



VULNERABILIDAD Y RIESGO EN SISTEMAS
DE AGUA POTABLE EN EL CAUCA

**Proyecto “Análisis de vulnerabilidad e
implementación de alertas tempranas para
sistemas de abastecimiento de agua en el
Departamento del Cauca – AQUARISC”
SGR-FCTel Cauca**

Título del Proyecto:
**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS
PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL
CAUCA.**

Entidad Proponente: Gobernación del Cauca como Ejecutor

Formuladores:

Juan Pablo Martínez Idrobo Ph.D (c), Cedula de Ciudadanía: 79.987.629
Entidad: Grupo de Estudios Ambientales (GEA), Cargo: Investigador Asociado –
Becario Doctoral COLCIENCIAS.
Celular: 3164015901, email: juanpabmartinez@gmail.com

Samir Carlos Joaqui Daza Ph.D (c), Cedula de Ciudadanía: 76.321.758
Entidad: CIAgua, Cargo: Gerente Gestión Integral Recurso Hídrico
Celular: 3164922570, email: scjoaqui@gmail.com

Juan Diego Otero Sarmiento Ph.D (c), Cedula de Ciudadanía: 10.304.423
Entidad: Grupo de Estudios Ambientales (GEA), Cargo: Investigador Asociado –
Becario Doctoral COLCIENCIAS.
Celular: 3006125476, email: juandote@gmail.com

Mónica Patricia Valencia Rojas Ph.D (c), Cedula de Ciudadanía: 25.283.616
Entidad: Grupo de Estudios Ambientales (GEA), Cargo: Investigadora Asociada –
Becaria Doctoral COLCIENCIAS.
Celular: 3122384510, email: mpvalenciar@gmail.com

Apolinar Figueroa Casas Ph.D, Cedula de Ciudadanía: 10.535.397
Entidad: CIAgua, Cargo: Director Científico CIAgua.
Celular: 3008003556, email: apolinarfigueroa@gmail.com

Entidades Aliadas: Gobernación del Cauca, EMCASERVICIOS S.A.E.S.P., Grupo de Estudios Ambientales, Grupo de Ingeniería Telemática, Universidad del Cauca, Alcaldía de Patía, Alcaldía de Timbío, Alcaldía de Bolívar, Alcaldía de La Sierra, Alcaldía de Santander de Quilichao, Alcaldía de Mercaderes, Alcaldía de Suarez, Alcaldía de Cajibío y Alcaldía de Popayán, EMQUILICHAO ESP, JAC Clarete Bajo (Popayán), Acueducto de Cajibío, CRC, CINARA y Càtedra UNESCO de Sostenibilitat - Universitat Politècnica de Catalunya (UPC-UNESCO).

Proyectos de inversión: 1. Cofinanciación de Investigación y Desarrollo.



Fase: 3 - Factibilidad; Nivel: Estructurado.

Valor Solicitado a SGR: \$ 7.376.400.000
 Valor de Contrapartida: \$ 874.442.000
 Valor total del proyecto: \$ **8.250.842.000**

Los valores anuales solicitados al SGR son:

	Año 1	Año 2	Año 3
Giro Sistema General de Regalías	\$ 3.144.740.000	\$ 2.299.740.000	\$ 1.931.920.000



1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la variabilidad climática ha afectado directamente la hidroclimatología en Colombia, con el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos globales como el Niño y la Niña (González et al, 2003), ocasionando desastres naturales que afectan las cosechas, el suministro de agua potable, la producción agrícola y de energía eléctrica (Carvajal et al., 2006). Las proyecciones indican que los cambios en la variación de estos fenómenos extremos, afectarán la calidad y cantidad de agua por múltiples causas limitando el funcionamiento e incrementando los costos de operación para los sistemas hídricos (Bates *et al.*, 2008; Vuille *et al.*, 2008).

Las evaluaciones nacionales de los sistemas hídricos que abastecen a la población evidencian una vulnerabilidad alta para mantener la disponibilidad de agua; según estimativos generales para condiciones hidrológicas medias, cerca del 50% de la población urbana municipal está expuesta a problemas de abastecimiento de agua, situación que se hace más crítica en años secos, periodo en el cual este porcentaje llega al 80%. Según el IDEAM (sf), sin medidas de conservación y manejo adecuadas, para el 2015 y 2025 respectivamente el 66% y 69% de los colombianos estaría en riesgo alto de desabastecimiento en condiciones hidrológicas secas. Esta situación sumada a las proyecciones del crecimiento de la población y con ello a la demanda de agua de las diferentes actividades económicas, estiman una posible alteración de la oferta en el caso de no realizar una pertinente gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible (Ojeda y Arias, 2000; Calle *et al.*, 2008; IDEAM, 2010).

Aunque en el suroccidente el recurso hídrico se considera abundante, la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial no es homogénea a nivel regional y local, situación que se presenta en la totalidad de municipios del Cauca. La degradación ambiental, la falta de información para el conocimiento, monitoreo y seguimiento del agua, la variabilidad climática, entre otras, son realidades que condicionan el acceso y disponibilidad del agua para el abastecimiento, la productividad y el desarrollo, en este sentido la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. (AAPSA) ha identificado que esta situación afecta las cuencas hidrográficas del municipio de Popayán, especialmente aquellas que abastecen la ciudad (ríos Piedras, Molino, Pisojé y Palacé), según estudios del IDEAM (Saavedra, 2008) la variabilidad climática en esta región se ha manifestado con la incidencia del Fenómeno del Niño, generando desde 1971 al 2008, diez eventos de sequía en Popayán y seis en Puracé, con cambios sobre los promedios de temperatura, precipitación, vientos y granizadas; a su vez, los datos puntuales que ofrece la estación del aeropuerto de la ciudad de Popayán demuestran el alto grado de variabilidad de la precipitación, presentándose en cortos espacios, áreas en las cuales la lluvia está presente y otras en las que no hay precipitación. Dichas variaciones condicionan la disponibilidad de materia prima para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Popayán (CRC, 2006).

El programa se desarrollará a través de tres proyectos asociados, los cuales están constituidos como paquetes de trabajo (Work Package - WP) en esta iniciativa de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y apropiación. En este sentido cada paquete genera un conjunto de servicios y productos de conocimiento orientados a la consolidación de Sistemas de abastecimiento de agua ecoinnovadores en el Departamento del Cauca, con énfasis en las zonas rurales, así: i) el WP1 generará un Análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de sistemas de abastecimiento hídrico en el departamento del Cauca para la gestión



integral del agua y el riesgo, el *ii*) WP2 trabajará en la implementación de servicios tecnológicos en sistemas de abastecimiento de agua consolidando mecanismos de alertas tempranas priorizando aspectos de calidad y cantidad hídrica, y el *iii*) WP3 consolidará una red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable para generar procesos de cogestión, transferencia y apropiación social. Lo anterior con la finalidad de fortalecer los mecanismos y herramientas relacionados con la toma de decisiones para la adaptación a la variabilidad y al cambio climático en sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, centrándose en zonas rurales del Departamento del Cauca. De igual forma, se tendrán actividades transversales relacionadas con la *iv*) Formación avanzada de talento humano en investigación, innovación y el desarrollo tecnológico para lograr un uso eficiente del agua y la *v*) apropiación institucional y social de los servicios y productos tecnológicos asociados al programa liderado por CIAgua.

Se pueden relacionar entre otros resultados esperados:

- A. El diseño e implementación de un sistema de monitoreo que considera desarrollos tecnológicos (red de estaciones, instrumentación con microsensores, sistemas de información, transmisión en tiempo cercano al real) y de procedimientos (protocolos de operación - potabilización, calidad de agua, entre otras)¹.
- B. Análisis de Vulnerabilidad y gestión del Riesgo para sistemas de abastecimiento de agua considerando la oferta hídrica y la demanda para consumo humano.
- C. Planes de gestión integral del agua considerando estrategias de adaptación y gestión del riesgo en las cuencas abastecedoras asociadas a los sistemas de abastecimiento.
- D. Acceso a la plataforma de gestión de información del agua en línea.
- E. Desarrollo e implementación piloto de prototipo tecnológico para la optimización de sistemas de potabilización.
- F. Estrategia de apropiación social y transferencia tecnológica soportada en procesos de educación ambiental con participación de las comunidades fortaleciendo la relación entre actores¹.
- G. Formación de talento humano de alto nivel en gestión integral del agua, desarrollo de productos y servicios tecnológicos asociados.

¹ Paquetes tecnológicos transferibles que incorporan resultados de actividades de investigación que en los últimos diez años han sido desarrollados por los grupos de investigación en Estudios Ambientales (GEA) e Ingeniería Telemática (GIT) con financiación Nacional e Internacional.

1. PROBLEMA

El agua es un elemento vital y articulador en las múltiples actividades de los seres humanos; por lo tanto su manejo es tema central para la gestión ambiental, territorial y del riesgo, ya que permea e interrelaciona los recursos naturales, la sociedad, el ambiente y la actividad humana. Colombia por su ubicación geográfica y condiciones biofísicas presenta una precipitación media anual aproximada de 3.000 mm., situación que genera una abundancia significativa de recursos hídricos si se compara con el promedio mundial de precipitación que se encuentra alrededor de 900 mm. y con el suramericano de 1.600 mm. A nivel nacional se genera un caudal específico de escorrentía superficial de 58 l/s/km², que es tres veces mayor que el promedio suramericano y seis veces mayor que la oferta hídrica específica promedio mundial (Ojeda y Arias, 2000). Sin embargo en Colombia, la Cuenca Magdalena-Cauca, donde se asienta aproximadamente el 80% de la población colombiana y se concentra la mayor parte de la actividad socioeconómica, cuenta con un rendimiento promedio de 27 l/s/km², correspondiendo solamente al 23% del rendimiento hídrico nacional en comparación con otras cuencas (IDEAM, 2008).

En los últimos años la variabilidad climática ha afectado directamente la hidroclimatología en Colombia, con el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos globales como el Niño y la Niña (González et al, 2003), ocasionando desastres naturales que afectan las cosechas, el suministro de agua potable, la producción agrícola y de energía eléctrica (Carvajal et al., 2006). Las proyecciones indican que los cambios en la variación de estos fenómenos extremos, afectarán la calidad y cantidad de agua por múltiples causas limitando el funcionamiento e incrementando los costos de operación para los sistemas hídricos (IPCC: Bates et. al, 2008). Teniendo además importantes implicaciones sobre la salud humana y conflictos entre la población y las entidades de la gestión de los recursos hídricos y de la provisión de agua potable en el contexto colombiano (Pabon 2005).

Las evaluaciones nacionales de los sistemas hídricos que abastecen a la población evidencian una vulnerabilidad alta para mantener la disponibilidad de agua; según estimativos generales para condiciones hidrológicas medias, cerca del 50% de la población urbana municipal está expuesta a problemas de abastecimiento de agua, situación que se hace más crítica en años secos, periodo en el cual este porcentaje llega al 80%. Según el IDEAM (2008), sin medidas de conservación y manejo adecuadas, para el 2015 y 2025 respectivamente el 66% y 69% de los colombianos estaría en riesgo alto de desabastecimiento en condiciones hidrológicas secas. Esta situación sumada a las proyecciones del crecimiento de la población y con ello a la demanda de agua de las diferentes actividades económicas, estiman una posible alteración de la oferta en el caso de no realizar una pertinente gestión ambiental y del riesgo que promueva el desarrollo sostenible como consigna el actual Plan Nacional de Desarrollo (DNP, 2011).

Para la región suroccidental de Colombia, las dinámicas del desarrollo están íntimamente ligadas a economías de microescala y complementariedad donde prima el uso del capital ambiental representado en los recursos suelo y agua. En ésta región, es evidente que el desarrollo y bienestar humano dependen de los ecosistemas estratégicos en donde se están produciendo cambios importantes como resultado de las actividades humanas; situación notoria en la región andina y valles interandinos que reciben una fuerte presión antrópica ya que esta zona ha sido el eje de colonización y desarrollo del país (Figuroa *et al.*, 2009; GEA, 2012).



