





Evaluación de los programas de uso eficiente y ahorro del agua en el Departamento de Nariño, Colombia

Assessing water-use efficiency and conservation programs in the Department of Nariño, Colombia

Lizeth S. Chicaiza-Maya¹  Paola A. Ortega-Guerrero¹  Sergio A. Blanco-Londoño²  Tatiana Mañunga³ 

¹ Universidad Mariana, Faculty of Engineering, Environmental Engineering Program, San Juan de Pasto, Colombia

² Escuela Militar de Cadetes "General José María Córdova", Faculty of Engineering, Civil Engineering, Bogotá Colombia.

³ Universidad de Cartagena, Faculty of Engineering, Civil Engineering Program, Cartagena de Indias, Colombia

Resumen

El uso racional del recurso hídrico está plasmado como una meta global en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), lo cual trae múltiples beneficios a los diferentes actores involucrados en la gestión integral de los recursos hídricos. Los programas de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) contemplan una serie de actividades y metas que tienen por propósito contribuir a la sostenibilidad del recurso hídrico; de ahí la importancia de hacer un seguimiento a través de indicadores de cumplimiento que permitan recopilar información, tanto de las empresas como de las autoridades ambientales, con relación a su gestión. En este artículo se analiza la aplicación de la Ley 373 de 1997, en lo que se refiere al seguimiento de los PUEAA, en el Departamento de Nariño, durante el periodo 2015 a 2018. Para el desarrollo de esta investigación se realizó un inventario de los términos de referencia municipales de los proyectos formulados y ejecutados por las empresas de servicios públicos de agua (ESP). Se aplicaron indicadores de eficiencia y efectividad y se evaluaron los resultados con una matriz de cumplimiento. Los resultados mostraron que la línea estratégica de reducción de pérdidas presenta las deficiencias más significativas en la formulación y seguimiento de los PUEAA en el departamento (0% de cumplimiento). Mientras que la línea estratégica de educación y sensibilización ambiental para uso eficiente del agua presentó mejores resultados en sus indicadores (cumplimiento mayor al 50%). Dentro de las conclusiones se tiene que, los bajos niveles observados en los indicadores están relacionados con la pérdida y falta de organización en la información de los expedientes de los PUEAA, tanto por la autoridad ambiental como por los usuarios (ESP), debido a la falta de conocimiento de los términos y exigencias de la Ley 373 de 1997.

Abstract

The rational use of water resources has been established as a global goal within the sustainable development goals (SDGs), offering numerous advantages to different stakeholders engaged in the comprehensive management of water resources. Water-use efficiency and conservation programs (PUEAAs, for their Spanish acronym) encompass a range of activities and objectives aimed at fostering the sustainability of water resources. Consequently, monitoring these programs through compliance indicators is of paramount importance, allowing data collection from companies and environmental authorities concerning their administration. This paper examines the implementation of the Law 373 of 1997, specifically focusing on the oversight of the PUEAA at the Department of Nariño from 2015 to 2018. For this purpose, an inventory of municipal terms of reference was compiled for projects developed and executed by water utility companies (ESPs, for their Spanish acronym). In addition, efficiency and effectiveness indicators were employed, and the indicators outcomes were assessed using a compliance matrix. The results indicated that the strategic initiative to reduce losses exhibited the most notable shortcomings in terms of the formulation and oversight of PUEAA within the department (0% compliance). Conversely, another strategic approach to educate and develop environmental awareness regarding the efficient use of water showcased more favorable outcomes in terms of its indicators (compliance exceeding 50%). In conclusion, it is evident that the deficient levels in the indicators stem from the mismanagement and disorganization of PUEAA records, on the part of the environmental authority and users (ESP). This deficiency is attributed to a lack of familiarity with the terms and stipulations outlined in the Law 373 of 1997.

Palabras clave: conservación de Recursos Hídricos, Efectividad, Eficiencia, Indicadores, Uso del Agua.

Keywords: water Resource Conservation, Effectiveness, Efficiency, Indicators, Water Use

¿Cómo citar?

Chicaiza-Maya, L.S., Ortega-Guerrero, P.A., Blanco-Londoño, S.A., Mañunga, T. Assessing Water-Use Efficiency and Conservation Programs in the Department of Nariño, Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 2024, 26(1); e-22213140.

<https://doi.org/10.25100/iyv.26i1.13140>

Recibido: 15-08-23

Aceptado: 16-02-24

Correspondencia:

sergio.blanco@esmic.edu.co

Este trabajo está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-No Comercial-CompartirIgual4.0.



Conflicto de intereses: ninguno declarado



¿Por qué se llevó a cabo?

La investigación se realizó debido al desconocimiento sobre el grado de cumplimiento de los Programas de eficiencia y conservación del uso del agua (PUEAA). Estos programas son instrumentos de gestión del agua que garantizan la sostenibilidad del recurso hídrico. Por lo tanto, conocer el grado de cumplimiento permite identificar áreas que requieren ajustes o mejoras en el programa.

¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Se identificaron deficiencias en la formulación, aprobación y seguimiento del PUEAA. Los actores involucrados, como empresas sanitarias y autoridad ambiental, desconocen los términos establecidos en la normativa colombiana vigente, como la Ley 373/1997, el Decreto 1090/2018 y la Resolución 1257/2018, relacionados con el PUEAA. Además, se encontraron mecanismos insuficientes para realizar un seguimiento adecuado de las actividades contempladas en el PUEAA aprobado por la autoridad ambiental. Las deficiencias más significativas en la formulación y seguimiento del PUEAA se observaron en las actividades relacionadas con la reducción de pérdidas. Se destaca que la línea estratégica de educación y conciencia ambiental para el uso eficiente del agua mostró un cumplimiento superior al 50% en todos sus indicadores, siendo esta la de mejor desempeño en la formulación, aprobación y seguimiento del PUEAA.

¿Qué aportan estos resultados?

Estos resultados permiten identificar áreas de mejora en la formulación, aprobación y seguimiento del PUEAA. En primer lugar, se sugiere la creación de una ficha técnica con instrucciones precisas para los dos actores principales involucrados en el proceso. En segundo lugar, se plantea la necesidad de descentralizar el seguimiento de las actividades e involucrar a los centros ambientales en esta función. En tercer lugar, se sugiere crear un observatorio del PUEAA que facilite el seguimiento y recolección de información. Finalmente, se recomienda promover la certificación voluntaria de las empresas de servicios de agua en la norma ISO 46001:2019.

