

MODELO DE SIMULACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DE AGUA EN LA CIUDAD DE PEREIRA

Simulation model to evaluate the water saving and the efficient usage program in Pereira's city

RESUMEN.

Como propuesta para la evaluación de algunos efectos atribuibles a la implementación de la política ambiental que establece los programas para el uso eficiente y ahorro de agua, se planteó la construcción de un modelo de simulación a partir del enfoque metodológico de dinámica de sistemas. Los datos que nutren el modelo caracterizan el comportamiento de la oferta y demanda de agua en la ciudad de Pereira (Colombia). La evaluación permitió la aproximación a algunos efectos que pueden asociarse a la adopción de las estrategias planteadas por la política ambiental, sobre los comportamientos en los patrones de consumo y la gestión de la red de distribución de agua.

PALABRAS CLAVES: Simulación, Recurso hídrico, Política Ambiental, Política pública.

ABSTRACT

As a proposal to evaluate some of the attributable effects to the environment policy implementation that establishes the programs for water saving and efficient usage, the construction of a simulating model from the utilization of a methodological dynamic systems focus was proposed. The data that feeds the model used depicting water supply and demand behavior in Pereira's city (Colombia). The assessment allowed the approach to some of the effects that may be associated with the adoption of the strategies proposed by the environmental policy, about the consumption pattern behavior and the management of water distribution network.

KEYWORDS: *Simulation, Water resources, environmental policy, public policy.*

1. INTRODUCCIÓN

La política ambiental en Colombia que aborda el uso racional y eficiente del recurso hídrico está representada por la Ley 373 de 1997, que busca "...disminuir la presión sobre el recurso en la utilización para el abastecimiento de la población...", para lo cual, las entidades municipales y regionales encargadas del manejo del recurso hídrico deben elaborar un conjunto de proyectos y acciones que se deben adoptar para optimizar el manejo del agua, denominados Programas para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua [1].

La definición de uso eficiente de agua implica toda actividad que está relacionada con utilizar de una mejor manera el recurso, hacer más o lo mismo con menos cantidad de agua, lo que hace que el ahorro se convierta en una "fuente de agua" por sí mismo, y se deban tomar medidas que permitan usar menos agua en cualquier

MANUEL TIBERIO FLOREZ CALDERÓN

Administrador del Medio Ambiente.
Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial
Contratista, coinvestigador
Universidad Tecnológica de Pereira
noloflorez@gmail.com

TITO MORALES PINZON

Administrador del Medio Ambiente,
M. Sc. Investigación Operativa y Estadística
Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
tito@utp.edu.co

SAMUEL DARIO GUZMÁN LÓPEZ

Economista
M. Sc. Desarrollo Sustentable
Grupo de Investigación Gestión Ambiental Territorial
Profesor Asociado
Universidad Tecnológica de Pereira.
sguzman@utp.edu.co

proceso o actividad para la conservación y el mejoramiento de los recursos hídricos [2].

Según el Departamento Nacional de Planeación –DNP- y su Sistema Nacional de Evaluación de Resultados de la Gestión Pública -SINERGIA- la evaluación de impacto consiste en un análisis de causalidad que determina si se han producido los efectos esperados de una política o programa en los beneficiarios y si éstos son el resultado directo de su ejecución; permitiendo además detectar efectos no esperados, tanto negativos como positivos.

El enfoque sistémico presentado en esta investigación, intenta hacer una aproximación a la complejidad que presenta la evaluación de impacto de una política ambiental y superar las limitaciones propias de la evaluación (convencional) de impacto de políticas públicas, caracterizada por su linealidad y falta de dinámica temporal.

En esta investigación, se desarrolló una propuesta para la evaluación de algunos de los impactos derivados de la implementación de la Ley 373 de 1997, mediante la aplicación del enfoque metodológico de dinámica de sistemas, evaluando el programa Uso Eficiente y Ahorro del Agua en la ciudad de Pereira, adelantado por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Pereira S.A. E.S.P.

El modelo expone además en sus hipótesis estructurales, diferentes enfoques de gestión desde los cuales es abordada la problemática actualmente, describe dinámica del comportamiento de la demanda de agua en el municipio de Pereira y la presión que esta ejerce sobre la oferta de recurso hídrico.