En tal sentido la economía del departamento del Cauca, está íntimamente ligada a la utilización de sus recursos naturales, en especial del agua, donde los procesos productivos se caracterizan por tener una base social que busca mejorar sus condiciones de vida garantizando la seguridad alimentaria para una población eminentemente rural, en la cual existe un conocimiento intrínseco desarrollado autónomamente y que enfrenta dificultades para articularse con procesos sustentables que le permitan alcanzar mercados regionales y nacionales. Aunque en el suroccidente el recurso hídrico se considera abundante, se presentan situaciones de dificultad en la disponibilidad espacial y temporal del agua superficial a nivel regional y local.

Los diferentes sistemas de abastecimiento que prestan el servicio de acueducto han identificado que esta situación afecta las cuencas abastecedoras en sus municipios, según estudios del IDEAM (Saavedra, 2008) la variabilidad climática en esta región se ha manifestado con la incidencia del Fenómeno del Niño, generando desde 1971 al 2008, diez eventos de sequía en Popayán y seis en Puracé, con cambios sobre los promedios de temperatura, precipitación, vientos y granizadas; a su vez, los datos puntuales que ofrece la estación del aeropuerto de la ciudad de Popayán demuestran el alto grado de variabilidad de la precipitación, presentándose en cortos espacios, áreas en las cuales la lluvia está presente y otras en las que no hay precipitación. Dichas variaciones condicionan la disponibilidad de materia prima para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Popayán (CRC, 2006).

Lo anterior demuestra que la probabilidad de ocurrencia en periodos de retorno cortos, con cambios en el balance hidrológico de la región es una probabilidad real que, afectarán en el mediano plazo el abastecimiento de agua y los sistemas productivos con menores posibilidades de adaptación al cambio climático. En este sentido, el accionar de los sistemas de abastecimiento está limitado por la carencia de una red de seguimiento que permita monitorear éstos fenómenos a nivel local, soportando la toma de decisiones para abastecimiento.

Asociado a la problemática de la disponibilidad del agua en las subcuencas, los sistemas de abastecimiento afrontan otros retos en la prestación del servicio a sus usuarios, tales como i) el incremento en los costos de tratamiento del agua producto de la falta de información en tiempo real sobre las condiciones fisicoquímicas del recurso, situación que obliga al uso poco planificado e impreciso de los insumos para la potabilización; ii) ausencia de alertas tempranas para la regulación del proceso de captación, tratamiento y distribución, iii) falta de datos sobre la variación en las condiciones de calidad del agua iv) falta de gestión del riesgo que afecta el funcionamiento de los sistemas de abastecimiento y desperdicio del recurso vi) deterioro de infraestructura por crecientes y eventos asociados a la variabilidad climática; vii) debilidad en los procesos de adaptación a la variabilidad climática por parte de las comunidades que habitan las cuencas de abastecimiento y viii) carencia de una estrategia de apropiación social del conocimiento que favorezca la interacción empresa, usuarios y comunidades.

En este sentido, se ha identificado lo expuesto como las principales amenazas para el proceso operativo de los sistemas de abastecimiento y acueductos por sus implicaciones en la captación, tratamiento y distribución del servicio de agua potable a las comunidades afectando su sostenibilidad.

Es por esto que las empresas, alcaldías y acueductos buscan una alianza estratégica con CIAgua y EMCASERVICIOS a través de la presente propuesta, orientando sus esfuerzos en investigación y desarrollo al fortalecimiento de los mecanismos y herramientas relacionados con



la toma de decisiones para la adaptación a la variabilidad y al cambio climático en sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en el Departamento del Cauca, con el propósito de avanzar hacia la prestación del servicio de abastecimiento de agua con cantidad, calidad y continuidad, resolviendo las amenazas consideradas, manteniendo y fortaleciendo la productividad y competitividad de las empresas en el mercado.

Figura 1. Árbol de Problemas.



2. ESTADO DEL ARTE

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD Y LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA Y EL RIESGO.

El análisis de la vulnerabilidad es un proceso para determinar los componentes críticos o susceptibles de daño, pérdida o interrupción de los elementos bajo riesgo, así como las medidas de mitigación que deben implementarse ante una amenaza específica o un grupo de ellas (Jiménez, 2004). Con el fin de facilitar la determinación de la vulnerabilidad de un sistema, se puede dividir el mismo en varios componentes, aunque sin perder de vista la visión sistémica que permite integrar y analizar la funcionalidad interdependiente entre ellos. Por su parte, el conocimiento de la vulnerabilidad es necesario para los procesos de planificación y toma de decisiones a corto, mediano y largo plazo pues, con base en ese conocimiento, se podrán implementar las acciones necesarias para reducirla, priorizar las áreas más críticas de intervención, asignar recursos logísticos, humanos y económicos y, finalmente, disminuir o evitar conflictos socioambientales; en donde a un nivel nacional, la valoración de la vulnerabilidad permite poner prioridades para el desarrollo (Downing, sf).

En los últimos años, se han adelantado ejercicios orientados al análisis de la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua en el contexto del cambio climático, en diferentes países, por ejemplo, Estado Unidos, Etiopia, Costa Rica, Perú y Nicaragua, entre otros (Arana, 2011; Echeverría, 2011; Elala, 2011; EPA, 2011; INNA, 2011); a partir de los métodos planteados por la organización mundial de la salud (OMS), la organización panamericana de salud (OPS) y el centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente (CEPIS) (CEPIS, 1996; OPS, 1998; Bartram, 2009). Dichos estudios han servido de línea base para plantear programas y estrategias dirigidas a reducir dicha vulnerabilidad ante amenazas naturales (Ferrer-Mayol, 2006).

Para el caso colombiano, se han desarrollado variados análisis de vulnerabilidad en diferentes sistemas y sectores (Chavarro *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2010; Franco *et al.*, 2011; PNUD, 2011; PRICC, 2012a; b; GEA *et al.*, 2013b) Por su parte el IDEAM (2001) ha adelantado el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico en torno a la capacidad de los sistemas hídrico para conservar y mantener su régimen hidrológico; pero para el tema específico de vulnerabilidad en sistemas de abastecimiento, no se reportan acciones adelantadas en este tema. Sin olvidar, que Colombia continua trabajando en el tema de gestión integral del riesgo en varios frentes de trabajo (Dickson *et al.*, 2013; TWB, 2013).

Las metodologías empleadas en diferentes países, parten de modelamientos del impacto del cambio climático sobre una parte del sistema de abastecimiento, o abordajes parciales e interdisciplinarios para el análisis de la vulnerabilidad de sistemas de agua para consumo humano (Watler, 2008; Mendoza, 2008; Plaza, 2001) además emplean evaluaciones “top-down” (de arriba abajo) (EPA, 2010), que limitan a través de su escala de trabajo la inclusión de características propias de cada localidad, que se encuentran relacionadas con la sensibilidad y capacidad adaptativa de un territorio, entre otros elementos.

Teniendo en cuenta los continuos desastres naturales en los acueductos y cuencas abastecedoras de los últimos años, la necesidad de gestionar el riesgo en los sistemas de



abastecimiento ante la variabilidad climática y el cambio climático en el marco de los lineamientos del gobierno nacional para la gestión integral del riesgo; se hace necesario desarrollar una metodología que integre los componentes que influyen en su vulnerabilidad (económicos-productivos, socio-culturales, político-institucionales y biofísicos) desde la zona de recarga hasta el manejo de aguas servidas (Mendoza Díaz, 2008), y trabaje desde una medición “bottom-up” (de abajo hacia arriba), en donde se puedan incorporar las condiciones propias de cada área de trabajo, para luego ampliarlo o aplicarlo a diferentes zonas o escalas. Esta propuesta se elaboró pensando en las juntas de agua, organismos de cuencas, decisores y administradores de acueductos que tienen relación con el recurso. La metodología propuesta es una herramienta para tomar decisiones relacionadas con el manejo y gestión del recurso hídrico para consumo humano; por ende, se espera que ayude a reducir los impactos negativos que la disminución de la oferta de agua pudiera tener sobre la población.

SERVICIOS TECNOLÓGICOS Y MECANISMOS DE ALERTAS TEMPRANAS EN SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

La alerta temprana es uno de los principales elementos de la reducción del riesgo de desastres. La misma evita la pérdida de vidas y disminuye los impactos económicos y materiales de los desastres. Para ser eficaces, los sistemas de alerta temprana deben incluir activamente a las comunidades o sistemas en riesgo en riesgo, facilitar la educación y la concientización del público sobre tales riesgos, diseminar eficazmente mensajes y alertas y garantizar una preparación constante International (International Strategy for Disaster Reduction, 2006)

En enero del 2005, la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres aprobó el "Marco de Acción de Hyogo para el 2005- 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres". El mismo destaca claramente la importancia de la alerta temprana y exhorta al desarrollo de "sistemas de alerta temprana centrados en la población, en particular sistemas que permitan alertar a tiempo y en forma clara a las personas expuestas (...) que den orientación sobre la forma de actuar en caso de alerta (...)" (International Strategy for Disaster Reduction, 2006). Un Sistema de Alerta Temprana es un sistema que a través de la información generada a escala mundial, nacional, regional y local, anuncia con antelación de la eventualidad de un acontecimiento natural o humano que al interactúa con la vulnerabilidad puede desembocar en un desastre.

Con el objetivo de evitar el desastre, este tipo de sistemas informa a las organizaciones pertinentes antes de que los sucesos se desarrollen con el fin de minimizar los impactos en diferentes sectores de interés, para este caso, el agua potable. Por ejemplo, un sistema de alerta para el sector mencionado tendría impacto en el sector social y económico del País, ya que además de garantizar la permanencia del sector, se contribuye a los mas importante de este tipo de procesos, al abastecimiento de agua permanente y constante, optimizando los modelos de gestión y procurando la sostenibilidad y sustentabilidad de la fuentes abastecedoras, también contribuiría a garantizar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza, y además servir como una herramienta que evita la duplicación de esfuerzos físicos y monetarios al presentarse un fenómeno que induzca el desastre. Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), "Los sistemas de alerta temprana incluyen tres elementos, a saber: conocimiento y mapeo de amenazas; monitoreo y pronóstico de eventos inminentes;



proceso y difusión de alertas comprensibles a las autoridades políticas y población, así como adopción de medidas apropiadas y oportunas en respuesta a tales alertas (UNISDR 2009).

Sistemas de soporte para la toma de decisiones.

Debido a la gran cantidad de enfoques para la toma de decisiones y la amplia gama de ámbitos en los cuales se toman estas, el concepto de sistema de apoyo a las decisiones (DSS por sus siglas en inglés Decision support system) es muy amplio. En general, se puede decir que un DSS es un sistema informático utilizado para servir de apoyo, más que automatizar, el proceso de toma de decisiones. La decisión es una elección entre alternativas basadas en estimaciones de los valores de esas alternativas. El apoyo a una decisión significa ayudar a las personas que trabajan solas o en grupo a reunir inteligencia, generar alternativas y tomar decisiones. Apoyar el proceso de toma de decisión implica el apoyo a la estimación, la evaluación y/o la comparación de alternativas. En la práctica, los trabajos asociados a DSS suelen ser referencias a aplicaciones informáticas que realizan una función de apoyo (S. Alter, 1980). Los DSS son herramientas de mucha utilidad en Inteligencia empresarial (Business Intelligence), permiten realizar el análisis de las diferentes variables de negocio para apoyar el proceso de toma de decisiones de los directivos. Su principal característica es la capacidad de análisis multidimensional (OLAP) (K. C. Hsu and M.-Z. Li, 2011) que permite profundizar en la información hasta llegar a un alto nivel de detalle, analizar datos desde diferentes perspectivas, realizar proyecciones de información para pronosticar lo que puede ocurrir en el futuro, análisis de tendencias, análisis prospectivo, etc. Diversos autores sugieren que los elementos base de un sistema de soporte para la toma de decisiones depende del dominio de aplicación, pero en general todos deben considerar al menos los siguientes componentes: i- la elección racional, consiste en proporcionar información sobre los costos y beneficios asociados con las alternativas de decisión (por ejemplo, la cantidad de información, calidad y oportunidad), ii- los procesos organizacionales, integran información relevante con los objetivos, necesidades expresas, capacidades, restricciones, procesos de trabajo y la cultura de la organización donde se implante el DSS (por ejemplo, los flujos de trabajo, líneas de autoridad y tecnología), iii- el proceso político, enfatiza en la importancia de los recursos, los ejercicios de poder y la influencia (por ejemplo, las prioridades, organización, beneficios para el usuario), y iv- la transferencia de conocimiento, ayuda a los tomadores de decisiones aprender acerca de impactos potenciales y oportunidades de adaptación (por ejemplo, sensibilización, capacitación y retroalimentación) (M. J. van der Meijden, 2003, C. R. Pyke et al. 2007).