Graphical Abstract



Introducción

Uno de los llamamientos globales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) es la racionalización del uso de los recursos hídricos, plasmado a través del ODS 6 y 12, los cuales tienen como propósito “Garantizar el acceso al agua y el saneamiento para todos” y “Garantizar patrones de consumo y producción sostenibles”, respectivamente (1). Tradicionalmente, las mayores demandas de agua a nivel mundial se destinan para usos agrícolas, domésticos/urbanos, industriales y energéticos (2), por lo que el llamamiento es también a utilizar el agua de manera eficiente en estos sectores de la economía, como estrategia para hacerle frente a la escasez del agua que afecta a más del 40% de la población mundial (3, 4).

Desde la celebración de la Cumbre de la Tierra, en el año 1992 en Río de Janeiro, se ha promovido el concepto del uso eficiente del agua como “cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua”. A nivel global, el uso eficiente del agua tiene múltiples beneficios, incluyendo la conservación de los recursos hídricos, la protección de la vida silvestre y los ecosistemas acuáticos, la reducción de la contaminación, la seguridad hídrica, el ahorro de recursos, los beneficios económicos, la mejora de la salud pública y la eficiencia en el uso del agua y energía (5, 6).

Puntualmente, el uso eficiente del agua representa beneficios en el ahorro para las Empresas de Servicios Públicos de agua (ESP), debido a que reduce la necesidad del desarrollo y construcción de nueva infraestructura, disminución en pérdidas comerciales, disminución de costos operativos, manejo de sequías y corte del suministro. En cuanto a los usuarios, el beneficio más significativo se refleja en el ahorro de dinero por pago en el consumo de agua y por el servicio de alcantarillado. Entre los beneficios ambientales, se encuentra la disminución de la presión en la demanda del recurso y la disminución en las descargas de aguas residuales a las fuentes hídricas receptoras (7).

En todo el mundo existen algunas normas que fomentan el uso eficiente y ahorro del agua, siendo la mayoría voluntarias. No obstante, como se muestra en la Tabla 1, actualmente existe un interés principalmente en países desarrollados en certificar a las empresas en eficiencia hídrica. Este interés coincide con los esfuerzos recientes realizados por la Organización Internacional de Normalización (ISO) en el desarrollo de normas de gestión eficiente del agua en empresas ISO 46001:2019 y aparatos sanitarios ISO 31600:2022 respectivamente (8, 9). Se espera que las nuevas normas internacionales promuevan y mejoren la eficiencia en el uso y ahorro del agua en todo el mundo y faciliten a más países la implementación de programas de certificación en gestión eficiente del agua (10).

Tabla 1 Normatividad y programas de certificación en gestión eficiente del agua de países desarrollados

País	Normatividad	Programa de certificación	Fuente
Australia	Water Efficiency Labelling and Standards Act 2005	Water Rating - www.waterrating.gov.au	(11)
Estados Unidos	Water Efficiency, Conservation and Sustainability Act of 2023	WaterSense -www.epa.gov/watersense	(12)
Singapur	Public Utilities (Water Supply) Regulations 2004	Water Efficiency Labelling Scheme - info.pub.gov.sg/wels	(13)
Unión Europea	Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea	Unified Water Label - uwla.eu	(14)

A nivel nacional, la administración del recurso hídrico es competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), a través de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Entre los instrumentos para esta función, está el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico el cual orienta las concesiones de agua, reglamenta el uso de las aguas y los Programas de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) (15). Por lo tanto, un PUEAA es un instrumento para optimizar, incentivar, controlar y regular el uso del recurso hídrico, que debe ser elaborado, presentado y adoptado

por el usuario que solicita o es titular de una concesión de agua. A nivel de los municipios la responsabilidad recae sobre las ESP. En cualquier caso, su propósito es priorizar acciones para el uso eficiente y ahorro del agua, en beneficio de la sociedad, el ambiente y la economía (15). De igual forma, el MADS establece que la aprobación, implementación y ejecución de los PUEAA es responsabilidad de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) en coordinación con otras autoridades ambientales (15, 16).

Por otro lado, el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) reveló que, en el año 2016, solo el 32% de las CAR hicieron un reporte con relación a los PUEAA. En cambio, en los años 2018 y 2021 la cifra aumentó a 68% y 74%, respectivamente (17, 18). Sin embargo, el reporte no implica aprobación del documento, ya que la información puede referirse a los PUEAA solo formulados y/o revisados. En el periodo 2012 a 2013, se presentaron un total de 2,551 PUEAA, 876 en revisión y 1,143 aprobados; en esa misma vigencia, el 41.3% de los aprobados corresponden al sector de acueducto y alcantarillado, en tanto que el sector agropecuario corresponde a un 36% (19).

En el caso del Departamento de Nariño, que está conformado por 64 municipios, en la vigencia 2015 a 2018, solo 15 ESP dieron respuesta a la autoridad ambiental con relación a la formulación del PUEAA. Finalizado el periodo, no hubo renovación de los mismos y para el año 2020 ninguno contaba con un PUEAA aprobado. Estas cifras, pueden ser indicio de que, a nivel nacional, en el sector de acueducto y alcantarillado hay deficiencias en la aplicación de la Ley 373 de 1997 y la gestión del recurso hídrico. Gómez-Rendón (20) atribuye las diferencias en las cifras de la gestión del recurso hídrico al tamaño de los acueductos, la infraestructura, la medición y la gestión de las pérdidas entre otros. Considerando que los indicadores de cumplimiento son medidas o métricas que desempeñan un papel crucial en el proceso de planificación y seguimiento de metas y objetivos (21), en el caso de la Ley 373 de 1997, respecto a los PUEAA, los indicadores de cumplimiento pueden ser vistos como herramientas o medios para que las CAR y otras autoridades ambientales supervisen, tal como lo establece el Decreto 1090 de 2018, el seguimiento a los PUEAA y las acciones que realizan las ESP y administraciones municipales con relación a la aplicación de la ley.

Dentro de los indicadores de cumplimiento, la eficiencia y la efectividad, permiten con menor cantidad de recursos económicos y físicos verificar el grado de cumplimiento de objetivos en proyectos que se programan y ejecutan de manera correcta (22). Por su parte, la eficiencia se centra en el aprovechamiento de recursos, se estima como la relación recursos/resultados bajo condiciones reales y se evalúa a partir de comparaciones (23, 24). Mientras que, la efectividad se refiere al grado de aproximación al objetivo propuesto, se estima como la relación objetivos/resultados bajo condiciones reales (22–24). Bouza-Suarez (24) establece que cuando se llevan a la práctica acciones para lograr un propósito, que previamente se alcanzó bajo condiciones ideales y éste se consigue bajo condiciones reales, se puede establecer que los recursos puestos en función para ese fueron efectivos.

