

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS VILLAVICENCIO
DOCUMENTO DE TRABAJO - PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
VII CONVOCATORIA INTERNA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN
MODALIDAD: Nuevos Investigadores

**Análisis de viabilidad de captación de agua atmosférica como fuente alterna
de abastecimiento para el municipio de Villavicencio, Meta**

INVESTIGADOR PRINCIPAL: **Verónica Duque Pardo**, CC: 1.016.023.600. Ingeniera Ambiental, magistra en hidrosistemas, docente de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, experiencia en docencia, investigación, asesoría de trabajos de grado, metodologías de investigación, trabajo en laboratorio y en campo, formulación de estudios de impacto ambiental y medidas de manejo ambiental. Con conocimiento en trabajo con la comunidad, y socialización de resultados investigativos. Integrante del Grupo de Investigación "Gestión Ambiental USTA Villavicencio – GAUV" de la *Facultad de Ingeniería Ambiental*. Código Colciencias: COL0159731. CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000033879

AUXILIARES DE INVESTIGACIÓN: Maria Camila Mora Estupiñan y Lina María Muñoz Cardenas.

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL - GRUPO DE INVESTIGACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL USTA VILLAVICENCIO (GAUV); GrupLAC: <https://scienti.colciencias.gov.co/gruplac/jsp/visualiza/visualizagr.jsp?nro=00000000016177>

RESUMEN

La escasez de agua en Villavicencio depende de la carencia de sistemas adecuados de abastecimiento, infraestructura limitada y gestión inadecuada del recurso hídrico, debido a esto, es necesario evaluar diferentes opciones para obtener agua de fuentes alternativas como lo son la humedad atmosférica y el agua lluvia. Teniendo en cuenta que estos parámetros se ven afectados por diversas condiciones como topografía, temperatura, velocidad de los vientos, es necesario determinar la viabilidad de captación de agua atmosférica y definir las zonas con mayor potencial para este aprovechamiento, estas zonas serán identificadas a partir de un análisis multitemporal y espacial de las series de tiempo diarias registradas en las estaciones que tienen cobertura en el municipio, simultáneamente se diseñará y construirá un prototipo que permita la captación de agua proveniente de la humedad atmosférica, esto con el fin de realizar muestreos compuestos de humedad atmosférica y agua lluvia en los puntos en los que se identificó un alto potencial de aprovechamiento del recurso y alta viabilidad de uso de tecnologías alternativas para implementación de nuestras estrategias de abastecimiento del recurso hídrico para Villavicencio, Meta.

PALABRAS CLAVE: humedad atmosférica; agua lluvia; tecnología alternativa; abastecimiento de agua.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La ciudad de Villavicencio presenta normalmente problemas en el suministro de agua debido a carencia de infraestructura, inadecuado manejo del recurso, y falta de apropiación de tecnologías alternativas para suplir esta necesidad; Por esto el problema de investigación a tratar en este proyecto de investigación es ¿Qué alternativas son viables para el suministro de agua en la ciudad de Villavicencio a partir de agua atmosférica?

LÍNEA ACTIVA DE INVESTIGACIÓN Y APOORTE

El proyecto se enmarca dentro la la Línea Activa de Investigación del Programa de Ingeniería Ambiental: Gestión Ambiental. Dentro de esta línea se encuentran definidas varias sublíneas de investigación, siendo una de ellas “Recurso Hídrico” la que se fortalecerá. Este proyecto de investigación está formulado para evaluar una alternativa de suministro de agua a partir de agua atmosférica para abastecer a Villavicencio, lo anterior enmarcado en el campo de manejo integral del recurso hídrico, de tal forma que se implementarán conocimientos propios de un ingeniero ambiental, resaltando conocimientos de abastecimiento y potabilización del agua, la importancia del uso de tecnologías limpias, y la apropiación de alternativas sustentables para solucionar problemas sociales.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la viabilidad de captación de agua atmosférica como fuente alterna de abastecimiento para el municipio de Villavicencio, Meta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Zonificar el municipio de Villavicencio (Meta), según potencial de aprovechamiento de humedad atmosférica y aguas lluvias.
- Diseñar un prototipo que permita realizar la captación de humedad atmosférica en zonas de alto potencial de aprovechamiento.
- Determinar el uso del agua atmosférica según parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica.

JUSTIFICACIÓN

Villavicencio es uno de los municipios con mayores índices de humedad atmosférica y precipitación anual en Colombia, se presentan precipitaciones promedio anual de 4300 mm, además, el régimen de precipitación en el municipio se caracteriza por presentar un período lluvioso entre los meses de abril a noviembre y un período seco entre los meses de diciembre a marzo, en cuanto a humedad relativa se registra un rango alrededor del 80% que disminuye hasta un 66%, en los meses donde la temperatura aumenta de enero a marzo.