Computación en la nube

El termino de computación en la nube tiene diferentes significados, la definición más difundida se refiere a una situación en la cual la computación se hace en un sitio remoto (en la nubes), en lugar de hacerlo en un computador de escritorio o en un portátil, usando para ello Internet. "La nube es un sistema computacional inteligente, complejo y poderoso en el cielo, al cual la gente simplemente se conecta" (S. Hamm, 2008). Se usa el término en la nube para hacer referencia a la flexibilidad ya que el servicio puede tomar formas muy variadas, como las nubes. Pero más que preocuparnos por dar una definición rigurosa podemos decir que la Computación en la nube es una tendencia en la entrega de servicios de computación "...es el movimiento de los servicios de aplicación a Internet y el uso creciente de Internet para acceder a una amplia



variedad de servicios que se originan tradicionalmente en los centros de datos de la organización" (F. Rueda 2010).

Los servicios en la nube son de tres tipos: el software como servicio ("software-as-a-service" o SaaS), el cual entrega aplicaciones, por ejemplo aplicaciones de oficina. La plataforma como servicio ("platform-as a-service"o PaaS), que proporciona ambientes y herramientas para desarrollar aplicaciones, en cuyo caso el proveedor se encarga de operar la infraestructura. Finalmente la infraestructura como servicio; (infrastructure-as-a-service IaaS), la cual proporciona infraestructura para procesamiento, almacenamiento, redes, sensores y otros elementos sobre los cuales los clientes corren sus sistemas y sus aplicaciones, y también tienen la posibilidad de controlar elementos como los firewalls o los balanceadores de carga.

En un sistema tradicional de computación los principales actores son: proveedores y consumidores. Los consumidores usan, poseen, mantienen y actualizan los sistemas; mientras que los proveedores acuerdan la venta, instalan, licencian, consultan y mantienen la tecnología involucrada. La computación en nube cambia los papeles de los actores tradicionales y añade otros nuevos. Esta nueva tendencia incluyen no sólo los proveedores y los consumidores del servicio, sino también, habilitadores y reguladores. En computación en la nube, los consumidores efectivamente son suscriptores, quienes solamente compran el uso del sistema proporcionado por los proveedores. Los proveedores de servicios son los propietarios y operan el sistema de computación en la nube con el fin de entregar los servicios a las terceras partes. Los habilitadores describen las organizaciones que venden productos, servicios y que facilitan la distribución de los servicios prestados por la infraestructura de computación en la nube. Finalmente, los reguladores generan las directrices y normativas para la prestación de los servicios, estos dependen de las instituciones de cada País en el cual se despliega la infraestructura y servicios de computación en la nube (S. Marston, Zhi Li, S. Bandyopadhyay, and A. Ghalsasi, 2011).

ASPECTOS DE GESTIÓN Y NECESIDADES DE CONOCIMIENTO E I+D EN EL SECTOR DE AGUA POTABLE.

En los propósitos de la administración del agua, no es posible evaluar el recurso o elaborar un balance calidad-cantidad/demanda, sin un acceso adecuado a información científica respecto del ciclo hidrológico y los ecosistemas asociados. Así, el desarrollo de una base de conocimiento de los recursos hídricos es una condición previa para el manejo efectivo del agua (GWP, 2000), de hecho la Política Nacional para la GIRH plantea el mejoramiento en las prácticas y herramientas de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, como medio para realizar una gestión eficiente del agua, midiendo el logro de los objetivos y metas de esta política (MAVDT, 2010)

En este sentido, Colombia tiene la urgente necesidad de contar con información actualizada y cada vez más precisa sobre la distribución regional y local de sus disponibilidades de agua y la distribución territorial de sus usos, a fin de precisar y ordenar las áreas con mayores peligros de desabastecimiento, y adelantar las acciones de planificación y regulación del uso del recurso



hídrico a nivel de cuencas hidrográficas (IDEAM, 2008). Como recurso estratégico, el agua es uno de los factores de producción más importantes en la estructura económica y productiva del país, convirtiéndose en un insumo esencial para las empresas de servicios públicos de acueducto, la producción industrial, agrícola, pecuaria e hidroenergética. Sin embargo, el IDEAM en el Estudio Nacional del Agua (2008), indica que en el país, dada la heterogeneidad climática, existen regiones con alta variabilidad temporal del recurso hídrico y otras con baja variabilidad temporal. En general, el promedio del coeficiente de variación para el país es de orden medio a bajo.

Por su parte, El Niño y La Niña, son los fenómenos con mayor variabilidad climática interanual en la zona tropical y tienen influencia directa en el país en la generación de eventos extremos de temperatura y precipitación alterando el régimen hidrológico (MAVDT, 2010). Ante este panorama, la vulnerabilidad de las empresas de abastecimiento de agua potable está relacionada con la capacidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener la dinámica hidrológica ante posibles alteraciones climáticas que generarían reducción de la oferta y disponibilidad del agua (MAVDT, 2010). De acuerdo con información de la Superintendencia de Servicios Públicos, en el periodo de lluvias del 2008 se registraron eventos que afectaron los acueductos de 121 municipios de los departamentos de Bolívar, Risaralda, Cundinamarca, Nariño, Norte de Santander, Córdoba, Cesar, Quindío, Huila, Tolima, Cauca y Caldas, lo que implicó por parte del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial la ejecución de un programa para reconstrucción y rehabilitación de estos acueductos. (MAVDT, 2010).

La vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua potable, en el registro histórico de desastres de DESINVENTAR, se encontró que de los 748 registros sobre eventos que afectaron el sistema de acueducto (desabastecimiento, racionamiento y daños a la infraestructura) en el periodo entre 1987 y 2007, el 78% corresponden a aquellos que afectaron simultáneamente a la población y a la infraestructura del sistema, mientras que solo 29 registros corresponden a pérdidas de infraestructura. (MAVDT, 2010). Además de estos eventos, hay que reconocer que existe baja capacidad técnica en el ámbito empresarial para la gestión del riesgo y manejo integral del agua, poca información en tiempo real y un reducido conocimiento de las amenazas y vulnerabilidades frente al recurso hídrico. Para una gestión integral, el riesgo debe estar relacionado con el manejo del déficit y exceso de agua en las cuencas hidrográficas, el grado de deterioro, la pertinencia de proyectos de inversión, el conocimiento de la variabilidad climática e hidrológica regional/local, el crecimiento no planificado de la demanda sobre una oferta neta limitada, los conflictos por el uso del agua y las deficientes e inadecuadas acciones para la gestión del riesgo por eventos socio-naturales que aumentan la vulnerabilidad del recurso (MAVDT, 2010).

Con respecto a la gestión del riesgo asociada al recurso hídrico, los avances del país han estado relacionados principalmente con acciones encaminadas a darle respuesta a los daños e impactos generados por los eventos hidrometeorológicos, tanto a la población como a la infraestructura, entre los que se encuentran la recuperación, reconstrucción y rehabilitación de acueductos. Así mismo, las acciones desarrolladas se han orientado a la planificación territorial en prevención y mitigación de riesgos, buscando fortalecer los procesos de ordenamiento territorial y sectorial, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la normativa vigente. Esto es, a través del apoyo técnico a los municipios en la elaboración de planes de contingencia y procesos de capacitación a las empresas prestadoras de servicios públicos en la formulación de programas de reducción de riesgos y planes de contingencia ante el desabastecimiento de agua



en temporadas de sequía. De otro lado, en las guías metodológicas para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas se incorpora la gestión del riesgo, sin embargo, no existe desarrollo suficiente para su adecuada implementación (MAVDT, 2010).

Contando con información pertinente de las circunstancias ambientales a través de un modelo de gestión integral, las empresas de acueducto pueden mantenerse en el mercado del agua, por medio del mejoramiento en los procesos de administración, gestión del riesgo y operación buscando eficiencia en la asignación de los recursos garantizando que el agua sea utilizada con propósitos de alto valor. Sin embargo, esto requiere de un marco de trabajo que vincule la empresa, las instituciones, usuarios y comunidades en un modelo apropiado para responder a las demandas de abastecimiento y otros efectos externos. En este sentido, desde el PEDCTI Cauca – ConCIENCIA Cauca (GEA *et al.*, 2013a), en el Plan de Acción de mediano plazo para el escenario de Territorio y Ambiente se ha priorizado el fortalecimiento institucional de CIAGUA, en razón del papel fundamental que cumple este centro en los procesos de investigación, desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología en el departamento y a nivel nacional e internacional. El fortalecimiento institucional comprende la formación de un semillero de investigadores, los sistemas de información y software especializado, el apoyo al desarrollo institucional y el marketing de servicios del centro. De igual forma, en el programa de gestión ambiental y del agua en el territorio para el desarrollo humano la investigación y la apropiación de nuevas tecnologías por parte de CIAGUA producirán grandes beneficios para toda la población del Cauca y permitirá una mejor gestión ambiental de los ecosistemas y del agua en el territorio para el desarrollo humano. En el Plan de Acción se fortalecerán los programas de CIAGUA con participación de entes territoriales, asociaciones, comunidades, y sectores empresariales, dentro de un enfoque de desarrollo humano protector del agua y la vida.



3. ESTUDIO DEL MERCADO

3.1 PRODUCTOS

A. Análisis de la Vulnerabilidad y la Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Abastecimiento Hídrico.

14

Descripción:

- Metodología de evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática frente a la oferta de caudal y su calidad de agua en las cuencas aportantes de los municipios priorizados.
- Cálculo de la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático y la variabilidad climática de las cuencas abastecedoras evaluadas.
- Diseño de Planes de gestión integral del agua considerando la incorporación tecnológica y el fortalecimiento organizacional.

B. Monitoreo Ambiental y Servicios Tecnológicos para Gestión de Información Ambiental:

Descripción Monitoreo:

- Diseño, montaje y operación de redes de **estaciones climáticas** con transferencia de datos en tiempo cercano al real.
- Diseño, montaje y operación de redes de **monitoreo de variables de calidad de agua**, con transferencia de datos en tiempo cercano al real.
- Soporte y mantenimiento tecnológico a las redes y sistemas de monitoreo implementados.

Descripción servicios Tecnológicos:

- Diseño, montaje e implementación de **servicios tecnológicos en línea para el manejo y gestión de datos e información** proveniente de:
 - Estaciones climáticas
 - Estaciones de monitoreo de variables de calidad de agua
 - Sistemas de monitoreo indirecto de caudal
 - Otras fuentes de información ambiental.
- Diseño, montaje e implementación de **sistemas de alertas temprana con acople a plataformas en línea**, como soporte a la toma de decisiones, adaptación y gestión del riesgo.
- Soporte y mantenimiento tecnológico a los servicios tecnológicos implementados.
- Desarrollo e implementación **piloto de prototipo tecnológico para la optimización de plantas de potabilización** que abastecen los municipios evaluados.

C. Red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable.

Descripción:

- Diseño, asesoría y acompañamiento para la planeación estratégica en organizaciones relacionadas con la gestión del agua, incorporando modelos tendenciales del recurso hídrico asociados a la oferta, demanda, vulnerabilidad y adaptabilidad en el contexto del cambio y la variabilidad climática.



- Fortalecimiento institucional de las organizaciones de abastecimiento de agua a partir del diseño e implementación de esquemas de colaboración y gestión de la información y el conocimiento.
- Desarrollo e implementación de estrategias de comunicación y educación ambiental que fortalezcan la apropiación social del conocimiento y la interacción entre organizaciones de abastecimiento de agua, usuarios, autoridades territoriales y comunidad en general.