2. METODOLOGIA

El enfoque metodológico desde el cual se desarrollo la evaluación de impacto de la política para el uso eficiente y ahorro del agua, es el de Dinámica de Sistemas, desarrollado por Jay W. Forrester. El autor [3] plantea como desde este enfoque se estudian las características de realimentación de la información en los procesos, con el fin de demostrar como la estructura organizativa, la aplicación de políticas y las demoras en las decisiones y acciones interactúan e influyen en el éxito de un proyecto.

El primer paso para el desarrollo de esta metodología consistió en la definición de las variables involucradas en el uso eficiente y ahorro del agua, establecidas por la Ley 373 de 1997 y su aplicación en el programa planteado para la ciudad de Pereira. Adicionalmente, se realizó la revisión y consulta del marco normativo derivado de la Ley 373, involucrando sus decretos reglamentarios, así como las diferentes resoluciones que atienden objetivos específicos de la Ley. Paralelamente se realizó una revisión bibliográfica abordando los conceptos, alternativas, técnicas y tecnologías utilizadas con éxito en el proceso de maximizar la eficiencia y el ahorro del agua, con el fin de delimitar y caracterizar el número de variables y enfoques de gestión sobre el recurso objeto de modelado.

Una vez realizada la identificación y caracterización de las variables planteadas para la gestión del uso eficiente y ahorro del agua se procedió a la selección de las variables determinantes, viéndose limitada dicha selección por la información con la que podía contarse para el abordaje de las mismas.

A partir de estas variables determinantes, se llevo a cabo la construcción de un modelo de simulación sobre el Software *Stella* de *Isee Systems*, el cual fue validado con datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos de Colombia. Una vez ajustado el modelo, se simuló el comportamiento de las variables, partiendo del análisis de diferentes estrategias de uso eficiente y ahorro

de agua, que permitieron la identificación de los aspectos más influyentes sobre el programa evaluado.

El modelo de evaluación de impacto no vinculo estrategias para la gestión de las pérdidas de agua en redes de distribución, de tal forma que este elemento del sistema presentó un comportamiento acorde a la realidad representada, y no fue objeto de evaluación en el modelo. Esto debido a la ausencia de información que permita determinar el grado de influencia de las estrategias existentes para la gestión sobre el nivel de pérdidas de agua. Cabe anotar que algunos otros elementos fueron abordados en el modelo a manera de supuestos, en aras de evaluar posibles alternativas en las políticas adoptadas para el uso eficiente y ahorro del agua.

El funcionamiento del modelo fue validado con los datos existentes en el Sistema Único de información de Servicios Públicos (SUI). Finalmente, el modelo se empleó para analizar alternativas definidas mediante escenarios, que representan la evaluación de algunas de los efectos derivados de la implementación de tres estrategias para la gestión del consumo, siendo estas la reducción por Cultura de bajo consumo de agua, la reducción por Tecnologías de bajo consumo, y la reducción por control de fugas internas. Para dicha evaluación se realizaron corridas del modelo a largo plazo (más de 10 años), con el fin de analizar su comportamiento y la dinámica del sistema representado.

3. RESULTADOS

Las variables seleccionadas determinaron un enfoque de evaluación centrado sobre la gestión del consumo de agua, a través de las estrategias representadas por dichas variables.

3.1 Variables seleccionadas para la evaluación del uso eficiente y ahorro del agua.

A partir de la identificación y análisis de las variables e indicadores necesarios para la evaluación del uso eficiente y ahorro del agua, se decidió seleccionar las variables del modelo con especial atención en aquellas que contaran con un registro histórico mayor o igual a cinco años, e información disponible para el proceso de validación.

3.1.1 Variables de entrada para la gestión del ahorro y uso eficiente del agua

La implementación de *Tecnologías de Bajo Consumo* de agua como estrategia de gestión del uso eficiente y ahorro de la misma, representó un instrumento para la reducción del consumo del usuario o suscriptor, susceptible a ser evaluada en el modelo, dado que se contó con información referente al factor de eficiencia que representa la instalación de estos equipos en diferentes escenarios [4]. El factor de eficiencia es el porcentaje de reducción de consumos en una instalación

Interna típica, derivado del uso de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua, respecto a los consumos arrojados sin el uso de dichos equipos. [5]

La **Cultura del Agua**, como herramienta de gestión para el análisis del comportamiento del consumo de agua; se tomo como referente, los registros sobre el efecto de estrategias educativas y su grado de afectación en las reducciones de consumo planteadas por Grisham, A. y Flemming W. [6] y los resultados reportados por Guerrero E. Jhoniers, en su estudio realizado en la zona rural de Pereira [7], esta variable de tipo cualitativo adopta valores porcentuales que afectan directamente el consumo de agua por parte del usuario.