Por lo anterior, en este estudio se analizó el grado de cumplimiento de los PUEAA en las áreas urbanas del Departamento de Nariño, durante el periodo 2015 a 2018. Para este fin, se adaptaron y aplicaron indicadores de eficiencia y efectividad en las tres dimensiones o líneas estratégicas que establece Ley 373 de 1997 (16): (i) *Reducción de pérdidas y uso eficiente del agua*, (ii) *Conservación* y (iii) *Educación y sensibilización ambiental*. Así mismo, a partir de los resultados obtenidos se enunciaron propuestas o mecanismos de gestión para mejorar el seguimiento a los PUEAA en el Departamento de Nariño.

Metodología

El planteamiento metodológico del estudio presentado es descriptivo, longitudinal, retrospectivo y observacional, el cual de acuerdo con Hernández-Sampieri *et al.* (25) corresponde con un estudio denominado “revisión de casos”. Para el desarrollo del estudio, se seleccionó inicialmente una muestra aleatoria y representativa, correspondiente a veintiún cascos urbanos del Departamento de Nariño, presentados en el periodo comprendido entre el año 2015 y 2018, de estos se tomó como muestra útil doce cascos urbanos correspondientes a los once que tenían el PUEAA aprobado y uno que estaba en revisión por la autoridad ambiental. Nariño tiene en total 64 cabeceras municipales, por lo que la muestra seleccionada representa el 19% del total de la población. En la Tabla 2 se presenta el nombre del Municipio (cabecera municipal), la ESP y el estado del PUEAA.

Tabla 2 Identificación de la muestra de estudio

No.	Municipio	Nombre de la ESP	Estado del PUEAA
1	Aldana	E.S.P. COOPSERPAL	Aprobado
2	Ancuyá	E.S.P.D. A.A.A. S.A.S. del Municipio de Ancuyá	Aprobado
3	Arboleda	E.S.P AGUAS DEL ROBLE S.A.S.	Aprobado
4	Barbacoas	EMBARBACOAS A.A.A. S.A.S E.S.P	Aprobado
5	Buesaco	E.S.P Administración Pública Cooperativa de Servicios Públicos Domiciliarios de Buesaco	Aprobado
6	Córdoba	E.S.P COOPSER San Francisco	Aprobado
7	C u a s p u d Carlosama	E.S.P EMPOCARLOSAMA S.A.S.	Aprobado
8	Cumbitara	E.S.P DE CUMBITARA	Aprobado
9	El Contadero	E.S.P COOPSERCONT	Aprobado
10	San José de Albán	E.S.P de Albán - EMPOALBAN	Aprobado
11	San Pedro de Cartago	E.S.P de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de San Pedro de Cartago	Aprobado
12	Consaca	E.S.P Administración Pública Cooperativa de Servicios Públicos Galeras - COOPSERGALERAS LTDA	En trámite – Tiene PUEAA
13	Belén	Empresa de Servicios Públicos de Belén - EMPOBELEN E.S.P.	En trámite de renovación
14	Leiva	Empresa de Servicios Públicos de Leiva ESP SAS	En trámite de renovación
15	El Charco	Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto Alcantarillado y Aseo del Municipio de El Charco	No tiene
16	F r a n c i s c o Pizarro	No tiene ESP	No tiene
17	La Tola	No tiene ESP	No tiene
18	Magui Payan	Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo ESP del Municipio de Magui Payan SAS	No tiene
19	Olaya Herrera	Empresa para la Prestación de los Servicios Públicos de Acueducto Alcantarillado y Aseo del Municipio de Olaya Herrera SAS	No tiene
20	Policarpa	Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Policarpa ESP SAS	No tiene
21	Santa Bárbara - Iscuandé	No tiene ESP	No tiene

El estudio se desarrolló en cuatro fases. Primero, se construyó un inventario con los términos de referencia municipales de los PUEAA seleccionados, de esos documentos se extrajo la información general del municipio, diagnóstico, objetivos, plan de acción (*proyectos de mejoramiento de infraestructura, disminución de pérdidas de agua, conservación de los recursos naturales, compra de predios, así como proyectos de educación de operarios y usuarios del agua*). Posteriormente, se identificaron las dificultades en la aplicación de la Ley 373 de 1997, para ello se aplicaron los indicadores para cada línea estratégica que se presentan en la Tabla 3 a los proyectos presentados por las ESP evaluadas, teniendo en cuenta las actividades programadas, ejecutadas por parte del usuario y el seguimiento que se le realizó por parte de la autoridad ambiental. A continuación, se analizaron e interpretaron los indicadores por medio de una matriz de cumplimiento con la siguiente calificación: Cumple,

cumple parcialmente y no cumple. Finalmente, se formularon recomendaciones encaminadas a mejorar la aplicación de la ley con base a las debilidades encontradas.

Tabla 3 Ficha de indicadores de reducción de pérdidas y uso eficiente del agua

LE	Indicador (I)	Descripción	Fórmula	Tipo de indicador	
	1.1	Producción y facturación	Volumen de agua captada en la fuente entre el volumen de agua facturada por la autoridad ambiental.	$m^3 \text{ producidos} / m^3 \text{ facturados}$	Eficiencia
1	1.2	Producción y Consumo	Volumen de agua producida entre el volumen de agua consumida.	$m^3 \text{ producidos en el sistema de tratamiento de acueducto} / m^3 \text{ consumidos por la población}$	Efectividad
	1.3	Reducción de pérdidas	Reducción de pérdida de agua en el sistema durante la vigencia.	$\text{Meta de } m^3 \text{ a reducir anual} / m^3 \text{ reducidos en la vigencia}$	Efectividad
	2.1	Área para Conservación	Hectáreas propuestas entre el avance de las hectáreas ejecutadas para hacer la conservación.	$N^\circ \text{ de ha de conservación} / N^\circ \text{ de ha propuestas}$	Efectividad
2	2.2	Área para Reforestación y/o Restauración	Hectáreas propuestas entre el avance de las hectáreas ejecutadas para hacer la reforestación y/o restauración.	$N^\circ \text{ de ha de Reforestación y/o Restauración} / N^\circ \text{ de ha propuestas}$	Efectividad
	2.3	Procesos para pago por servicios ambientales (PSA)	Cantidad de incentivos en dinero o en especie, que las entidades territoriales otorgaron a los propietarios y poseedores regulares de predios ubicados en las áreas de importancia estratégica.	$N^\circ \text{ Procesos PSA} / N^\circ \text{ de procesos propuestos}$	Eficiencia
	3.1	Formación en el Manejo del Agua con Instituciones Educativas	Cantidad de procesos integrados con modelo pedagógico, donde las variables pensar, aprender y actuar, generan cultura ambiental.	$N^\circ \text{ de procesos en instituciones educativas ejecutados} / N^\circ \text{ de procesos en instituciones educativas propuestos}$	Efectividad
3	3.2	Formación en el Manejo del Agua con Organizaciones de Base	Cantidad de procesos integrados planificados a corto, mediano y largo plazo, dirigidos a organizaciones de base y que redunden en el manejo y uso adecuado del agua.	$N^\circ \text{ de procesos en organizaciones base ejecutados} / N^\circ \text{ de procesos en organizaciones base propuestos}$	Efectividad
	3.3	Formación en el Manejo del Agua con Autoridades Locales	Cantidad de procesos de interacción entre la ESP y las autoridades locales, planificados a corto, mediano y largo plazo, dirigidos a autoridades locales y que redunden en el manejo y uso adecuado del agua.	$N^\circ \text{ de procesos para autoridades locales ejecutados} / N^\circ \text{ de procesos para autoridades locales propuestos}$	Efectividad