3.2 PRECIO

1. Análisis de la Vulnerabilidad y la Adaptación al Cambio Climático para Sistemas de Abastecimiento Hídrico: El valor mensual de este servicio corresponde a: \$ **3.750.000** proyectado a 2017.
2. Monitoreo Ambiental y Servicios Tecnológicos para Gestión de Información Ambiental: El valor mensual de este servicio corresponde a \$ **5.100.573** proyectado a 2017.
3. Red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable: El valor mensual de este servicio corresponde a \$ **3.333.402** proyectado a 2017.

3.3 CLIENTES

EVALUACIÓN DEL MERCADO PARA LA INNOVACIÓN PROPUESTA

En la valoración del mercado respecto a empresas y organizaciones comunitarias de Acueducto y Abastecimiento de agua se reconocen, además de las existentes en el Cauca, las presentes en la región suroccidental de Colombia (Valle del Cauca, Choco, Nariño, Huila y Putumayo) en donde las organizaciones de servicios públicos que apliquen para ser operadores de servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, deben cumplir con el enfoque de negocios que han planteado los planes departamentales de agua, donde se compite bajo indicadores de calidad y buen servicio a los usuarios. En este sentido se hace necesario que los acueductos cuenten con unas tarifas justas suministrando agua de forma constante con calidad.

Por lo tanto los productos que generará el proyecto como la red de monitoreo climático y de variables de interés para calidad hídrica, los servicios tecnológicos de información y el paquete para el fortalecimiento integral de estas unidades prestadoras del servicio de agua potable, tiene como mercado todos los operadores de servicios públicos en el departamento y la región ya que la posibilidad de crecimiento de nuevos clientes se incrementa por las condiciones de la zona andina y la disponibilidad de recurso hídrico observando las limitaciones de los administradores locales–regionales.

En la región existen empresas como Aguas de Manizales, Centroaguas, que muestran esquemas de gestión privado con buenos indicadores financieros y comerciales que buscan un posicionamiento regional, también existen empresas con esquemas públicos como Acueducto y Alcantarillado de Popayán, Acuavalle, Emcali, Empopasto, que le apuestan en primera instancia a fortalecer sus esquemas para salir a conquistar los mercados regionales. Estos operadores han formulado su modelo de negocio centrados en la gestión financiera con grandes falencias en el proceso de monitoreo automatizado y en tiempo cercano al real del recurso hídrico en cantidad y calidad. La situación de los acueductos veredales y comunitarios es aún más



complicada y los proceso de monitoreo para la toma de decisiones y soporte para el suministro de agua es incipiente.

En materia de servicios públicos, la cobertura del servicio de acueducto en las cabeceras municipales del Departamento es del 66% frente al promedio nacional del 83.4%. Por su parte la cobertura de alcantarillado para el Departamento es del 43.9% estando muy por debajo del promedio nacional que se ubica en el 73%, resaltando algunos municipios como Argelia, Piamonte que tienen coberturas del 4% y 1% respectivamente.

El Departamento del Cauca dispone de una cobertura del 66% en sistemas de servicio de abastecimiento de agua; sólo Popayán cuenta con un sistema de abastecimiento de agua que se puede considerar aceptable cubriendo el 94.8% de su población, otros municipios con altos niveles de cobertura en el servicio de acueducto están ubicados en la región norte como Puerto Tejada con 96.1%, Padilla con 93%, Villa Rica con 80.4%. Algunas cabeceras municipales presentan problemas tanto en continuidad del servicio, como en la calidad del agua suministrada teniendo aun altas coberturas como Patía con 84.6%, Timbío con 88.5% y otros con tasas de cobertura realmente preocupantes como Inzá 14%, Piamonte 7%, Argelia 5%, Guapi 17.2%. A continuación se desglosa la información de cobertura de acueductos para las territoriales Centro, Macizo y Patía (tabla 1.).

Tabla 1: Cobertura de Acueductos en los municipios del Departamento del Cauca priorizados para el proyecto (Fuente: CRC, 2010).

MUNICIPIO	URBAN. CON ACUED.	URBAN. SIN ACUED.	TOTAL URBAN.	RURAL CON ACUED.	RURAL SIN ACUED.	TOTAL RURAL	% COBERTURA RURAL	TOTAL URBANO Y RURAL	URBAN. Y RURAL CON ACUED.	% COBERTURA
Popayán	51.901	908	52.809	5.090	1.858	6.948	73%	59.757	56.991	95%
Cajibío	416	16	432	2.205	5.365	7.570	29%	8.002	2.621	33%
Timbío	2.521	83	2.604	3.755	662	4.417	85%	7.021	6.276	89%
La Sierra	376	22	398	1.060	1.180	2.240	47%	2.638	1.936	73%
Bolívar	1.200	31	1.231	2.711	5.945	8.656	31%	9.887	3.911	40%
Mercaderes	1.081	20	1.101	480	2.569	3.049	16%	4.150	1.561	38%
Patía	2.973	133	3.106	908	1.296	2.204	41%	5.310	4.381	83%
Santander de Quilichao	9.992	175	10.167	4.440	4.828	9.268	48%	19.435	15.432	79%
Suarez	990	106	1.096	1.560	1.608	3.168	49%	4.264	2.650	62%
TOTALES	71.450	1.494	72.944	22.209	25.311	47.520	53%	120.464	95.759	66%

3.4 COMPETIDORES

No se identifican competidores locales ó regionales, ya que el instituto CINARA que trabaja estos temas es socio del CIAgua y la presente iniciativa. Las empresas consultoras abordan aspectos específicos de infraestructura (construcción de bocatomas, redes de distribución, entre otras), suministro de equipos e insumos químicos para tratamiento, aspectos legales, y afines; los cuales no se consideran competencia para los servicios desarrollados.

3.5 MEDIOS DE DISTRIBUCIÓN



Dado que CIAgua es un centro de investigaciones que brinda servicios de alto valor de conocimiento, producto de actividades de I+D; no requiere de medios de distribución como tal (como es el caso de productos ó tangibles) ya que posee un entramado relacional de soporte e interacción Universidad-empresa-estado-sociedad que le permite acceder a usuarios (Clientes) según su demanda.

3.6 PROMOCIÓN O PUBLICIDAD.

CIAgua se da a conocer a sus clientes actuales y potenciales a través de espacios o estrategias masivas como portales de internet, conferencias, presentaciones formales, entre otras, e interacción personalizada según la demanda y requerimientos de los clientes o usuarios.



4. OBJETIVOS

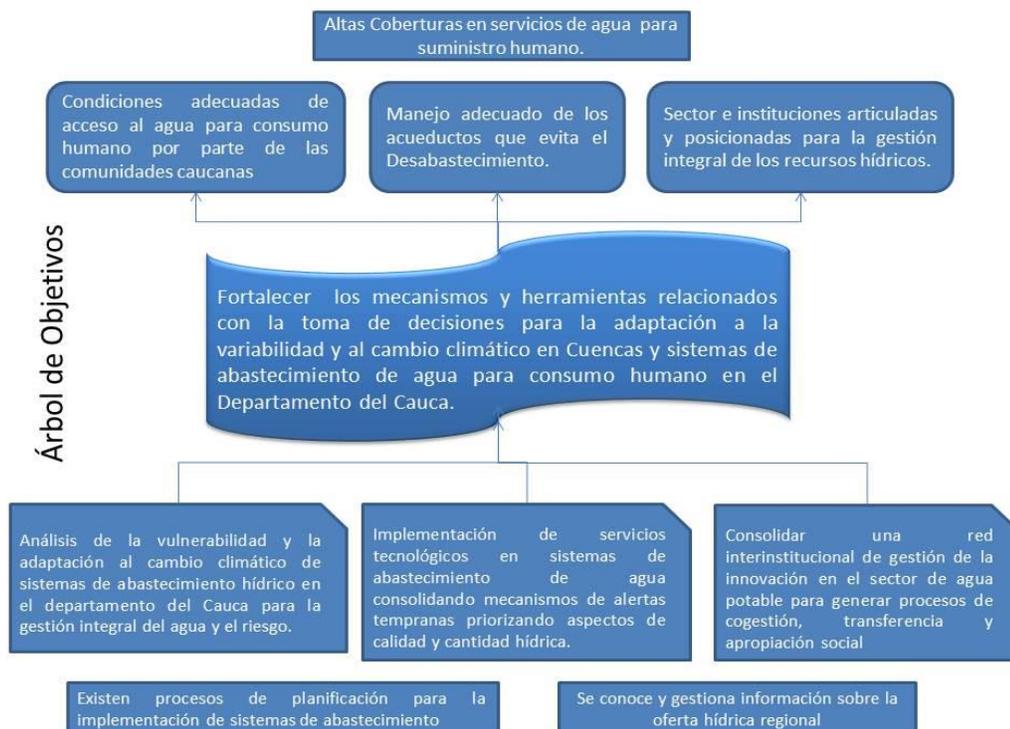
OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA:

Fortalecer los mecanismos y herramientas relacionados con la toma de decisiones, monitoreo de calidad del agua, y alertas tempranas por parte de los municipios para la adaptación a la variabilidad y al cambio climático de sistemas de abastecimiento de agua en el Departamento del Cauca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS (Proyectos asociados):

El programa se desarrolla a través de los siguientes proyectos asociados, los cuales están constituidos como un (Work Package - WP) del programa de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y apropiación.

- **WP1** Análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de sistemas de abastecimiento hídrico en el departamento del Cauca para la gestión integral del agua y el riesgo.
- **WP2** Implementación de servicios tecnológicos en sistemas de abastecimiento de agua consolidando mecanismos de alertas tempranas priorizando aspectos de calidad y cantidad hídrica.
- **WP3** Consolidar una red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable para generar procesos de cogestión, transferencia y apropiación social.



5. METODOLOGIA



Este proyecto se Realizará integrando la experiencia, conocimientos y recursos científico-tecnológicos de los actores involucrados. El diseño metodológico se realizará a través de la investigación tipo observacional, longitudinal, analítica y prospectivo. Se consideran como aspectos Transversales al desarrollo de todas las actividades lo siguiente:

- A) Selección de sistemas de abastecimiento.
- B) Participación de actores.
- c) Sistema de seguimiento y monitoreo.
- d) Estrategia de transferencia tecnológica y apropiación social del conocimiento

A continuación se presentan los métodos por cada WP considerado en el programa:

WP1: Análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de sistemas de abastecimiento hídrico en el departamento del Cauca para la gestión integral del agua y el riesgo.

La vulnerabilidad del recurso hídrico frente al cambio climático, se evalúa a partir del grado de exposición del régimen hidrológico ante un factor externo que altera su comportamiento normal. Pero debe estar acompañado de los impactos y actividades antrópicas que se desarrollan a lo largo de las cuencas abastecedoras de interés en los municipios vinculados a la iniciativa.

ACTIVIDADES DEL WP1

- Metodología de evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática frente a la oferta de caudal y su calidad de agua en las cuencas aportantes de los municipios priorizados
- Evaluación ambiental de las cuencas aportantes a los acueductos municipales determinando las actividades antrópicas impactantes, su localización y su proceso de gestión o de mitigación según sea la condición.
- Diseño de Planes de gestión integral del agua para la cuenca evaluada.
- Calculo de la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático y la variabilidad climática de las cuencas abastecedoras evaluadas

En este sentido, se desarrollará un estudio tendiente a la aproximación de la vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua frente a procesos de variabilidad, cambio climático y degradación ambiental, el cual considera las siguientes acciones:

Actividad 1. Metodología de evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática frente a la oferta de caudal y su calidad de agua en las cuencas aportantes de los municipios priorizados.

La metodología a desarrollar parte de elementos tradicionales y estándares generados desde las experiencias unidisciplinarias y multidisciplinarias, para llegar a un proceso interdisciplinario requerido para el tema de sistemas de abastecimiento. En este orden de



ideas, se plantea una metodología constructivista, de tal manera que a medida que la investigación adquiera madurez y se estructuren los marcos de referencia respectivos a la temática y los actores, se realizarán sobre la marcha los ajustes necesarios atendiendo la complejidad del estudio y los procesos de retroalimentación necesarios. A continuación se comentan las acciones orientadas a la definición de sus alcances, un marco de referencia y el trabajo con indicadores.