El **Control de Fugas Internas**, como estrategia para la reducción de los consumos registrados por los suscriptores, es susceptible a ser evaluada en el modelo a partir de los resultados de su implementación presentados en ambos estudios citados anteriormente [6 y 7].

3.1.2 Variables de salida para el análisis del ahorro y la eficiencia de agua desde el usuario

Los elementos seleccionados para la evaluación de impacto, conforme a la disponibilidad de información fueron los siguientes:

El **Índice de Escasez**, dado que permite la articulación de la oferta y la demanda involucrada en el aprovechamiento del recurso hídrico, adicionando a la demanda las pérdidas de agua en que se incurre en el suministro [8].
 $IE = (\text{demanda de agua} / \text{oferta neta de agua}) * 100$

El **Índice de Agua No Contabilizada -IANC-**, cuyo comportamiento de entrada permaneció en un valor constante (aproximado al 35%), este porcentaje es el reflejo del nivel de pérdidas de agua en redes reportado por la empresa de acueducto. $IANC = (1 - (\text{Volumen de agua facturada} / \text{Volumen de agua producida}))$

El **Valor Recaudado por el Consumo de Agua Potable**, así como los egresos por pago de **Tasas por Uso del Agua** para evaluar la introducción de políticas de ahorro y eficiencia en el consumo.

Una última variable de salida utilizada para la evaluación de impacto fue el **consumo promedio para cada tipo de suscriptor**, de tal forma que pudo evaluarse el efecto sobre la **dotación promedio** a partir de la simulación de estrategias para la reducción en el consumo.

3.2 Modelo para la evaluación del uso eficiente y ahorro del agua

3.2.1 Estructura de consumo y factura de agua

Este componente del modelo representa el volumen de agua facturada y la estructura tarifaria aplicada para cada estrato socioeconómico (Figura 1), el cual es replicado

para todos los tipos de suscriptores; conforme a las características encontradas en la ciudad de Pereira, donde existen 6 estratos residenciales, además de suscriptores de tipo industrial, comercial e institucional.

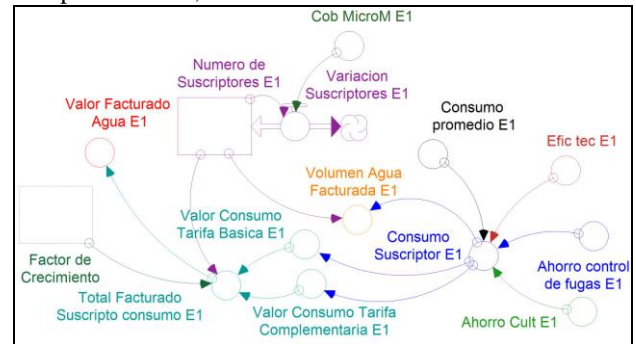


Figura 1. Diagrama de flujos, consumo de agua Estrato 1

3.2.2 Presión sobre el recurso hídrico

Este componente representa las relaciones para la evaluación de la presión que es ejercida por la captación y suministro de agua, sobre la oferta hídrica neta disponible en condiciones de escasez. Involucra el volumen de agua determinado en la estructura de consumo, y la oferta hídrica mediada por el sistema de distribución que adiciona consumos por agua no facturada y pérdidas en el tratamiento de agua (Figura 2).