A nivel nacional, la Ley 373 de 1997 propone nueve indicadores, tres por cada Línea Estratégicas (LE) que dan respuesta a la eficiencia y efectividad. A continuación, se describen los indicadores que fueron adaptados para (i) LE 1: Reducción de pérdidas y uso eficiente del agua, (ii) LE 2: Conservación del recurso hídrico y (iii) LE 3: Educación y sensibilización ambiental para uso eficiente del agua.

Para la LE 1, los indicadores adaptados están orientados a medir la reducción de pérdidas en el sistema de acueducto. En ese sentido, es la medición de caudal, realizada a través de macro y micro medidores la que permite determinar los logros de esa línea. Con relación a LE 2, los indicadores fueron adaptados para determinar el proceso de recuperación, protección y conservación del recurso hídrico, a partir del área propuesta para reforestación y/o restauración y procesos para Pago por Servicios Ambientales (PSA) asociados al recurso hídrico. Finalmente, se adaptaron indicadores para la LE 3 tomando en consideración lo estipulado en artículo 12 de Ley 373 de 1997 (16), así como la recomendación del Ministerio de Educación Nacional (MEN) (26) con relación a que, en las estrategias para la educación efectiva se deben integrar instituciones educativas y

organizaciones de base, complementando con las autoridades locales para hacer más efectiva y selectiva las campañas de educación.

Resultados y discusión

LE 1. Reducción de pérdidas y uso eficiente del agua

En la Figura 1 se ilustra el nivel de cumplimiento de los indicadores relacionados con la LE 1, el resultado general es que no hubo cumplimiento en ninguno de los tres indicadores (I#1.1, I#1.2 e I#1.3). La razón, es que en siete de los PUEAA, aprobados por la autoridad ambiental, no estaba programada la instalación de macro y micro medidores, y en cinco, aunque estaba establecida como una actividad dentro del programa, ésta no se llevó a cabo en la vigencia analizada o, en su defecto, el aparato de medición del consumo de agua no estaba en funcionamiento. Es así como a partir de la ausencia de registros de caudal producido y consumido se concluye que el 100% de los municipios evaluados no cumplieron con los tres indicadores adaptados para la LE 1.

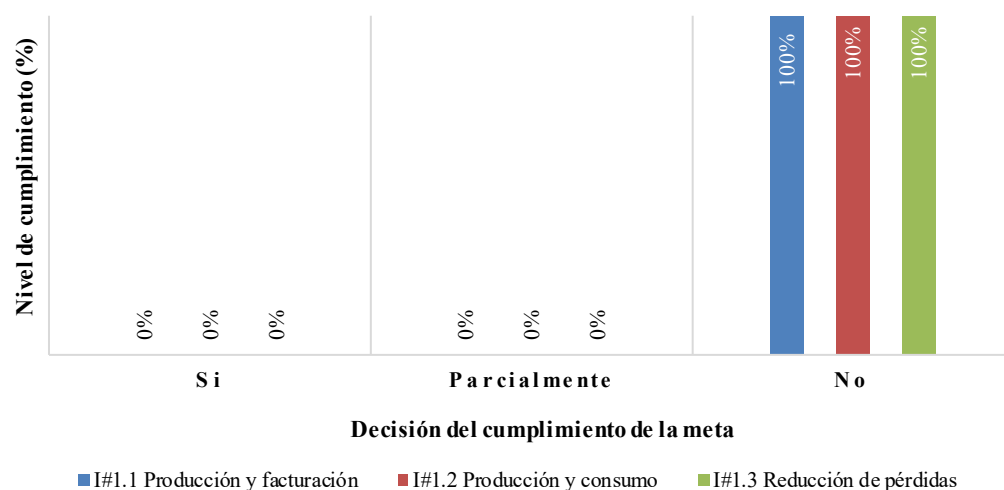


Figura 1 Indicadores relacionados con la reducción de pérdidas y uso eficiente del agua

Desde la perspectiva de la gestión del recurso hídrico, la macro y micro medición son elementos básicos indispensables para mantener un control eficiente y eficaz en los sistemas de distribución de agua, de ellos depende la implementación de sistemas de facturación, recaudo, catastro de redes y usuarios, cada vez más eficientes (27). En este sentido, Salazar-Adams y Lutz-Ley (28) asocian positivamente la micro medición con la eficiencia física (indicador de pérdidas de agua) de una ESP, es decir que la implementación de instrumentos de medición está vinculada a una gestión más eficiente de los recursos hídricos. En el caso de Nariño, la ausencia de estos instrumentos, incluso desde la formulación del PUEAA, es una señal inequívoca de las deficiencias en la gestión del recurso hídrico.

También, Reyes-Mata *et al.* (27) afirman que el porcentaje de recaudación y el ingreso promedio por metro cúbico es menor en localidades sin micro medición, por lo que, la falta de medición del consumo de agua en las cabeceras municipales de Nariño puede ser un indicio de ineficiencia comercial de las ESP. Respecto a lo anterior, Alfaro-Herrera (29) sugieren que en este tipo de situaciones en las que no hay medición del consumo de agua, las ESP que se rigen por esta línea estratégica no pueden realizar el cobro tarifario por el servicio de agua, lo que puede conllevar a un desbalance económico en la administración de los acueductos.

En este contexto, la deficiencia o ausencia de registro en el consumo de agua puede estar asociada al poco acceso y disponibilidad a recursos tecnológicos, económicos y administrativos de las ESP de agua en el departamento, lo cual como lo menciona Correa-Restrepo (30) es común en pequeñas localidades (menos de 12.000 habitantes) y/o zonas rurales del país. Con relación a lo anterior, en países como Cuba, Brasil y Bolivia consideran la medición de tipo proporcional como

una opción viable y de bajo costo para el monitoreo de los volúmenes de agua utilizados en los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua (31–33).