- Contextualización del concepto de vulnerabilidad desde un enfoque sistémico

Descripción: A través de la revisión de los modelos y enfoques empleados para el análisis de la vulnerabilidad de los diferentes elementos/sectores al cambio climático, se generará el contexto conceptual bajo el cual deben ser abordados los sistemas de abastecimiento. Contexto que definirá el alcance del análisis de vulnerabilidad.

Acción: Conceptualización de la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento ante la variabilidad y cambio climático teniendo en cuenta el enfoque territorial, visión integral, sistemas complejos, complejidad. Escalas de trabajo, elementos estáticos y elementos dinámicos, entre otros elementos y atributos a considerar.

- Consolidación de un Marco de referencia científico tecnológico sobre la vulnerabilidad del recurso hídrico para el área de estudio.

Descripción: Involucrar a las empresas prestadoras de servicios, asociaciones agrícolas, las comunidades y a las autoridades departamentales y municipales en la definición e implementación de indicadores y metodologías que se utilizarán para analizar la vulnerabilidad y el riesgo del sector de abastecimiento hídrico y en los escenarios futuros que serán útiles para la toma de decisiones multisectoriales

Acciones:

- a) Selección de sistemas de abastecimiento y Participación de actores
- b) Desarrollo de un Marco de referencia científico tecnológico sobre la vulnerabilidad del recurso hídrico, con énfasis en los sistemas de abastecimiento
- c) Identificación de los elementos que componen el sistema
- d) Identificación de las amenazas

- Definición y ponderación de indicadores de eficiencia socio-ambiental y económica del uso del agua.

Descripción: Construcción de una batería de indicadores por medio de una metodología híbrida, con el método de DPSIR basado en el “Casual Networks”, propuesto por Neimeijer (2008) combinado con Analytic Network Process (ANP), creado por Saaty y utilizado por varios autores, entre ellos Wolfslehner (2011).

Acciones:

- a) Construcción batería de indicadores



- b) Espacialización de indicadores
- c) Ponderación de indicadores

Actividad 2. Caracterización ambiental de las cuencas abastecedoras

Descripción: caracterización ambiental de los sistemas de abastecimiento a trabajar, identificación de sus amenazas naturales y conflictos por el uso del agua en cada fuente

Acciones:

- a) Caracterización ambiental de las fuentes de abastecimiento
- b) Selección y priorización de las fuentes a trabajar
- c) Identificación de las amenazas naturales presentes en cada fuente de abastecimiento
- d) Diagnóstico de los conflictos por el uso del agua en cada fuente

Actividad 3. Diseño de Planes de gestión integral del agua para la cuenca evaluada

Descripción: A partir del análisis de vulnerabilidad, se busca la consolidación de un plan de mitigación y de emergencia, que permitan reducir la vulnerabilidad de las fuentes de abastecimiento en sus diferentes componentes. Así mismo, el plan de gestión ambiental tiene un componente fuerte sobre la gestión del riesgo, aspectos que serán desarrollados teniendo en cuenta los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (Bartram *et al.*, 2009) y el panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2012) para los sistemas de abastecimiento.

- a) Elaboración de un plan de mitigación
- b) Elaboración de un plan de emergencia
- c) Formulación de un plan de gestión ambiental para los sistemas estudiados
- d) Capacitación y divulgación
- e) Actividades de monitoreo y seguimiento

Actividad 4. Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Descripción: Partiendo de la metodología desarrollada en este proyecto, se va a realizar el análisis de vulnerabilidad y riesgo frente a la variabilidad climática y el cambio climático de los sistemas de abastecimiento en las áreas de interés en el Departamento del Cauca.

Acciones:

Vulnerabilidad

- a) Correr los algoritmos construidos para el Análisis de la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento
- b) Desarrollo de mapas de vulnerabilidad y modelos futuros

Riesgo

- a) Especialización de los indicadores de amenaza

- b) Ponderación de indicadores
 - c) Aplicación de algoritmos para el análisis del riesgo
 - d) Desarrollo de cartografía sobre el riesgo en las áreas de interés
-
- Compilación de lecciones aprendidas
 - Generación de lineamientos para la adaptación de sistemas de abastecimiento hídrico al cambio y variabilidad climática

Dicha vulnerabilidad está relacionada con la capacidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener la capacidad hidrológica actual ante posibles alteraciones climáticas y a la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento y distribución frente a la reducción de la oferta y disponibilidad del agua así como de la calidad del agua ofertada. Los elementos resultantes del estudio de la vulnerabilidad, permitirán acercarse a la definición de estrategias de adaptación y planificación de las cuencas abastecedoras y de los sistemas de potabilización de los municipios.

WP2: Implementación de servicios tecnológicos en sistemas de abastecimiento de agua consolidando mecanismos de alertas tempranas priorizando aspectos de calidad y cantidad hídrica.

La presente propuesta de I+D+i hace el análisis y aporte del uso de las nuevas tecnologías de información y la comunicación (TIC) que permitan analizar información de variables asociadas al recurso hídrico para abastecimiento, a diferentes escalas: Macro-Escala, para determinar cambios y ocurrencia de fenómenos climáticos en temperatura, humedad, precipitación, radiación, entre otros asociados a regiones extensas y País. Meso-Escala, para generar alertas inducidas por fenómenos extremos (Golpes de calor, heladas blancas, heladas negras, entre otras.) asociadas a sectores específicos como distritos de riego, municipios, haciendas entre otros. Micro- Escala, para generar alertas propiciadas por variaciones en parámetros físicos, químicos o biológicos en cuanto a calidad y cantidad también. Basado en lo anterior, la presente propuesta propone un desarrollo tecnológico basado en TIC y software de libre distribución que soportará la toma de decisiones en procesos abastecimiento para agua potable a partir de la información del monitoreo y análisis de variables hidroclimatológicas, entrega servicios de monitoreo climático en tiempo cercano al real y generación de alertas (R. Valentini 2003) tempranas (reportes a dispositivos móviles, llamada telefónica, e-mail, sms, etc). La plataforma para la toma de decisiones a desarrollar estará soportada en una Arquitectura Orientada a Servicios (Erl, 2005) que utiliza tecnologías, protocolos y estándares de distribución libre. Este tipo de plataforma permite desarrollar servicios para gestión, planificación y toma de decisiones mucho más escalables, reutilizables e interoperables desde la perspectiva de computación en nube (cloud computing - herramientas de software y servicios distribuidos a través de Internet) (R. Buyya *et al* 2009, M. D. Dikaiakos *et al.* 2009, S. Marston, *et al* 2011, S. Hamm 2008). La implementación de esta plataforma generará insumos para la rápida y efectiva transformación de datos en información valiosa para la toma de decisiones de los actores locales, regionales y nacionales en contextos de variabilidad climática e incertidumbre.

ACTIVIDADES:



- Priorización y evaluación de las cuencas abastecedoras y de las condiciones de los sistemas de tratamiento para el análisis.
- Implementación de un sistemas de monitoreo meteorológico, de caudal, y calidad del agua con transmisión de datos en tiempo cercano al real para la toma de decisiones de gestión
- Evaluación socio-económica y ambiental del uso de las plantas de tratamiento.
- Análisis de alternativas tecnológicas y de optimización de las plantas de tratamiento.
- Desarrollo e implementación de prototipos tecnológicos para la optimización de las plantas de tratamiento y potabilización que abastecen los municipios evaluados

La coordinación del proyecto se realizará tomando como referente la metodología recomendada por el PMI (Project Management Institute) en el PMBOK (Project Management Body of Knowledge) versión 2004 (Project Management Institute 2004). En este sentido, las actividades del proyecto serán ejecutadas en el marco de cuatro componentes de trabajo fundamentales:

- **Desarrollo:** incluye todas las actividades relacionadas con el núcleo del trabajo de investigación, desarrollo e innovación, dirigido a la definición del modelo de alertas tempranas orientado a prevenir los fenómenos súbitos de origen climático y recurso hídrico, a diseñar el modelo de toma de decisiones para agua potable y a crear la arquitectura de los servicios climatológicos basada en computación en la nube.
- **Divulgación:** incluye todas las actividades relacionadas con las estrategias de divulgación propuestas en el proyecto, entre las que se encuentran la publicación de artículos y la socialización de resultados entre los actores involucrados en el proyecto.
- **Formación y soporte investigativo:** incluye los aspectos relacionados con la formación de estudiantes de Doctorado, Maestría y Pregrado a través del soporte que se brinda al trabajo de investigación plasmado en el proyecto.
- **Gestión:** incluye todas las actividades relacionadas con la gestión del proyecto.

Partiendo de esta base, se ha definido una estructura de paquetes de trabajo distribuidos en los cuatro componentes básicos definidos de la siguiente manera:

Modelo de Alertas Tempranas

Descripción: a través de este paquete de trabajo se busca la obtención de un Modelo de Alertas Tempranas orientado a prevenir los fenómenos de origen climático a diversas escalas de análisis de la información.

Actividades

- a) Análisis de los parámetros (físicos, biológicos, climatológicos) que caracterizan la zona de estudio.
- b) Identificación de los principales eventos climatológicos a micro, meso y macro escala producidos en el área de interés.
- c) Definición de los parámetros que caracterizan los fenómenos climáticos como sequías, heladas e inundaciones a partir de la información climatológica a micro, meso y macroescala.
- d) Estructuración del flujo de ejecución y datos que permiten definir los escenarios de vulnerabilidad originadas por la variabilidad climática considerando los tres niveles de análisis (micro, meso y macro escala).



- e) Inventario tecnológico de las infraestructura disponible que puede aportar información y datos para el proyecto.
- f) Integración de estaciones climatológicas al Modelo de Alertas Tempranas.

Modelo para Toma de Decisiones

Descripción: a través de este paquete de trabajo se busca la obtención de un Modelo de toma de decisiones.

24

Actividades

- a) Modelamiento de los impactos generados por los fenómenos de variabilidad climática y cambio climático e identificación de las áreas con mayor vulnerabilidad
- b) Análisis de la información de vulnerabilidad y riesgos sobre el abastecimiento, la producción, economía, y condiciones ecosistémicas.
- c) Modelamiento de las reglas políticas y de adaptación respecto a la vulnerabilidad y el riesgo por variabilidad y cambio climático
- d) Selección de la técnica mas apropiada (lógica difusa, sistemas expertos, redes bayesianas, etc.) que permita la selección inteligente de respuestas frente a un fenómeno climatológicos a micro, meso y macro escala.

Estructura Organizacional Cloud Computing

Descripción: a través de este paquete de trabajo se busca la definición de una estructura organizacional orientada a la computación en la nube para los servicios de generación de alertas agroclimáticas y el sistema de soporte para toma de decisiones.

Acciones

- a. Caracterización de los aspectos institucionales y organizativos del sector agua potable de la zona de interés e identificación de los diferentes actores involucrados en el modelo de toma de decisiones
- b. Caracterización de las formas de generación, procesamiento y monitoreo de la información para la toma de decisiones del sector bajo el enfoque de prestación del software como servicio SaaS
- c. Identificación de las formas de difusión de la información (portales web, dispositivos móviles, telefonía fija, redes sociales, chats, etc.)
- d. Formulación de la arquitectura de referencia para el servicio de generación de alertas agroclimáticas como soporte a la toma de decisiones

Centro de servicios Hidroclimáticos

Descripción: a través de este paquete de trabajo se busca la creación de un centro de servicios hidroclimáticos en la nube que incorpore las técnicas y tecnologías en la toma de decisiones con el objeto de reducir la vulnerabilidad ante la variabilidad climática y el cambio climático.

Acciones

- a. Interpretación de los pronósticos hidroclimáticos a fin de adaptar la campañas (corto plazo, acciones de respuesta a la variabilidad climática, medidas de adaptación) con el propósito de responder adecuadamente a la variabilidad climática.



- b. Definición de la información para desarrollar estrategias de gestión de riesgos y de desarrollo sostenible (largo plazo): ordenamiento y planificación del uso del territorio y de los recursos hídricos (planes regionales, locales y comunitarios), programas de reforestación y conservación de suelos, promoción de la diversificación agrícola, implementación de mecanismos de seguro agrícola.
- c. Identificación de los servicios para la gestión de emergencias (inmediato plazo, gestión de crisis): abastecimiento de alimentos y agua, distribución de semillas, etc.
- d. Establecimiento de los servicios para provisión de técnicas y tecnologías a fin de adaptar los sistemas de producción (e.g. utilización de semillas más resistentes a condiciones climáticas extremas).