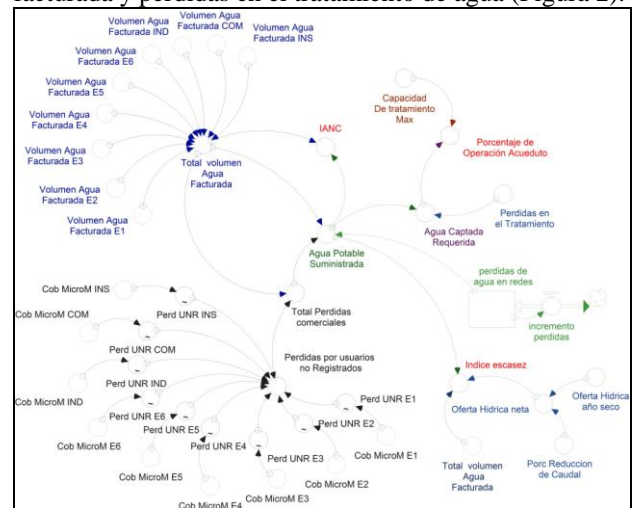


Figura 2. Diagrama de flujos, presión sobre el recurso hídrico

3.2.3 Ingresos facturados por el acueducto y egresos por Tasa de Uso de Agua (TAU)

El componente económico para la prestación del servicio de acueducto es planteado de manera general y en el modelo no se aborda la totalidad de elementos necesarios para la realización de un análisis económico acorde a las herramientas existentes para tal fin. No se incorporan costos e ingresos no operacionales, ni proyecciones financieras sobre proyectos de inversión que permitan establecer los costos marginales de mediano y largo plazo necesarios en la evaluación de la viabilidad económica de cada una de las políticas.

Se involucraron las ecuaciones y variables necesarias para el cálculo de la TUA conforme a lo planteado por Decreto 155 de 2004 [9]; el cual determina el monto a pagar a partir del año 2017. Conforme a esto, el modelo involucro además para el cálculo del monto a pagar en los años anteriores al 2017 las ecuaciones y variables establecidas en el Decreto 4742 de 2005 [10]. A partir de este elemento se hizo posible la evaluación del comportamiento de los egresos por el pago de dicha tasa, tras la implementación de estrategias para el ahorro y uso racional del recurso.

3.3 Evaluación de algunas alternativas de gestión sobre el consumo de agua y sus posibles impactos sobre el uso eficiente y ahorro del agua

Las alternativas evaluadas, tomaron valores que describen cinco escenarios posibles, donde el escenario numero 1, es el escenario de comparación o testigo. El análisis realizado sobre la adopción de diferentes niveles de implementación se registró conforme a lo contenido en la tabla 1.

Elementos de la política ambiental.		Escenarios simulados	Suscriptor residencial					Suscriptor no residencial			
Estrategia	Parámetro		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Comercial	Institución	Industria
Estrategias de reducción del consumo de agua	% reducción por Cultura de bajo consumo de agua	1	0%								
		2	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0
		3	0%								
		4	0%								
		5	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0
	% reducción por Fugas de agua de bajo consumo	1	0%								
		2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
		3	0%								
		4	0%								
		5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
	% reducción por Fugas internas	1	0%								
		2	0%								
		3	0%								
		4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0
		5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0
Reducción máxima de consumo escenario 5			0,37			0,35 (limitado por promedio de consumo mínimo registrado)			0		

Tabla 1. Estrategias planteadas para la gestión integral del uso eficiente y ahorro del agua en los cinco escenarios simulados.

3.3.1 Dotación Mensual Promedio

Un primer efecto está relacionado con las reducciones que con respecto al escenario 1 (testigo), presenta la dotación o consumo promedio por suscriptor, encontrando como es de esperarse una mayor reducción en el escenario que involucra las tres estrategias (escenario 5). Se observan reducciones en el consumo entre 19 y 37%.

La promoción de una cultura de bajo consumo (escenario 2), presentó disminuciones en la dotación promedio con volúmenes aproximados a 1m³ mensual. La implementación de tecnologías de bajo consumo de agua (escenario 3), presentó reducciones con valores cercanos a los 2 y 5 m³ mensuales, representando un 10 y 20% de reducción en el consumo. El escenario 4 (reducciones en el consumo por el control de fugas), presentó reducciones entre un 8 y 10 % aproximadamente, involucrando disminuciones en la dotación promedio mensual cercanas a los 2m³ mensuales.