De acuerdo con Fuentes-Barrera et al. (34), el costo de un prototipo de medición de agua tipo proporcional es 2.5 veces más bajo que un macromedidor mecánico. Incluso, León-Méndez et al. (33) establecen que es posible la introducción de un determinado nivel de automatización en caudalímetros proporcionales para mejorar tanto la eficiencia como la calidad del servicio que se brinda. Por lo tanto, estos instrumentos pueden representar una alternativa tecnológica confiable y competitiva frente a otros sistemas de medición, para resolver el problema de registros de consumo de caudal en los acueductos del departamento y obtener un verdadero panorama de las cifras del nivel de uso o pérdidas de agua.

LE 2. Conservación

En cuanto a la LE 2, se aplicó el indicador I#2.1 a nueve de los doce municipios, lo cuales representaban el 75% de la muestra, el resultado fue un cumplimiento parcial. Mientras que para los tres municipios restantes, es decir, el 25%, el resultado fue no cumplimiento del indicador, como se ilustra en la Figura 2. Por su parte, el I#2.2 pudo aplicarse a siete municipios y de ellos, solo tres aprobados por la autoridad ambiental, tenían programadas actividades relacionadas con conservación o reforestación. Los resultados del indicador muestran solo un 58.3% en cumplimiento parcial y 41.7% en incumplimiento, tal como se indica en la Figura 2. Por otro lado, ninguno de los doce PUEAA registró información relacionada con el PSA, por lo tanto, no se pudo verificar el I#2.3.

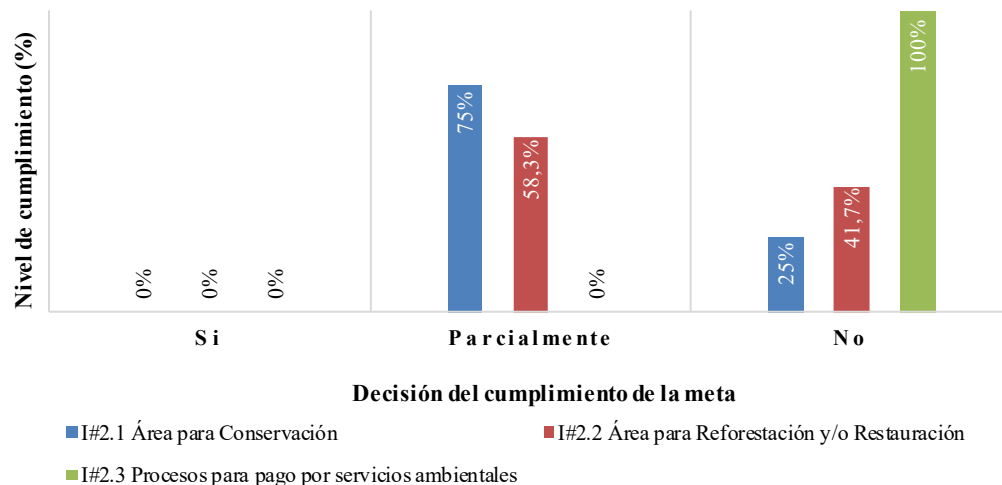


Figura 2 Indicadores relacionados con la conservación del recurso hídrico

Los resultados enunciados podrían asociarse con alguna debilidad en la gestión de la información, debido a que la autoridad ambiental presenta en su informe de gestión institucional, cifras positivas relacionadas con iniciativas desarrolladas en el Departamento de Nariño en beneficio de la conservación de la biodiversidad, sus servicios ecosistémicos y el ambiente (35). Por lo que se puede sugerir que algunos de los logros no se visualizaron a través de los expedientes PUEAA revisados.

Por otro lado, el cumplimiento parcial de los indicadores de conservación puede traducirse en una mayor presión sobre los ecosistemas reguladores hídricos (15). En una región de vocación agrícola como el Departamento de Nariño, la demanda de agua para diferentes actividades puede generar la sobreutilización del suelo y por ende la pérdida de coberturas vegetales y el desequilibrio o disminución en la oferta hídrica (36,37). Sin embargo, esto se puede prevenir desde los PUEAA, considerando actividades como la adquisición de terrenos con importancia hídrica para actividades de conservación.

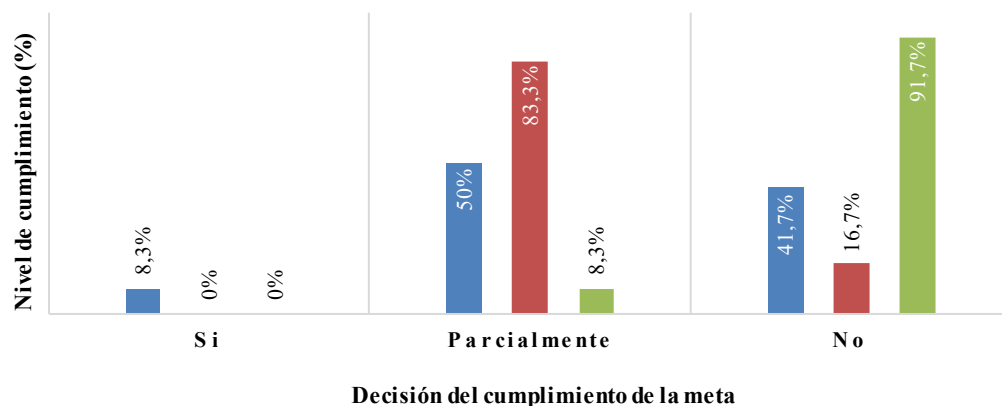
Con relación a lo anterior, Gentes y Madriga (38) establecen que la adquisición de predios mediante las Servidumbres Ecológicas (SE) es un instrumento recomendable, en términos de control y garantías sobre el recurso hídrico, pero coinciden con Retamal et al. (39) al afirmar que es una opción muy costosa. Las SE son un mecanismo legal en donde el propietario de un terreno se compromete, de modo voluntario, a conservar los bosques existentes en el predio. En América Latina, las SE son una herramienta de conservación, ampliamente usada que se basa en el PSA (40).

Otro mecanismo aplicable para fomentar las acciones en beneficio de la conservación, reforestación o restauración de cuencas hidrográficas, es el Fondo para Préstamos Ecológicos (FPE), a través del cual las comunidades con intermediación de las ESP acceden a préstamos con 0% de interés con el propósito de que las comunidades puedan invertir en la compra de fincas con importancia hídrica, y por el no pago de intereses, las comunidades son responsables de llevar a cabo la restauración, la protección y el monitoreo de los servicios ambientales provistos por los terrenos comprados (38). El modelo de FPE no es exclusivo del sector hídrico, también ha sido incluido con éxito en las políticas de apoyo a la rehabilitación energética de viviendas en Francia y Alemania (41).