Prototipo tecnológico para optimización de sistemas de potabilización que abastecen los municipios evaluados

Acciones

- a. Diagnóstico y Análisis de los sistemas actuales de potabilización
- b. Revisión de Tecnologías adecuadas para optimización de sistemas de potabilización empleando Vigilancia tecnológica.
- c. Diseño y prototipado de estrategias de optimización de los sistemas
- d. Implementaciones y pruebas.

WP3: Consolidar una red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable para generar procesos de cogestión, transferencia y apropiación social.

El componente de fortalecimiento institucional y consolidación de una red del sector se efectuará considerando procesos abiertos de innovación organizacional que propicien espacios para la de-construcción creativa de soluciones entre los actores. El trabajo ha desarrollar tiene como objetivo integrar a la los diferentes actores del sistema de abastecimiento en el proceso de planeación y toma de decisiones, buscando crear un núcleo de trabajo en conjunto con las entidades que participan en el proyecto, lo que favorece el empoderamiento de las actividades planteadas, el incremento en su nivel de participación e involucramiento en su ejecución, así como la promoción de éstas dentro la misma comunidad, mejorando de esta manera su calidad de vida.

Acciones

- Sensibilización y socialización.
- Direccionamiento Estratégico.
- Estructura Organizacional de la red: Unidad de Gestión del conocimiento y la tecnología para las empresas de abastecimiento.
- Caracterización y Organización para la producción, mejoramiento Productivo y del servicio - Procesos de Co-innovación y cogestión.
- Generación de competencias para la autogestión: Programa de formación orientado a la GIRH y de la CTel.
- Estrategia de relacionamiento (Interno y externo) mediante Creación de una base de datos de Buenas Prácticas para la Gestión Sostenible e Integrada del Agua, en formato wiki. La base de datos sobre buenas prácticas para el desarrollo humano sostenible se va a crear a partir de la participación de un colectivo amplio de grupos de universidades

y grupos asociados de Europa y América Latina, coordinada por el CIAGUA y la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad de la UPC. Dicha base de datos se constituye inicialmente a partir de la colaboración de una serie de grupos, aunque se irá construyendo en formato wiki, para extender la participación a través de la web a nivel global.

- Análisis de mercado y estrategias de comercialización de los servicios y productos tecnológicos desarrollados en la iniciativa

Para la optimización del proceso de toma de decisiones en los sistemas de abastecimiento de agua se consideraran tres niveles de intervención: i) la cuenca como unidad esencial para la obtención de la materia prima (agua) que administran las entidades ii) el conocimiento y monitoreo permanente de variables estratégicas de calidad de agua necesarias para la operación del sistema de tratamiento y las redes de distribución y iii) la interacción con entidades y usuarios bajo un enfoque de uso eficiente del recurso.

En este sentido, para el análisis del modelo de negocios y la selección de los procesos de optimización se emplearán los métodos del modelo de Costeo Basado en Actividades (ABC), este protocolo ha sido empleado en estudios de empresas que prestan Servicios Públicos Domiciliarios (Osorio, 2000) permitiendo hacer énfasis en el aprovechamiento económico de las fuentes de obtención y medios de distribución, dentro de un manejo integral, eficiente y sostenible de los recursos hídricos. El análisis considerará las siguientes Fases: i) Acceso y toma de agua desde las fuentes, ii) Tratamiento y Potabilización del Recurso Hídrico, iii) Distribución y iv) Comercialización para elaborar una propuesta de modelo conceptual que dilucide la dinámica del negocio del Servicio Público de Acueducto, lo anterior se enfocará bajo el sustento teórico de la Teoría General de Sistemas (TGS), la Administración y las teorías de la Economía y el desarrollo como refiere Cano (2006) en estudios relacionados.

La intervención en el modelo de negocios se basará en un análisis de costo - beneficios, considerando la operación de la planta de tratamiento y los factores que generan pérdidas en el sistema de distribución. En este sentido, buscando la complementariedad con la cuenca y la interrelación con los usuarios, el proyecto ha considerado la revisión de modelos de gestión ambiental para la implementación de estrategias Planear Hacer Verificar y Actuar -PHVA (NGP 1000) según la normas de calidad para empresas de servicios públicos de abastecimiento.

De igual forma se pueden configurar los servicios que presta CIAgua, en atención a los requerimientos, estados de madures y tipo de acueducto u organización prestadora del servicio, esto para tener alternativas o paquetes que se puedan ofrecer.

CIAGua, evalúa junto con la empresa prestadora de servicio, la capacidad que tenga esta para asimilar los paquetes tecnológicos que se le puedan prestar, de esta forma se tienen en cuenta, los estados de madures organizacional, al ámbito geográfico, el tipo de empresa si es de carácter comunitario o privado, para de esta manera prestarle adecuadamente el servicio que el cliente requiera, y configurar el paquete tecnológico, pues los contextos sobre los cuales se aplique los desarrollo que tiene CIAgua, son fundamentales para que la tecnología que se transfiera tenga impacto en la organización.



ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN Y FORMACIÓN DE TALENTO HUMANO.

La Estrategia se basa en los lineamientos y principios que rigen la Educación Ambiental y teniendo en cuenta los documentos de directrices Colombianas tales como: la Política Nacional de Educación Ambiental (2002) y la Estrategia de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático (2009). Además se tomará como punto de partida el Programa de Educación Ambiental "Educando para formar sembradores de Agua" que ha venido desarrollando el Grupo de Investigación en Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca, como una herramienta conceptual, metodológica y didáctica que apoye las actividades de educación ambiental que se realizan con diferentes actores con quienes desarrolla sus proyectos de investigación. Dicha Estrategia contará con los elementos bases a tener en cuenta para la formulación y desarrollo de proyectos o actividades de educación ambiental, especialmente con comunidades educativas y rurales que tienen el tema del recurso hídrico como eje articulador de su modelo de desarrollo sustentable.

27

De igual forma se trabajara en aspectos como: 1. La formación de investigadores en programas de formación avanzada en instituciones de la región en el marco de proyectos de las líneas estratégicas priorizadas, 2. Apoyo a movilidad de investigadores nacionales e internacionales para formación en maestrías y doctorados, 3. Apoyo para consecución de material bibliográfico, 4. Realización de programas de educación en gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación dirigido a gestores tecnológicos, empresarios, actores gubernamentales y representantes de la sociedad civil., 5. Apoyo a movilidad de actores del SRCTI (empresarios, investigadores, sector gubernamental y organizaciones de base).

En este sentido se consideran los **Doctorados en Ciencias Ambientales e Ingeniería Telemática**, como los pilares del proyecto en proceso de formación avanzada. El primero se desarrolla en conjunto con las Universidades del Cauca, Valle y Tecnológica de Pereira, inició actividades en el año 2009, en su marco se desarrollaran las investigaciones que requiere la región en busca de su competitividad en cuanto a la gestión Integral del recurso hídrico en Ecosistemas Andinos. El Doctorados en Ingeniería telemática se desarrolla en la Universidad del Cauca, inició actividades en el año 2005, en su marco se desarrollaran las investigaciones que requiere para realizar los servicios tecnológicos para gestión de información ambiental.

La formación de alto nivel en doctorados se desarrolla para generar la capacidad instalada de los líderes científicos por cada línea de investigación encargados de los ejes estructurantes para implementar el modelo de gestión que desarrolla el proyecto, así mismo a nivel de maestría se profundizará en la construcción de paquetes de servicios tecnológicos; es así como la relación de doctores y maestrías con sus líneas se presenta a continuación:

Doctorado/Maestría	Línea de investigación	Resultados
Doctorado en Ciencias Ambientales	Gestión Ambiental	Desarrollo de un modelo integral de Gestión del agua para la coadministración.
Doctorado en Ciencias Ambientales	Condiciones de Calidad y cantidad de agua.	Desarrollo de un modelo de medición de calidad ambiental en cuencas hidrográficas andinas



		(servicio ecosistémico - agua)
Doctorado	e-Ambiente	Desarrollo de plataformas expertas para monitoreo y alertas tempranas en calidad del agua
Maestría	Gestión de Riesgo	Gestión del riesgo, con énfasis las amenazas ante el cambio climático y la variabilidad climática de las cuencas y sistemas de abastecimiento de agua (énfasis en cabeceras urbanas).
Maestría	Optimización del servicio	Tecnologías Ambientales para gestión de Agua Potable.

1. OBJETIVO

Promover la formación del talento humano para adelantar actividades de investigación y desarrollo garantizando el alcance de resultados y la cualificación de investigadores regionales en el marco de los propósitos del proyecto **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE ALERTAS TEMPRANAS PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

2. DIRIGIDA A

Personas con título profesional que se encuentren en alguno de los siguientes estados:

- Estén cursando estudios en una universidad del país (Estudiando).
- Tengan admisión a un programa en una universidad del país (admitido).
- Sin admisión al programa en universidades del país (No admitido).

NOTA: No se financiarán aquellas personas que hayan sido beneficiadas por un crédito o beca educativa para el mismo nivel de formación.

3. REQUISITOS MÍNIMOS PARA PARTICIPAR

- Título o acta de grado del pregrado y/o de la Maestría (en caso de tenerla, para aspirar a programas de doctorado).
- Certificado de notas de pregrado y de la Maestría (si aplica). firmado por la oficina responsable de la Universidad. en el cual se señale de manera explícita el promedio acumulado durante sus estudios en una escala de 1 a 5, así como las notas obtenidas en cada una de las asignaturas.
- Candidatos en estado 'Admitido' o 'Estudiando': certificación expedida por la universidad en la cual se indique que está admitido oficialmente o se especifique el último semestre aprobado para quienes ya están estudiando.
- Candidatos en estado 'No admitido': incluir la carta de interés del tutor del programa doctoral en la Universidad con el cual establecieron contacto (opcional).
- Certificaciones de premios y reconocimientos académicos (si cuenta con ellos),



- f) Ensayo de la propuesta de investigación en el que se evidencie que la propuesta a desarrollar impactará una comunidad o a un grupo relevante del sector productivo del departamento del Cauca.
- g) Tener la hoja de vida registrada en Scienti

4. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

MECANISMO DE SELECCIÓN ESTUDIANTES POSGRADOS.

El proceso de evaluación y selección tendrá las siguientes etapas, considerando el modelo de COLCIENCIAS para el programa de posgrados generación bicentenario:

- 1) Revisión y verificación del cumplimiento de los requisitos y la documentación solicitada de acuerdo con lo estipulado en la convocatoria que se generará.
- 2) Evaluación del candidato por un panel conformado por miembros de la comunidad científica con título de doctorado. Para la evaluación se tendrá en cuenta la información registrada en CvLAC.
- 3) Los candidatos en estado “No admitido” deberán presentar entrevista ante un comité de evaluadores.
- 4) De acuerdo con la calificación obtenida en las etapas anteriores, los candidatos serán presentados en estricto orden descendente al Comité de Dirección. Se tendrá prioridad a los candidatos en los estados “Estudiando” y “Admitido” y a quienes adelanten estudios en las áreas de conocimiento priorizadas.

Los criterios que se tendrán en cuenta para la evaluación de los candidatos será la siguiente:

Criterios	Peso
Promedio académico del pregrado	10%
Trayectoria académica, profesional e investigativa	30%
Evaluación de la propuesta de investigación	20%
Se encuentra “admitido” o “estudiando” en el programa de posgrado.	10%
Valoración de premios y reconocimientos	5%
Tiene Maestría o fue joven investigador de Colciencias?	5%
Entrevista	20%
Total calificación del panel	100%

7) MODALIDAD DE APOYO

Durante el período de estudios cada estudiante recibirá los siguientes beneficios: Recibirá una beca equivalente al pago de matrícula y un apoyo de sostenimiento mensual durante todo el periodo de duración normal de los estudios, costos de tiquetes de pasantía internacional por una única vez y manutención de pasantía internacional por seis meses.