Sumado a esto el municipio, cuenta con una amplia red hídrica natural que vierte a la cuenca del río Ocoa (LIMNOESTUDIOS E.U & CORMACARENA, 2014); sin embargo, se abastece de la cuenca del Río Guatiquía con la quebrada La Honda; en esta quebrada durante la temporada de lluvias se han presentado derrumbes de las infraestructuras de captación y aducción debido a las avenidas causadas por la intensidad de la precipitación, lo que conlleva a un desabastecimiento en el municipio durante largos periodos de tiempo (EL TIEMPO, 2018).

Por lo tanto, ante la escasez de agua y los problemas de abastecimiento puntuales que sufren las zonas rurales y también gran parte de la población urbana en la ciudad debido a las fallas anteriormente mencionadas, que afectan la normal operación por parte de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio, y teniendo en cuenta la reincidencia de los daños, es necesario implementar nuevas alternativas de abastecimiento, especialmente para los sectores que se han visto más afectados por esta problemática; es por este motivo, que se propone determinar la viabilidad de hacer uso del agua atmosférica (humedad y precipitación) como fuente alterna de abastecimiento para las diferentes actividades que se desarrollan en Villavicencio, todo esto teniendo en cuenta los parámetros de calidad reglamentados para estos usos.

Por las razones anteriormente expuestas, es necesario plantear y desarrollar nuevas alternativas para el aprovechamiento del agua como la recolección de esta a partir de la humedad atmosférica, la cual es poco reconocida en este conjunto de sistemas y es uno de los objetos de estudio del presente trabajo (Orozco & Molina López, 2016). Conjuntamente, este sistema resulta interesante ya que se caracteriza por ser económico, eficiente y puede llegar a funcionar muy bien, teniendo en cuenta que Colombia cuenta con diversidad de ecosistemas, microclimas y relieve lo cual favorece su implementación siendo Villavicencio una zona de clima húmedo, ideal para el desarrollo del tipo de dispositivo que se pretende diseñar en este trabajo de investigación.

Por otra parte, también es objeto de este estudio, hacer un análisis de la viabilidad del aprovechamiento de aguas lluvia en esta región, como alternativa complementaria, a la descrita en el párrafo anterior. Es conocido que la región del piedemonte llanero presenta meses específicos en los cuales se cuenta con regímenes de precipitación bastante considerables, llegando a los 7000 mm anuales (Arango, Dorado, Guzmán, & Ruiz, 2000), y de los cuales se puede hacer aprovechamiento, haciendo una evaluación de la calidad fisicoquímica de esta agua, garantizando que cumpla con los estándares de calidad.

Los sistemas de aprovechamiento de agua no convencionales hacen referencia a tecnologías poco tradicionales, de raro uso por razones culturales, económicas o ambientales, estos modelos de captación alternativa de agua mediante el aprovechamiento de la humedad atmosférica y precipitación como fuentes no convencionales son una opción de tecnología viable que puede solventar la falta de

agua para uso doméstico en las zonas rurales de la capital del Meta pues es una fuente permanente y segura en términos de cantidad y calidad, mejorando así, el bienestar y la calidad de vida de la sociedad (Comisión Nacional Reguladora de Agua, 1996).

De igual forma este posee un gran valor social, puesto que es un sistema para el aprovechamiento de la humedad atmosférica, aún no está patentado, además logra beneficiar aquellas poblaciones que se encuentran alejadas de cuerpos hídricos o que no poseen acceso al recurso hídrico. También es una alternativa eco-amigable ya que según estudios previos en Chile su impacto en el ambiente es mínimo, por lo cual lo convierte en un modelo sostenible para las actuales y futuras generaciones (Rodríguez & Molina Torres, 2016).

Adicionalmente, la implementación de estas alternativas otorga una solución que coopera con el cumplimiento del objetivo seis de la agenda de desarrollo mundial para el 2020 adoptada por la asamblea general de las naciones unidas en el año 2015 denominado; Agua y saneamiento; que tiene como objetivo garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos basado en el agua libre de impurezas y accesible (ONU, 2015). Es decir que la puesta en marcha de estos sistemas alternativos contribuiría con el desarrollo social, económico y ambiental de Villavicencio como ciudad capital.

MARCO TEÓRICO

Los recursos hídricos son todos los cuerpos de agua que existen en el planeta desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida (Pérez Porto & Merino, 2014).

El agua es una sustancia elemental que permite la vida en nuestro planeta ; su molécula está constituida por dos átomos de oxígeno y uno de hidrógeno, llamada puente de hidrógeno, lo que la hace resistente a la separación (Calleja, 2009). Esta sustancia se encuentra en el ambiente en cualquiera de los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso, los cuales se distinguen por que cambia el orden molecular (La materia: Estados de agregación, 2012).