3.3.2 Índice de agua no contabilizada -IANC-

La evaluación del comportamiento del índice de agua no contabilizada -IANC-, permitió establecer la afectación que sobre este índice representa la disminución del consumo de agua potable, de esta forma las simulaciones realizadas identificaron un impacto sobre el valor que toma dicho índice, que se acentúa con mayores reducciones en el consumo de agua. Es así como los escenarios 3 y 5 implicaron aumentos promedio del 15,7 y 18,4 % sobre el índice, y los escenarios 2 y 4 del 3,7 y 5,4% (Tabla 2).

El comportamiento del IANC en los escenarios simulados y el impacto que las reducciones del consumo de agua presentan sobre el mismo puede apreciarse en la Figura 3. Debe recordarse en este punto que el IANC en el escenario 1 (testigo) se comporta de manera constante asumiendo valores promedio conforme a un nivel de perdidas aproximado al 35% durante la totalidad del periodo simulado.

PORCENTAJE DE AUMENTO IANC					
	Esc 1 Testigo	Esc 2 cultura de bajo consumo	Esc 3 Tecnologías de bajo consumo	Esc 4 control de fugas internas	Esc 5 las tres Estrategias de gestión
PROMEDIO	35,74	37,09	41,37	37,69	42,34
DESVIACION	0,55	0,59	0,48	0,56	0,56
% AUMENTO	0,00	3,77	15,74	5,47	18,47

Tabla 2. Aumento en el IANC por reducción en el consumo de agua.

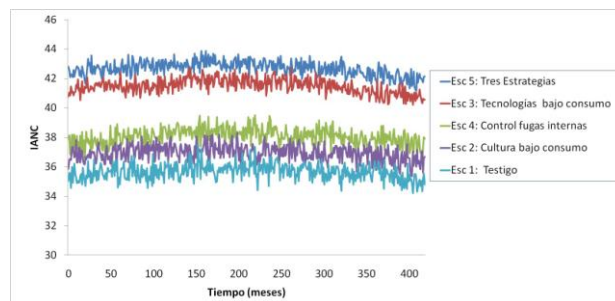


Figura 3. Comportamiento del IANC en los 5 escenarios simulados.

3.3.3 Índice de Escasez

Las simulaciones realizadas permitieron identificar un impacto sobre el valor que toma la presión ejercida sobre el recurso, que disminuye como es de esperarse con mayores reducciones en el consumo de agua, como se aprecia en la tabla 3.

REDUCCIONES EN EL ÍNDICE DE ESCASEZ					
	Esc 1 de referencia	Esc 2 cultura de bajo consumo	Esc 3 Tecnologías de bajo consumo	Esc 4 Control de fugas internas	Esc 5 las tres Estrategias de gestión.
INDICE PROMEDIO	40,19	39,09	34,55	38,00	33,58
DESVIACION ESTÁNDAR	0,35	0,34	0,30	0,33	0,29
% DISMINUCION	0,00	2,72	14,02	5,43	16,45

Tabla 3. Reducciones en el Índice de Escasez por disminución en el consumo de agua potable.

El volumen de agua que puede llegar a ser suministrado al sistema, antes de generar un nivel alto de escasez (índice mayor a 40%) presentó un valor promedio de 5'238.452 m³/mes. Este volumen fue alcanzado en el escenario 1 en el mes 225, describiendo según el índice una fuerte presión sobre el recurso hídrico, que implica una urgencia máxima en el ordenamiento de la oferta y la demanda. Este momento a partir de la introducción de las estrategias de gestión del uso eficiente y ahorro del agua pudo ser aplazado, según los resultados obtenidos las simulaciones, en el segundo escenario 11 meses, en el tercero 57, en el cuarto 27 meses y en el quinto 76.

3.3.4 Ingreso Facturado Anual por Consumo de Agua.

Los impactos determinados sobre el valor del ingreso anual recaudado por la empresa de acueducto por concepto de consumo de agua potable, a través de las simulaciones efectuadas permitieron identificar reducciones en el recaudo para cada escenario simulado, es así como los escenarios con mayores reducciones en el consumo (3 y 5) representaron reducciones promedio en el recaudo que tomaron valores entre 19 y 22% aproximadamente. Las estrategias de menor impacto (2 y 4) tomaron valores entre 4 y 8% aproximadamente.