8) RESPONSABILIDADES DE LOS BECARIOS

En este ítem se relacionan las condiciones de compromiso de los beneficiarios para contribuir con el desarrollo de la región al finalizar sus estudios.



a) Una vez el estudiante haya sido admitido en el programa de estudios y se le haya adjudicado la beca, deberá cumplir con todos los lineamientos organizacionales y académicos solicitados por la Universidad, y deberá sujetarse también a las actualizaciones que de los mismos realicen las autoridades académicas.

b) Se podrá retirar la beca si el candidato no cumple con los estándares académicos y el reglamento de la Universidad donde está realizando sus estudios.

c) Los estudiantes que sean beneficiados con estas becas después de la conclusión de sus estudios deberán permanecer en la región por lo menos un período igual al de la duración de sus estudios.

Otro componente estratégico será el de **empaquetamiento tecnológico** que contempla dos fases relacionadas, la primera se centrará en estructurar los resultados investigación con los que inicia CIAgua como productos tecnológicos con propiedad intelectual, comercializables y transferibles, esta fase se desarrollará en el primer año del proyecto. La segunda fase recogerá los resultados y tangibles del componente de formación talento humano de alto nivel (maestrías y doctorados) que se consolidaran en la medida en que se vayan generando y configurando como producto ó servicio tecnológico, esta última fase iniciará a partir del segundo año aproximadamente.

RESULTADOS ESPERADOS

WP1 Análisis de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático de sistemas de abastecimiento hídrico en el departamento del Cauca para la gestión integral del agua y el riesgo.

- Cálculo de la vulnerabilidad y el riesgo ante el cambio climático y la variabilidad climática de las cuencas abastecedoras evaluadas.
- Metodología de evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática frente a la oferta de caudal y su calidad de agua en las cuencas aportantes de los municipios priorizados.
- Metodología de evaluación de la Vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática frente a la oferta de caudal y su calidad de agua en las cuencas aportantes de los municipios priorizados.
- Planes de gestión integral del agua considerando la incorporación tecnológica y el fortalecimiento organizacional.

WP2 Implementación de servicios tecnológicos en sistemas de abastecimiento de agua consolidando mecanismos de alertas tempranas priorizando aspectos de calidad y cantidad hídrica.

- Implementación de un sistemas de monitoreo meteorológico, de caudal, y calidad del agua con transmisión de datos en tiempo cercano al real para la toma de decisiones de gestión.
- El diseño e implementación de un sistema de monitoreo que considera desarrollos tecnológicos (red de estaciones, instrumentación con microsensores, sistemas de



información, transmisión en tiempo cercano al real) y de procedimientos (protocolos de operación - potabilización, calidad de agua, entre otras).

- Acceso a la plataforma de gestión de información del agua en línea.
- Desarrollo e implementación piloto de prototipo tecnológico para la optimización de sistemas de potabilización para abastecimiento humano.

WP3 Consolidar una red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable para generar procesos de cogestión, transferencia y apropiación social.

- Red interinstitucional de gestión de la innovación en el sector de agua potable.
- Acuerdos que fortalezcan las plataformas tecnológicas existentes para recopilar, capturar, normalizar y gestionar la información necesaria para analizar la vulnerabilidad al cambio climático y de abastecimiento hídrico en el Departamento del Cauca.
- Estrategia de apropiación social y transferencia tecnológica con participación de las comunidades fortaleciendo la relación entre actores.
- Formación de talento humano de alto nivel en gestión integral del agua, desarrollo de productos y servicios tecnológicos asociados.

PRESUPUESTO GLOBAL

RUBROS	Alcaldía de Patía		Alcaldía de Timbío		Alcaldía de Bolívar		Alcaldía de Popayán		Alcaldía de La Sierra		EMQUILCHAO	
	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo
01. Talento humano	\$ 4.656.000	\$ -	\$ 19.392.000	\$ -	\$ 21.600.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -	\$ 14.000.000	\$ -	\$ 14.000.000	\$ -
02. Equipos y software	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 10.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
03. Capacitación y participación en eventos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
04. Servicios tecnológicos y pruebas	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
05. Materiales, insumos y documentación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
06. Protección de conocimiento y divulgación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
07. Gastos de viaje	\$ 15.360.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
08. Infraestructura	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
09. Administrativos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10. Interventoría	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
11. Otros	\$ 6.360.000	\$ -	\$ 4.050.000	\$ -	\$ 3.400.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.000.000	\$ -	\$ 6.000.000	\$ -
TOTAL	\$ 26.376.000	\$ -	\$ 23.442.000	\$ -	\$ 25.000.000	\$ -	\$ 30.000.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -

CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA		CONTRAPARTIDA	
Alcaldía de Mercaderes		Alcaldía de Suarez		EMCASERVICIOS		JAC Clarete Bajo		Acueduco de Cajibío		CINARA		UPC-UNESCO		CRC	
Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo
\$ 14.000.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -	\$ 19.200.000	\$ -	\$ 9.696.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 30.000.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40.000.000	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
\$ 6.000.000	\$ -	\$ 20.028.000	\$ -	\$ 5.000.000	\$ -	\$ 3.500.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -
\$ 20.000.000	\$ -	\$ 40.028.000	\$ -	\$ 24.200.000	\$ -	\$ 13.196.000	\$ -	\$ 20.000.000	\$ -	\$ 45.000.000	\$ -	\$ 40.000.000	\$ -	\$ 40.000.000	\$ -

RUBROS	RESUMEN		SGR		TOTAL
	TOTAL DE CONTRAPARTIDA		Efectivo		
	Especie	Efectivo	Especie	Efectivo	
01. Talento humano	\$ 383.744.000	\$ -	\$ 1.750.400.000	\$ -	\$ 2.134.144.000
02. Equipos y software	\$ 310.000.000	\$ -	\$ 750.000.000	\$ -	\$ 1.060.000.000
03. Capacitación y participación en eventos	\$ 15.000.000	\$ -	\$ 792.000.000	\$ -	\$ 807.000.000
04. Servicios tecnológicos y pruebas	\$ 30.000.000	\$ -	\$ 50.000.000	\$ -	\$ 80.000.000
05. Materiales, insumos y documentación	\$ 40.000.000	\$ -	\$ 250.000.000	\$ -	\$ 290.000.000
06. Protección de conocimiento y divulgación	\$ 0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
07. Gastos de viaje	\$ 15.360.000	\$ -	\$ 250.000.000	\$ -	\$ 265.360.000
08. Infraestructura	\$ 0	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
09. Administrativos	\$ 0	\$ -	\$ 220.000.000	\$ -	\$ 220.000.000
10. Interventoría	\$ 0	\$ -	\$ 220.000.000	\$ -	\$ 220.000.000
11. Otros	\$ 80.338.000	\$ -	\$ 3.094.000.000	\$ -	\$ 3.174.338.000
TOTAL	\$ 874.442.000	\$ -	\$ 7.376.400.000	\$ -	\$ 8.250.842.000



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

VALORES DEL PROYECTO:

- Valor Solicitado a SGR: \$ 7.376.400.000
- Valor de Contrapartida: \$ 874.442.000
- Ingresos por Operación \$ 3.076.528.333
- Valor total del proyecto: \$ **11.327.370.333**

Los valores anuales solicitados al SGR son:

	2014 - 1	2015 - Año 2	2016- Año 3
Giro Sistema General de Regalías	\$ 3.144.740.000	\$ 2.299.740.000	\$ 1.931.920.000

EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA

Alternativa	Evaluación Financiera							Evaluación Económica						
	Valor Presente Neto - Financiero	Tasa Interna de Retorno - Financiero	Relación Beneficio Costo - Financiero	Costo Por Capacidad - Financiero	Costo Por Beneficiario - Financiero	Valor Presente de los Costos - Financiero	Costo Anual Equivalente - Financiero	Valor Presente Neto - Económico	Tasa Interna de Retorno - Económico	Relación Beneficio Costo - Económico	Costo Por Capacidad - Económico	Costo Por Beneficiario - Económico	Valor Presente de los Costos - Económico	Costo Anual Equivalente - Económico
Sistemas de abastecimiento de agua ecoinnovadores en el Departamento del Cauca	10.472.902.557,06	17,99	2,03	1.258.596.703,67	20.535,25	10.130.466.183,57	1.108.428,968,14	2.221.159.440,95	17,24	1,31	1.037.184,055,68	16.922,72	7.273.185.891,75	1.174.159.911,40



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

EVALUACIÓN SOCIO – ECONÓMICA

En vista de que el centro CIAgua trabaja con una tasa interna de retorno del orden de 17,99%, tasa que está por encima de las tasas de descuento social establecidas a nivel mundial. Podemos concluir que el proyecto es viable tanto financiera como económicamente hablando.

Además, se debe resaltar el hecho de que el proyecto contribuye al mejoramiento de la salud por intermedio del control y seguimiento de las condiciones hídricas. Así como también contribuye e impacta directamente en la economía debido al hecho que al mejorarse las condiciones en la prestación de los servicios del agua y a una correcta utilización y seguimiento de esta, se establecen o se dan las condiciones idóneas para el establecimiento de nuevas empresas y sectores industriales que van a impactar positivamente a las diversas economías regionales en donde tendrá influencia el proyecto.

EVALUACIÓN AMBIENTAL

Las actividades planteadas en este proyecto no generan un impacto adverso sobre el medio ambiente ni directamente en las comunidades asentadas en el área de estudio. Por el contrario con esta propuesta se espera tener un impacto positivo para la región, al garantizar la gestión integral del recurso hídrico con la participación de los actores regionales y el intercambio continuo con las comunidades garantizando un suministro de agua en cantidad y calidad a través de las empresas u organizaciones encargadas de esta tarea.

En el MGA y de forma posterior se adjunta la certificación expedida por la CRC sobre impacto ambiental.



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

LITERATURA CITADA

- A/CONF.206/6, "Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres," Kobe, Hyogo, Japón, Mar. 2005.
- Alter, Decision support systems?: current practice and continuing challenges. Reading Mass.: Addison-Wesley Pub., 1980.
- ALVEAR, L. y CEBALLOS, V. Programa: "Educando para formar sembradores de agua": una estrategia de educación ambiental para la adaptación al cambio climático de comunidades altoandinas del departamento del Cauca. Universidad del Cauca- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Popayán. Octubre. 2009
- Arana, V. (2011). Informe Perú: Vulnerabilidad de las ciudades frente al cambio climático en agua potable y saneamiento.
- ASHTON, P. Integrated Catchment Management: Balancing Resource Utilisation and Conservation, Course. Notes: Aquatic Biomonitoring Course, Grahamstown. February 2000.
- BALVÍN. D. LA NEGOCIACIÓN EN LOS CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES, ASOCIACIÓN CIVIL LABOR. Departamento de Gestión Ambiental Minera 16p. Agosto, Moquegua Peru.2005.
- Bartram, J., Corrales, L., Davison, A., Deere, D., Drury, D., Gordon, B., Howard, G., Rinehold, A. y Stevens, M. (2009). "Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers, WHO Press, Geneva. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241562638_eng.pdf."
- BATES, B. C., Kundzewicz, Z. W. et al. El cambio climático y el agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra. 2008.
- Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. y Palutikof, J. P. (2008). Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Secretariat, I. Ginebra, Intergovernmental Panel on Climate Change: 210.
- Calle, E. D., Rivera, H. G., Sarmiento, R. V. y Moreno, P. (2008). "Relaciones demanda-oferta de agua y el índice de escasez de agua como herramientas de evaluación del recurso hídrico colombiano." Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 32(123): 195-212.
- CANO, G. L. Patrón, estructura y proceso: una propuesta de modelo para la comprensión del negocio de los servicios públicos. Maestría en desarrollo. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de formación avanzada. Medellín. 2006
- CARVAJAL, Y., Correa, G. y Muñoz, F. Realización de modelos de predicción de caudal utilizando componentes principales de variables macroclimáticas y técnicas. Memorias encuentro RUBSUR. 2006
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL - CIAT. Diseño del protocolo para la caracterización de los ciclos de carbono y agua en ecosistemas de alta montaña. Agosto. 2006.
- Chavarro, M., García, A., García, J., Pabón, J., Prieto, A. y Ulloa, A. (2008). Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático. Preparándose para el Futuro, UNODC, Oficina de las Naciones Unidas contra la droga y el delito UNODC-Colombia: 58.
- COMISION DE REGULACION DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO, CRA. Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Revista No 14, Colombia. Julio. 2008.
- CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE EL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE CIAMA. Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible. Irlanda. Enero. 1992
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA. Plan de ordenación y manejo de la subcuenca hidrográfica del río las piedras. 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos. Planeación, D. N. d. Bogotá D.C., Departamento Nacional de Planeación: 619. 2011.
- Dickson, E., Díaz. C., Rubiano, D. y Campos, A. (2013). Generando sinergias para la reducción del riesgo de desastres en el nivel local : memorias del taller "Intercambio de Experiencias de Ciudades



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

Colombianas en Gestión del Riesgo de Desastres” . Disponible en: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2013/02/11/000425962_20130211110302/Rendered/PDF/752530WP0P082400Generando0sinergias.pdf.