Con relación al indicador de procesos para PSA, Puerta-Fernández et al. (42) señalan que la adopción de esta filosofía de protección del medio ambiente se enfrenta a dos principales obstáculos: la limitada demanda por los PSA, y la falta de conocimiento en la relación demanda y voluntad de pago. Lo anterior, podría explicar porque no se tiene en cuenta esta metodología, incluso, desde la formulación de los PUEAA. Martínez-Callejas et al. (37) revelan que, por lo general, la población nariñense comprende la importancia de la conservación del recurso hídrico para el funcionamiento de los sistemas productivos. Por lo tanto, éste es un aspecto que podría ser usado a favor para incentivar uno de los servicios ambientales más conocidos, como la protección a cuencas hidrográficas, en el cual se paga por el uso de la tierra de modo que limiten la deforestación, la erosión del suelo y los riesgos de inundaciones (39, 42).

LE 3. Educación y sensibilización ambiental para uso eficiente del agua

Los resultados de los indicadores establecidos para la LE 3 se presentan en la Figura 3. Con el I#3.1 se encontró que: un municipio que representa el 8.3% cumplió con el indicador propuesto, seis municipios que representan el 50% cumplieron parcialmente y cinco municipios que representan el 41.7% no cumplieron con el indicador. Mientras que para el I#3.2 se determinó que: diez municipios, que representan el 83.3%, cumplen parcialmente y dos municipios, que representan el 16.7%, no cumplen con el indicador. Finalmente, para I#3.3 se encontró que un municipio, que representa el 8.3%, cumple y once municipios, que representan el 91.7%, no cumplen con el indicador.



■ I#3.1 PF con Instituciones Educativas ■ I#3.2 PF con Organizaciones de Base ■ I#3.3 PF con Autoridades Locales

* PF: Procesos de formación en el manejo del agua

Figura 3 Indicadores relacionados con educación y sensibilización ambiental para uso eficiente del agua

A través de la revisión detallada de los expedientes, se observó que los procesos de formación se adelantaron con organizaciones de base o con instituciones educativas, lo que podría ser una garantía de la ampliación del conocimiento y comprensión con respecto a la complejidad y globalidad de los problemas ambientales y, por otro lado, promover actitudes, valores, y comportamientos en los individuos (43). Sin embargo, las jornadas se realizaron por horas o días, desconociendo que la educación ambiental es un proceso permanente con las comunidades, necesario para que desarrollen conductas ambientales y mantengan a largo plazo la motivación y así estén convencidos de la efectividad de su acción hacia la conservación y el cuidado del agua (7). También, se observaron dos casos aislados relacionados con la conformación de clubes del agua.

De acuerdo con Moreira-Segura et al. (44) para alcanzar valores altos de cumplimiento en los indicadores de formación es necesario que las estrategias para un uso más eficiente y racional del agua no solo se limiten a la capacitación en materia tecnológica sino que, también, deben plantearse actividades que conduzcan al incremento de las acciones que se realizan y que éstas, se vinculen a los estilos de vida, por lo que la sensibilización y educación ambiental, deben acompañarse de una labor de pedagogía social continua, de ahí la necesidad de que las jornadas sean estipuladas como procesos permanentes dentro de un PUEAA.

Por su parte, Hernández-Cruz et al. (43), proponen que en los procesos de formación ambiental se haga una formulación para diferentes edades en dos fases: la primera de preparación para definir los sectores de abordaje y, la segunda, de planificación estratégica en donde se definen las metas y el plan de acción a seguir para que exista un aporte a la meta establecida de disminución en el consumo de agua y avance hacia la transformación social. Esta propuesta resulta interesante si se tiene en cuenta la evidencia de que la sociedad nariñense comprende la importancia de la conservación del recurso hídrico (37), por lo que hay un camino allanado en materia de educación ambiental.

Por otro lado, Muñoz-Montilla y Páramo-Bernal (45) afirman que en Colombia no existe una formulación de indicadores que permita evaluar la efectividad o el impacto de las intervenciones y los procesos desarrollados en educación ambiental. Por lo tanto, esa misma deficiencia podría observarse en la educación y sensibilización ambiental para uso eficiente del agua, sumado a las evidencias de las falencias en la gestión documental y flujo de información en el seguimiento a los PUEAA y a las acciones que realizan las ESP y administraciones municipales con relación a la aplicación de la ley.

Propuestas para mejorar el seguimiento a los PUEAA en el Departamento de Nariño
Durante el proceso de documentación y construcción del inventario de los PUEAA, así como durante la aplicación de los indicadores, se identificó que hay vacíos procedimentales relacionados con la interpretación y aplicabilidad de la Ley 373 de 1997, toda vez que la autoridad ambiental, a la cabeza de sus funcionarios, desconocen a cuál entidad o entidades, en el departamento, se les debe exigir el PUEAA. Se observaron inconsistencias en diferentes aspectos, tales como el número de suscriptores, usuarios, unidades de medida, presupuesto, entre otros. También que la ausencia de una base de datos, que refleje la organización de los PUEAA, no permite de forma ágil la identificación del municipio, ESP, fecha de radicación, fecha de actos administrativos de aprobación y concesión de agua, fecha de caducidad, seguimiento en campo (verificación de indicadores de gestión y de impacto), entre otros aspectos.

A partir de las apreciaciones anteriores y así como con los resultados de los indicadores de cumplimiento previamente presentados, se listan a continuación, una serie de propuestas para mejorar el seguimiento a las acciones y la regulación del uso eficiente y ahorro del agua en el Departamento de Nariño.

Ficha técnica

Desarrollar una ficha técnica, la cual le permita a la autoridad ambiental en el Departamento de Nariño, realizar el seguimiento puntual de los PUEAA y brindar a las ESP instrucciones precisas sobre evidencias de ejecución que puede entregar durante las visitas de revisión por parte de la autoridad.

Inclusión de los centros ambientales a la recepción, seguimiento y evaluación de los PUEAA

Fortalecer el equipo técnico de la autoridad ambiental y trasladar algunas funciones a los centros ambientales para que se haga control y seguimiento a la ejecución y cumplimiento de los indicadores. El seguimiento de los PUEAA puede ser desconcentrado, con el fin de delegar esta función a los centros ambientales que tiene la entidad. Esta actividad, puede realizarse en simultáneo con el seguimiento que se hace a las diferentes concesiones de agua que se tramitan desde los centros ambientales, generando una articulación armónica entre la concesión y el manejo del agua.