3.3.5 Egresos por pago de Tasa por uso de Agua.

Las simulaciones realizadas permitieron establecer el impacto sobre el egreso por pago de TUA, de tal forma que reducciones en el consumo de agua representan disminuciones en este egreso que oscilan entre un 6 y 15% aproximadamente, de acuerdo a la estrategia de reducción simulada. En lo que respecta al egreso posterior al año 2017, reducciones en el consumo de agua representan disminuciones en el egreso que oscilan entre un 13 y 26% aproximadamente. Comparando las reducciones obtenidas a través de las dos estructuras para la determinación del egreso, la TUA que rige a partir del año 2017 permite el alcance de mayores reducciones en el egreso. Las disminuciones en el consumo representaron reducciones significativas en este egreso; estas a su vez presentan un comportamiento que indica un mayor impacto a largo plazo en el egreso efectuado.

3.3.6 Límites en la capacidad de operación

La evaluación de la capacidad del acueducto para la atención de la demanda, frente al incremento poblacional de los suscriptores del servicio, asumiendo que la capacidad de potabilización del acueducto no presenta cambios en el tiempo durante las simulaciones efectuadas, represento para cada escenario el momento (mes) en el cual este límite se presenta, como puede apreciarse en la tabla 4. El impacto de la reducción en el consumo se da sobre la cobertura de suscriptores que por parte del acueducto puede asumirse sin superar su capacidad de potabilización, generando aplazamientos, y aumentos en el número máximo de suscriptores que puede soportar el sistema. Este impacto representa uno de los mayores beneficios que puede recibir la empresa de acueducto por la implementación de dichas políticas, en

tanto que los aplazamientos generados implican la posibilidad de aumentar la cobertura del servicio sin generar inversiones para la ampliación de la capacidad de operación del acueducto.

Población máxima de suscriptores atendida antes de alcanzar el 100% de capacidad de potabilización.					
Escenario	1	2	3	4	5
Mes límite	246	254	305	269	314
Aplazamiento respecto a escenario "1" (meses)	0	8	59	23	68
Número total de suscriptores	182019	184870	212190	192039	219769
Aumento en el número de suscriptores con respecto al escenario 1		2851	30171	10020	37750
% de aumento		1,57	16,58	5,50	20,74

Tabla 4. Límite máximo de suscriptores atendidos bajo la capacidad actual de potabilización de agua.

4. CONCLUSIONES

La evaluación de impacto de las políticas ambientales, puede realizarse en alguna medida a través de la creación de modelos de simulación bajo la metodología de dinámica de sistemas, proporcionándose con ello una herramienta para el análisis y la experimentación sobre los diferentes elementos que conforman la política, y sus posibles efectos sobre una realidad simulada, sin llegar a alterar el sistema que es representado.

El contenido de los Programas para Uso Eficiente y Ahorro del Agua, no refleja la totalidad de elementos establecidos en la política ambiental. Haciendo mayor énfasis en la gestión de las pérdidas de agua, y no involucran estrategias para la disminución del consumo.

Las estrategias para la reducción del consumo de agua potable, impactan desfavorablemente el índice de agua no contabilizada -IANC-, este comportamiento establece un estado contradictorio en la implementación de la Ley 373 de 1997, dado que a partir de esta se establecen metas de reducción para dicho índice, y de forma paralela se indica la necesidad de disminuir el nivel de consumo de agua potable mediante estrategias de ahorro y uso eficiente.

La afectación que sobre el IANC presenta la disminución del consumo de agua potable, a partir de las simulaciones realizadas indica que dichas reducciones generan aumentos promedio que oscilan entre el **3,7** y **18,4 %** sobre el índice, de acuerdo con las estrategias implementadas en el modelo.

La disminución del consumo de agua potable, representa un impacto sobre la presión ejercida sobre el recurso, implicando disminuciones en el índice de escasez que oscilan entre el **2,7** y **16,4 %** de acuerdo al nivel de implementación de las estrategias planteadas en el modelo.

A partir de los resultados obtenidos por el modelo, la representación del sistema de consumo y distribución de agua de la ciudad de Pereira, podría alcanzar un grado de presión sobre el recurso que generaría una escasez de agua en el año 2022 (índice >40%), el cual puede llegar a aplazarse entre 1 y 6 años de acuerdo al nivel de

implementación de las estrategias para la reducción del consumo de agua involucradas en el modelo.

