J. DÍAZ NIGENDA y LOURDES VARGAS MARTÍNEZ (2004). **La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en México: Un nuevo Paradigma en el Manejo del Agua.** En: COTLER, HELENA (Compilador). (2004). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental.* Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). México. pp. 213-258.
- YOSHINAGA PEREIRA, SUELI y GERONCIO ALBUQUERQUE (2000). **Recursos Hídricos.** En: OFICINA REGIONAL DE CIENCIA DE LA UNESCO PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (2002). *II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental.* Brasil. pp. 138-177. Fuente: unesdoc.unesco.org/images/0016/001631/163153s.pdf (Consultado el 15-04-15).