Observatorio de los PUEAA

Dada la importancia del cumplimiento de las acciones que se plasman en los PUEAA, así como el manejo y control de la información, sería pertinente la creación de un observatorio como un mecanismo que: (i) facilite el seguimiento a las acciones que realizan las ESP y administraciones municipales y (ii) recopile la información proveniente de los diferentes actores involucrados con el uso eficiente y ahorro del agua en el territorio. También para hacer público el estado y la evolución de los indicadores de eficiencia y efectividad, como los presentados previamente u otros que se consideren pertinentes. De esta manera, se evitaría la pérdida de documentos, lo cual mejoraría el control y monitoreo de los avances de los objetivos programados por las ESP.

Base de datos física y digital

Para la organización de la documentación de los PUEAA presentados por los usuarios del agua, se recomienda construir una base de datos tanto física como digital, que permita el acceso fácil y seguro a la información para hacer la evaluación y seguimiento a los programas. Esto permitirá también a la autoridad ambiental contar con un mejoramiento continuo y de respuesta inmediata para los usuarios del agua. El uso y aplicación de la plataforma digital la pueden realizar los diferentes centros ambientales junto con la sede central, pero la recolección de expedientes físicos se haría en la sede principal de la autoridad ambiental departamental.

Certificación en la norma ISO 46001:2019

Si bien la norma ISO 46001:2019 de gestión eficiente del agua en empresas es voluntaria, en el Departamento de Nariño y en general en Colombia se recomienda estimular el fomento de la certificación de empresas en esta normativa debido a los beneficios ambientales que brinda en la sostenibilidad de los recursos hídricos. Una forma de estimular su implementación podría ser mediante la actualización de la Ley 373 de 1997 brindando estímulos económicos a las empresas que voluntariamente deseen certificarse.

Conclusiones

La sostenibilidad de los ecosistemas y las necesidades básicas del ser humano pueden protegerse en la medida que se actúe conforme los establecen las leyes y normas. Para lo cual, en el caso del uso y ahorro eficiente del agua, es importante que las autoridades ambientales y las ESP trabajen de forma articulada.

La aplicación de indicadores para los modelos de gestión, en el caso de los PUEAA, permitió obtener un conocimiento sobre su pertinencia y grado de influencia sobre la gestión del recurso hídrico, lo cual puede ser útil para las entidades públicas y tomadores de decisiones en temas de regulación del uso del agua.

A través de los indicadores de eficiencia y efectividad se determinó que la ausencia de mecanismos para el registro del volumen de agua producida y consumida en los sistemas de acueducto tiene una influencia determinante en el bajo o nulo cumplimiento de la línea estratégica de reducción de pérdidas, y que ésta línea estratégica es una de las deficiencias más significativas en la formulación y seguimiento de los PUEAA en el Departamento de Nariño. También, que la línea estratégica de conservación puede mejorarse incentivando el mecanismo de programas de PSA, los cuales pueden ser más económicos que la compra de predios de importancia hídrica para actividades reforestación o restauración. Con relación a la línea de educación, aunque los indicadores presentaron un mejor desempeño, para lograr su cumplimiento y tener un efecto a largo plazo, es importante que en los PUEAA se estipule que las acciones en esta línea sean de forma permanente en toda la vigencia.

Los bajos niveles observados en los indicadores están relacionados con la pérdida y falta de organización en la información de los expedientes de los PUEAA, tanto por la autoridad ambiental como por los usuarios (ESP) y desconocimiento en sí mismo, de los términos y exigencias de la Ley 373 de 1997.

En el artículo se presentan una serie de propuestas para mejorar el seguimiento al cumplimiento de los lineamientos nacionales para la regulación del uso eficiente y ahorro del agua en el Departamento de Nariño, como son una ficha técnica, la inclusión de centros ambientales, el observatorio de los PUEAA, una base de datos física y digital, así como la certificación de empresas en la norma ISO 46001:2019.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional de Nariño (Corponariño) por facilitar el acceso a los expedientes revisados durante el desarrollo de la investigación.

Referencias bibliográficas

1. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
2. Boretti A, Rosa L. Reassessing the projections of the World Water Development Report. NPJ Clean Water [Internet]. 2019 [citado el 9 de julio de 2023];2(1):1–15. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
3. UN. United Nations. 2015 [citado el 5 de julio de 2023]. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Disponible en: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>
4. Galimulina F, Zaraychenko I, Farrakhova A, Misbakhova C. Rationalization of water supply management in industry within the framework of the concept of sustainable development. En: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Institute of Physics Publishing; 2020.
5. Duarte R, Pinilla V, Serrano A. The water footprint of the Spanish agricultural sector: 1860-2010. Ecological Economics [Internet]. 2014 [citado el 9 de julio de 2023];108:200–7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800914003310?via%3Dihub>
6. Ashoori N, Dzombak DA, Small MJ. Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets. J Hydrol (Amst). 2017;555:547–56.
7. Manco-Silva D, Guerrero-Eraza J, Ocampo- Cruz A. Eficiencia en el consumo de agua de uso residencial. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [Internet]. 2012 [citado el 11 de agosto de 2023];11(21):23–38. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000200003
8. ISO. ISO 31600:2022 Water efficiency labelling programmes - Requirements with guidance for implementation. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization; 2022.
9. ISO. ISO 46001:2019 Water efficiency management systems - Requirements with guidance for use. Ginebra, Suiza, Suiza: International Organization for Standardization; 2019.
10. Fane S, Grossman C, Schlunke A. Australia's water efficiency labelling and standards scheme: summary of an environmental and economic evaluation. Water Supply [Internet]. el 1 de febrero de 2020;20(1):1–12. Disponible en: <https://iwaponline.com/ws/article/20/1/1/69914/Australias-water-efficiency-labelling-and>
11. Office of Parliamentary Counsel. Water Efficiency Labelling and Standards Act 2005 [Internet]. Canberra, Australia; 2005. Disponible en: www.legislation.gov.au