Las reducciones en el consumo simuladas plantean reducciones en la dotación promedio que para el caso de los suscriptores cuyo recaudo es de interés por la empresa de acueducto puede representar hasta un 19% de disminución en el consumo, sin afectar los consumos mínimos históricos facturados.

Las estrategias simuladas permitieron identificar reducciones en el recaudo por concepto de consumo de agua potable para cada escenario, representando reducciones promedio que tomaron valores entre 19 y 22% aproximadamente. Por otra parte, se pudieron establecer efectos sobre el egreso por pago de TUA, de tal forma que reducciones en el consumo de agua representan disminuciones en éste que oscilan entre un 6,4 y 15,3% aproximadamente hasta el año 2017, y posterior a este entre un 12,6 y 25,8%.

La disminución en el consumo de agua potable puede generar efectos sobre la cobertura de suscriptores que por parte del acueducto puede asumirse sin superar su capacidad de potabilización, generando aplazamientos de este momento límite que oscilan entre 8 y 68 meses, y aumentos en el número máximo de suscriptores que puede soportar el sistema entre 1,6 y 21% de acuerdo a la estrategia implementada para la disminución del consumo.

La evaluación de la gestión realizada por cada acueducto sobre el uso eficiente y ahorro del agua, a partir de las estrategias desarrolladas en sus programas, debe abordarse más allá de la gestión realizada sobre el IANC, debido a que este enfoque desestimula la generación de esfuerzos que permitan la reducción en el consumo de agua potable. Debe según este estudio, comenzar a utilizarse un índice de presión sobre el recurso hídrico más integral, para la evaluación del impacto que genera la implementación de los programas en cada contexto evaluado.

Las estrategias abordadas en el modelo propuesto, pueden constituirse en un elemento de referencia para la formulación y evaluación de programas de uso eficiente y ahorro del agua, que permitan el direccionamiento de esfuerzos hacia aquellas estrategias de mayor impacto sobre el grado de presión ejercido sobre el recurso. Así mismo, puede utilizarse a partir del ajuste continuo y la alimentación del modelo con información más detallada o propia de cada contexto, en una herramienta de análisis que permita encaminar la gestión ambiental del agua de forma multidimensional hacia la generación de un mayor impacto positivo sobre la sostenibilidad del recurso.

El enfoque utilizado en el modelo, de gestión del consumo de agua debe ser complementado con la gestión que pueda realizarse sobre la red de distribución y sus

pérdidas de agua, esto en aras de involucrar de una manera integral la gestión del uso eficiente y ahorro del agua en la evaluación de la política ambiental. Lo anterior se constituye en una posible mejora del modelo planteado.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Colombia. Ley 373 de 1997. Diario Oficial N° 43.058. 11 de junio de 1997. 7 p.
- [2] Sánchez T., L. D. 2008. Uso eficiente de agua: hacia un cambio de paradigma en el uso del agua. Seminario Internacional Pérdidas de Agua en Sistemas de Acueducto, Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Pereira. 564 p.
- [3] Forrester, J. W. 1981. Dinámica industrial. Editorial Ateneo, Buenos Aires.
- [4] Banco Mundial. 2004. Colombia: Desarrollo Económico Reciente en Infraestructura. Balanceando las necesidades sociales y productivas de infraestructura. Informes de Base. Sector de Agua Potable.
- [5] Colombia. Decreto 3102 del 31 de diciembre de 1997, "Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua"
- [6] Grisham, A. Flemming, W. 1989. "Long Term Options for Municipal Water Conservation", Journal of the American Water Works Association, EUA.
- [7] Guerrero E. Jhonniers. 2008. Uso eficiente y ahorro del agua. Eficiencias y patrones de consumo. Seminario Internacional Pérdidas de Agua en Sistemas de Acueducto, Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Pereira.
- [8] Rivera et al. 2004. Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- [9] Colombia. Decreto 155 del 22 de enero de 2004, "Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
- [10] Colombia. , Decreto 4742 de 2005 "Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas."

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar los agradecimientos a la Vicerrectoría de Investigaciones, Innovación y Extensión de la Universidad Tecnológica de Pereira por financiar el proyecto "Modelado de la dinámica de oferta y demanda de recursos naturales del departamento de Risaralda, bajo criterios de sostenibilidad" en el marco de la quinta convocatoria para financiar proyectos de los grupos de investigación.