La condensación o cambio de la fase gaseosa a líquida ocurre cuando la molécula de vapor de agua choca con una superficie cuya temperatura es menor que la temperatura de saturación para la presión a la que se encuentra el vapor; durante este proceso la molécula de agua libera energía cinética en forma de calor enfriándose hasta su punto de rocío formando pequeñas gotas de líquido (Rice, 2011). El punto de rocío es la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua que contiene una masa de aire generando rocío, niebla, neblina o incluso escarcha si la temperatura es lo suficientemente baja (Soriano, 2015).

Este fenómeno tiene parte de la responsabilidad de la sensación de temperatura mayor en un ambiente muy cálido y muy húmedo, sin embargo, el agua en forma de vapor, está siempre presente en la atmósfera, aun en los climas secos.

El agua es la sustancia líquida más común sobre la superficie de la Tierra, cubriéndola en dos tercios y ha jugado un papel importante en el desarrollo de la sociedad actual. Los seres humanos dependemos de su disponibilidad no sólo para el consumo doméstico, sino también para el funcionamiento y la continuidad de las actividades agrícolas e industriales (Semarnat, 2012).

De acuerdo con el Decreto 1594 de 1984 se entiende por uso del agua para consumo humano y doméstico su empleo en actividades tales como: a) Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, b) Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato, c) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios. Así mismo en este decreto se entiende por uso del agua para fines recreativos, su utilización, cuando se produce: a) Contacto primario, como en la natación y el buceo, b) Contacto secundario, como en los deportes náuticos y la pesca.

Una de las grandes dificultades que enfrenta la humanidad es la falta de agua dulce ya que más del 97% del agua de la Tierra es agua salada. Las estimaciones llevadas a cabo vienen a establecer que el 100 % del agua total del planeta se distribuye de la siguiente manera: 97,47 % de agua salina, 2,53 % de agua dulce, 1,76 % de glaciares y capas polares, 0,76 % de agua subterránea y 0,01 % de lagos, ríos y atmósfera (FAO, 2002). Y en las últimas décadas, con la finalidad de dotar del servicio de agua potable a una población cada vez más numerosa, la demanda por el líquido ha crecido significativamente generando su escasez.

La escasez de agua se produce donde no hay suficientes recursos hídricos disponibles para satisfacer las demandas de agua a medio-largo plazo (UNESCO, 2015). Si bien este es un recurso renovable o inagotable, existen dos tipos de escasez de agua.

El primer tipo es la escasez física del agua, la cual es la limitación en el acceso a fuentes de agua debido a que los recursos hídricos no son suficientes para satisfacer la demanda de una región, incluyendo la demanda de los ecosistemas para poder funcionar de manera efectiva; ejemplos de este tipo se presenta en muchas latitudes del mundo como el África Subsahariana, Asia, España y en algunos países del continente americano (Brignardello, 2013).

La escasez económica del agua, es el segundo tipo, se debe a una falta de inversión en infraestructura o tecnología para extraer el agua de los ríos, acuíferos y otras fuentes de agua, o incluso las limitaciones económicas de los países subdesarrollados; una cuarta parte de la población mundial se ve afectada por la escasez económica de agua. Los síntomas de la escasez económica de agua además incluyen la falta de una infraestructura para el abastecimiento de agua salubre (Brignardello, 2013).

Satisfacer la demanda de agua continua y cada vez mayor requiere esfuerzos para compensar la variabilidad natural y mejorar la calidad y la cantidad del agua disponible por lo que se debe innovar en la manera de acceder a ella y para suplir estas necesidades existe la implementación de sistemas no convencionales de obtención de agua mediante la humedad conocidos como atrapanieblas, estos pueden llegar a constituirse como una alternativa viable que suple en parte la demanda de agua en zonas donde las fuentes hídricas no son suficientes.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que se tiene respecto a la cantidad necesaria para llegar al punto de saturación, se expresa en porcentaje. Un aire saturado tiene humedad relativa de 100% llegando al punto de rocío. La saturación se produce por un aumento de la humedad relativa con una misma temperatura o por el descenso de la temperatura con la misma humedad relativa (IDEAM, 2014).

Los atrapanieblas son tecnologías no tradicionales cuya estructura tiene por objetivo captar las partículas de agua que posee la humedad mediante el proceso de condensación, y poder aprovechar este recurso hídrico. En este proceso intervienen factores meteorológicos, topográficos y estacionales, los cuales condicionan el rendimiento del sistema (Ministerio de Salud, 2010).