12. United States Congress. Water Efficiency, Conservation and Sustainability Act of 2023 [Internet]. Washington D.C., USA; 2023. Disponible en: <https://www.govinfo.gov/app/details/BILLS-117hr7847ih>
13. Ministry of Sustainability and the Environment. Public Utilities (Water Supply) Regulations 2004 [Internet]. Singapur, Singapur; 2004. Disponible en: <https://sso.agc.gov.sg/SL/PUA2001-RG5?DocDate=20180329&ProvIds=P1IVA-#P1IVA->
14. Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea. Directiva 2000/60/CE: Política de aguas [Internet]. Luxemburgo, Luxemburgo; 2000. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>
15. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Uso Eficiente y Ahorro del Agua - [Internet]. 2023 [citado el 9 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/>
16. Congreso de Colombia. Ley 373 de 1997. Bogotá: Diario Oficial No.43.058; jun 11, 1997.
17. ASOCARS. Asociación de Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible [Internet]. 2023 [citado el 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.asocars.org/quienes-somos/>
18. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Guía para el uso eficiente y ahorro del agua: Una visión colectiva para el uso sostenible y responsable del agua. Colombia: Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico; 2018. 1–92 p.
19. Moreno D, Callejas D. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá; 2014 [citado el 12 de julio de 2023]. p. 1–12 Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Reporte Resúmenes Ejecutivos Autoridades Ambientales, Año 2013. Disponible en: https://archivo.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/Reporte-Autoridades-Ambientales_2013.pdf
20. Gómez-Rendón L. Socialización de resultados Convenio 487 de 2014. MADS - CNPMLTA [Internet]. Bogotá; 2014 [citado el 12 de julio de 2023]. Disponible en: <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-eficiente-y-ahorro-de-agua>
21. Russo A, Guerreiro I, Diaz O. Metodología para el diseño y análisis de indicadores de gestión. XLI AATN, Argentina. 2014;1–22.
22. Monroy-González L, Simbaqueba-Prieto N. La importancia de los indicadores de gestión en las organizaciones colombianas. 2017; Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/>
23. Palomares-Montero D, García-Aracil A, Castro-Martínez E. Evaluación de las instituciones de educación superior: revisión bibliográfica de sistema de indicadores. Revista Española de Documentación Científica. 2008;31:205–29.
24. Bouza-Suárez A. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. Rev Cubana Salud Pública. 2000;26(1):50–6.
25. Hernández-Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista-Lucio M. Metodología de la investigación. Sexta Edición. Vol. 4, México DF: Interamericana Editores. México: McGraw-Hill; 2014. 1–634 p.
26. Ministerio de Educación (MEN). Organización del sistema educativo. Conceptos generales de la educación preescolar, básica y media [Internet]. Vol. Guía No.33. Bogotá; 2009. Disponible en: www.mineducacion.gov.co
27. Reyes-Mata B, Guerrero-Escamilla J. Evaluación de las eficiencias en el abasto del agua en México. Revista Inclusiones [Internet]. 2022 [citado el 11 de agosto de 2023];9 num Esp.:118–41. Disponible en: <https://revistainclusiones.com/carga/wp-content/uploads/2022/03/6-Belinda-et-al-VOL-9-NUM-POL-PUB-MX-ABRILJUNIO2022INCL-1.pdf>

28. Salazar-Adams A, Lutz-Ley A. Factores asociados al desempeño en organismos operadores de agua potable en México. *Región y Sociedad*. 2015;62.
29. Alfaro-Herrera E. Lineamientos para la formulación del programa de uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) en acueductos veredales, estudio de caso Susa - Cundinamarca. 2018.
30. Correa-Restrepo F. Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a las fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales. *Semestre Económico* [Internet]. 2005 [citado el 11 de agosto de 2023];8(16):29–48. Disponible en: <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1097>
31. Salgado-Calero F. Guía para el Fortalecimiento Institucional: Macromedición Proporcional. La Paz, Bolivia; 2017. 2–67 p.
32. Frangipani M. Guia Prático de Macromedição. Programa de Modernização do Setor Saneamento-Pmss. [Internet]. 2005 [citado el 18 de enero de 2024]. Disponible en: https://www.bivica.org/files/5246_Gu%C3%ADa%20Macromedi%C3%B3n%20Proporcional_2017.pdf
33. León-Méndez A, Ramírez-Beltrán J, Stefano E. Flujómetros proporcionales: opciones, alcance y limitaciones. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 2022;XLIII(3):87–106.
34. Fuentes-Barrera G, Guerrero-Eraza J. Water proportional meters used as a tool for integrated water management. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*. 2009;32(2):135–42.
35. CORPONARIÑO. Informe de Gestión Institucional. Vigencia 2021 [Internet]. San Juan de Pasto, Nariño; 2019 jul [citado el 16 de enero de 2024]. Disponible en: <https://corponarino.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Informe-de-Gestion-con-Financiero-Vig-2021-.pdf>
36. Samboni N, Reyes A, Carvajal Y. Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. *Ingeniería y Competitividad*. 2011;13(2):49–60.
37. Martínez-Callejas S, Cruz-Antia D, Quintero-Arias G. Percepción campesina, uso e institucionalidad del recurso hídrico: caso de estudio en la vereda Aguapamba (Nariño-Colombia). *Ambiente y Desarrollo*. 2011;XV(28):71–98.
38. Gentes I, Madriga R. Sostenibilidad para los acueductos comunales en Costa Rica: Desafíos pendientes en la gobernabilidad hídrica. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*. 2010;7.
39. Retamal R, Madrigal R, Alpizar F, Jiménez F. Metodología para valorar la oferta de servicios ecosistémicos asociados al agua de consumo humano, Copán Ruinas, Honduras [Internet]. Vol. 362. Turrialba, Costa Rica: CATIE; 2008. 1–54 p. Disponible en: www.catie.ac.cr
40. Alpizar E. Servidumbres ecológicas Metodología para el seguimiento y verificación de la conservación de propiedades privadas [Internet]. Costa Rica: Centro Científico Tropical; 2000 [citado el 16 de enero de 2024]. 1–10 p. Disponible en: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnack161.pdf
41. García-Madruga C, Molina-Costa P. Policies and tools to promote buildings' energy renovation in France and Germany. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*. 2021;53:277–96.
42. Puerta-Fernández F, Yáñez-Sarmiento M, Medina- Peña R. Los sistemas de pagos por servicios ambientales de los bosques, una necesidad para el desarrollo sostenible. *Universidad y Sociedad* [Internet]. 2018 [citado el 16 de enero de 2024];10(2):209–2016. Disponible en: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
43. Hernández-Cruz O, Fernández-Ramírez M. Aprovechamiento del recurso hídrico en Costa Rica: El caso de los Acueductos Municipales. *Anuario Centro de Investigación y Estudios Políticos*. el 30 de noviembre de 2020;(11):228–54.



44. Moreira-Segura C, Araya-Rodríguez F, Charpentier-Esquivel C. Educación ambiental para la conservación del recurso hídrico a partir del análisis estadístico de sus variables. *Tecnología en Marcha*. 2014;28(3):74–85.
45. Muñoz-Montilla A, Páramo-Bernal P. Monitoreo de los procesos de educación ambiental: propuesta de estructuración de un sistema de indicadores de educación ambiental. *Revista Colombiana de Educación*. 2018;74:81–106.