- DNP (2011). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014. Prosperidad para todos. Bogotá, Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Echeverría, J. (2011). Evaluación de la Vulnerabilidad Futura del Sistema Hídrico al Cambio Climático. Informe Final proyecto "Mejoramiento de las Capacidades Nacionales para la Evaluación de la Vulnerabilidad y Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al Cambio Climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano", PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO – INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL.
- Elala, D. (2011). Vulnerability assessment of surface water supply systems due to climate change and other impacts in Addis Ababa, Ethiopia. disponible en: http://www.ibg.uu.se/digitalAssets/106/106222_elala-daniel.pdf.
- EPA (2010). Climate Change Vulnerability Assessments: A Review of Water Utility Practices. disponible en: <http://water.epa.gov/scitech/climatechange/upload/Climate-Change-Vulnerability-Assessments-Sept-2010.pdf>.
- EPA (2011). Climate Change Vulnerability Assessments: Four Case Studies of Water Utility . disponible en: [EPA/600/R-10/077F/March 2011/www.epa.gov](http://EPA/600/R-10/077F/March%202011/www.epa.gov).
- ESPINOZA, C. E., Villalta R. A. Primera etapa del plan de manejo integral del recurso hídrico: la estrategia nacional para la GIRH en costa rica: estudio de caso sobre la contaminación de la cuenca de los ríos Virilla y grande de Tarcoles. Costa Rica. Octubre. 2004.
- FALCK, M. El Manejo Integral de Recursos Hídricos: Lecciones y oportunidades sobre la base de la experiencia aplicada de Zamorano. Honduras. 1998.
- Ferrer-Mayol, P. (2006). Memoria del Taller “Reducción de la Vulnerabilidad de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Nicaragua”, Lithopress.
- Figueroa, A., Martínez, J., Joaqui, S. y Valencia, M. (2009). "MACACEA: Monitoreo Ambiental para Cambio Climático en Ecosistemas Agrícolas Altoandinos." Boletín VRI - Vicerrectoría de Investigaciones. 18: 1 - 49.
- Franco, L., Delgado, J., Andrade, G., Hernández, S. y Valderrama, J. (2011). Humedales Altoandinos frente al Cambio Climático Global Evaluación de la vulnerabilidad y estrategia de adaptación en un complejo de humedales de la cordillera oriental colombiana: Lagunas de Fúquene, Cucunubá y Palacio. Bogotá, Informe Final CONVENIO DHS No. 131 DE 2009 ECOPEPETROL – Fundación Humedales: 430.
- GEA (2012). Modelamiento climático, patrones de cambio y sus efectos en ecosistemas agrícolas altoandinos, identificando medidas de adaptación y mitigación para la planificación. MACACEA. Figueroa, A. Popayán, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural 84.
- GEA, Competitividad, G. M. R. d., Gobernación, d. C. y Cauca, C. (2013a). ConCIENCIA Cauca - Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación del Cauca. Popayán, Universidad del Cauca.
- GEA, GIT, CIAgua y CDKN (2013b). "INTER-INSTITUTIONAL, MULTI-SECTORAL ANALYSIS OF VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE FOR THE AGRICULTURAL SECTOR IN THE UPPER CAUCA RIVER BASIN IMPACTING ADAPTATION POLICIES". Popayán.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP) y ASOCIACIÓN MUNDIAL DEL AGUA (AMA). Gestión integrada de los recursos hídricos: Fortalecimiento de las Acciones Locales Documento Temático Eje Temático No. 2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos IV Foro Mundial del Agua Ciudad de México. México. Marzo. 2006.
- GONZALEZ, M. E., et al. "Cambio climático mundial: origen y consecuencias. Ciencias UANL 6: p. 377-385. 2003 GLOBAL WATER PARTNERSHIP TECHNICAL ADVISORY COMMITTEE - GWP, TEC. Background Paper No. 4: Integrated Water Resources Management. Global Water Partnership. Estocolmo. 2000.



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

- GUERRERO J. Presentación seminario internacional perdidas de agua en sistemas de acueducto, uso eficiente y ahorro del agua. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Septiembre. 2008.
- Hamm, "Cloud Computing: Eyes on the Skies," Bloomberg Businessweek, vol. The New Vulture Investors, 24-Apr-2008.
- Hernández, O., Suárez, C. y Naranjo, L. (2010). Análisis de Vulnerabilidad. Experiencias de Adaptación al cambio climático en ecosistemas de montaña (páramos y bosques de niebla) en los Andes del Norte. Memoerías del Taller Regional. Franco, C., Muñoz, A., Andrade, G. y Naranjo, L. Bogotá, WWF, MAVDT, IDEAM y Fundación Humedales.
- HOLLING C. S. Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems source: Ecosystems. Springer Stable. Vol. 4, No. 5. Aug. 2001 URL: <http://www.jstor.org/stable/3658800>.
- Hsu and M.-Z. Li, "Techniques for finding similarity knowledge in OLAP reports," Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 3743-3756, Apr. 2011.
- IDEAM (2001). "Colombia: Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá. En : www.ideam.gov.co/publica/cambioclimatico/PrimeraComunicacionColombia.pdf."
- IDEAM (2008). Estudio Nacional del Agua, relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. Informe Anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia. Instituto de Hidrología, M. y E. A.-I. Bogotá, IDEAM: 162.
- IDEAM (2010). Colombia Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, IDEAM.
- INNA (2011). Guía para la reducción de la vulnerabilidad en Sistemas de agua potable y saneamiento, Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados, INNA.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA IDEAM. RecursoHídrico. 2008. URL: <http://www.cambioclimatico.gov.co/adaptacion-hidrico.html>.
- International Strategy for Disaster Reduction, "EWC III-Tercera Conferencia Internacional sobre Alerta Temprana," Bonn, Alemania, 2006, p. 10.
- International Water Association IWA. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. The Blue Pages. The IWA information source on drinking water issues. 2000.
- IPCC (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M. y Midgley, P. M., Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.
- IPCC. Special Report on Emission Scenarios. A Special Report of Working Group III. WMO, UNEP, USA. 2001.
- IPCC. Third assessment report mitigation climate change. Contribution of working group III to the third assessment report by the intergovernmental panel on climate change. WMO, UNEP, USA. 2001.
- Marston, Zhi Li, S. Bandyopadhyay, and A. Ghalsasi, "Cloud Computing - The Business Perspective," 2011, pp. 1-11.
- MARTÍNEZ, R., y San Lee F. Experiencias del proyecto de educación ambiental aplicado a la comunidad del barrio Santiago de San Rafael de Heredia. Revista Biocenosis. Costa Rica. Vol.18. p. 1-2. 2004.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIA. Política ambiental nacional – proyecto colectivo ambiental. Bogotá.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL y INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. Estrategia Nacional de Educación, Formación y Sensibilización de Públicos sobre Cambio Climático. Segunda Comunicación de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Bogotá D.C., 2009.



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua, 2004.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Lineamientos de políticas para el manejo integral del agua. Bogotá.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. IDEAM Estudio Nacional del Agua (SF). 2010.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. Política Nacional de educación ambiental SINA. Bogotá, D.C. Julio. 2002.
- Niemeijer, D., & De Groot, R. S. (2008). A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators*, 8(1), 14–25. doi:10.1016/j.ecolind.2006.11.012
- Ojeda, E. y Arias, R. (2000). Informe Nacional sobre La Gestión del Agua en Colombia. Agua para el siglo XXI para América del Sur, de la visión a la acción. Partnership, G. W. Bogotá, CEPAL.
- OSORIO, J. A. Costeo basado en actividades para las empresas de acueducto, alcantarillado, aseo, energía, gas.
- PALACIOS, S. M. Manejo del recurso hídrico y estrategias para su gestión integral en la microcuenca Mijitayo, Pasto Colombia. Tesis de magister Scientiae en manejo integrado de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Costa Rica. 2006.
- PNUD (2011). Análisis de vulnerabilidad y adaptación a cambio climático para la subcuenca río Molino (parte alta y media), municipio de Popayan, Cauca. Disponible en: <http://acueductopopayan.com.co/wp-content/uploads/2012/08/analisis-vulnerabilidad-cuenca-molino.pdf> Colombia.
- PRICC (2012a) Modelo de Evaluación de Vulnerabilidad.
- PRICC (2012b). Modelo para el análisis y estimación de la vulnerabilidad territorial ante la variabilidad y el cambio climático. disponible en: http://pricc-co.wdfiles.com/local--files/grupo-analisis-de-vulnerabilidad/2012Ene27_Resumen_plenaria.pdf.
- Pyke et al., "A decision inventory approach for improving decision support for climate change impact assessment and adaptation," *Environmental Science & Policy*, vol. 10, pp. 610-621, Nov. 2007.
- QUINTANA R (sf). El Conflicto Socioambiental y Estrategias de Manejo, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia
- RIQUELME CH., D. El Pago por Servicios Ambientales, Una Oportunidad para Contribuir al Desarrollo Sostenible de Panamá. Autoridad Nacional del Medio Ambiente (ANAM). Unidad de Economía Ambiental, ANAM. p. 1-2. Panamá. 2005
- Rueda, "Revista Sistemas," ¿Qué? es la computación en la nube?, vol. 112, pp. 72-80, Jan-2010.
- SAAVEDRA U. Índice de precipitación estandarizado SPI sequia - excesos hídricos para Popayán y Púrace. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo. 13 p. 2008.
- TURTON, A. and Henwood, R. *Hydropolitics in the developing world: A Southern African perspective*, African Water Issues Research Unit. Pretoria. 2002.
- TWB (2013). Project "Disaster Vulnerability Reduction First Phase APL". disponible en: <http://www.worldbank.org/projects/P082429/disaster-vulnerability-reduction-first-phase-apl?lang=en>. The World Bank.
- TXU Utility Solutions, *Business Outsourcing in the Energy Delivery Industry: Rationale, trends, and market needs 2001*.
- UNFCCC. *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to climate change*. United Nations Framework Convention on Climate Change. 155 p. 2005.
- UNISDR, *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Ginebra, Suiza: Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, 2009.
- Universidad de Antioquia comunicación presentada en el I Encuentro iberoamericano de contabilidad de gestión Valencia. Noviembre. 2000.



- Van der Meijden, "Determinants of Success of Inpatient Clinical Information Systems: A Literature Review," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 10, pp. 235-243, Jan. 2003.
- Vuille, M., Francou, B., Wagnon, P., Juen, I., Kaser, G., Mark, B. G. y Bradley, R. S. (2008). "Climate change and tropical Andean glaciers: Past, present and future." *Earth-Science Reviews* 89(3-4): 79-96.
- WATSON, R., ZINYOWERA C. and MOSS R. The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers. Report of IPCC Working Group II. Cambridge Press, NY, 16 p. 1998.
- Wolfslehner, B., & Vacik, H. (2011). Mapping indicator models: From intuitive problem structuring to quantified decision-making in sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 11(2), 274–283. doi:10.1016/j.ecolind.2010.05.004
- WUNDER S. Payments for environmental services: Some nuts and bolts CIFOR occasional paper No 42, 2005, Yakarta, Indonesia.



Aquarisc



vulnerabilidad.cauca@correounivalle.edu.co



@aquarisc_sgr