Estos sistemas consisten en: a) Una malla colectora con una luz determinada, que deja pasar la humedad o niebla y sobre la cual condensan el contenido en agua de la misma. Las mallas están hechas con hilos de polipropileno, similares al nylon; pero pueden utilizarse otros materiales. b) Unos soportes que sirven de estructura para la malla colectora. c) Una canaleta recolectora sobre la cual, por gravedad, se recoge el agua condensada. d) Un depósito o recolector donde almacenar el agua acumulada y desde la cual se canaliza hasta el punto de consumo (Quintanilla, Morales Estruch, Nieto Aravena, & Silva Villarroel, 2009).

En primer lugar, para su funcionamiento cada uno de los paneles de un atrapanieblas está cubierto con una malla cuya textura es de un diámetro tan pequeño que solo puede ser atravesado por la punta de un lápiz.

Cuando hay niebla, dependiendo de la cantidad de humedad, viento, temperatura y relieve, cada metro puede atrapar entre 4 a 5 litros diarios. El sistema permite interceptar el flujo de la niebla de alta densidad o humedad. Para esto es necesario ubicar los paneles en dirección perpendicular al viento y a una altura entre los 700 a 900 (dependiendo de las condiciones climatológicas de cada región) la idea es atrapar la niebla (Organización de los Estados Iberoamericanos, 1998).

Cuando esto ocurre, los miles de gotas son capturadas por las redes. Acumulándose una con otra, hasta formar gotas más grandes que terminarán cayendo por su propio peso a una canaleta plástica. Luego, son llevadas a un

estanque cerrado para evitar su contaminación con el aire exterior y mantener su pureza (Organización de los Estados Iberoamericanos, 1998).

Aunque los diseños de este sistema de atrapar agua son muy sencillos, en la actualidad se han desarrollado diferentes tipos de estructuras lo cual permite que esta tecnología se desarrolle como alternativa de abastecimiento de agua potable. Los atrapanieblas se pueden clasificar entre aquellos con un soporte estructural de marco rígido o aquellos soportes basados en tenso-estructuras (CORFO, 2014):

Los atrapanieblas bidimensionales consisten en una superficie de colección (malla Raschel u otra), enmarcada o tensada entre dos postes, de manera que se ubique perpendicularmente con respecto a la dirección del viento. Estos modelos varían en cuanto a dimensiones y materialidad en las soluciones de empotramiento al suelo y sistema de fijación de la malla.

Los atrapanieblas tridimensionales son menos comunes y aunque hay algunos que se ofrecen comercialmente, la mayoría están asociados a proyectos experimentales que plantean soluciones de innovación para optimizar el rendimiento de la colección de agua y, en algunos casos, optimizar la estabilidad estructural frente a los fuertes vientos. Éstos aún requieren de una verificación más precisa de sus resultados. Algunos de los atrapanieblas tridimensionales están diseñados para ser instalados en lugares con nieblas multidireccionales, para lo cual ofrecen varios frentes con superficies de colección del agua de niebla, como es el caso del atrapanieblas macro diamante y el cilíndrico.

Para que el vapor de agua se condense, se requieren las siguientes condiciones (Olivas, 2013):

- El aire debe tener una humedad relativa cercana al 100%.
- Es necesario que se produzca un enfriamiento o que el aire saturado reciba, sin cambiar de temperatura, una aportación mayor de vapor de agua. Entre más caliente sea el aire, mayor cantidad de vapor de agua contendrá y al enfriarse hasta alcanzar el punto de rocío, el aire no podrá mantener todo el vapor de agua, una parte de este se condensa en pequeñas gotas formando la niebla.
- Es indispensable de una superficie sólida sobre la cual se condense el vapor de agua.

MARCO METODOLÓGICO

Fase I - Zonificación según potencial según potencial de aprovechamiento de humedad atmosférica y aguas lluvias.

Actividad 1: Información Secundaria

Para determinar las zonas en las que se presentan mayores índices de precipitación y porcentajes de humedad atmosférica, se requiere realizar un análisis espacial y temporal de las series de tiempo de estos dos parámetros. Se solicitarán registros diarios y mensuales de precipitación y humedad relativa de los últimos 30 años de

las estaciones ubicadas en el municipio de Villavicencio, así mismo las estaciones meteorológicas que tengan incidencia en esta área, para su posterior procesamiento.

Actividad 2: Procesamiento de series de tiempo

Teniendo en cuenta que gran parte de la información suministrada por el IDEAM requiere de un procesamiento previo para validación de los datos, se analizarán las series de tiempo suministradas, tomando como objeto de estudio los años que cuenten con mayor número de registros, con el fin de disminuir la incertidumbre.

Posterior a la verificación de las series de tiempo y su validez, por medio de procesos de interpolación a partir de polígonos de Thiessen (Moreano, 2008) se desarrollará cartografía temática (precipitación y humedad relativa) que permita apreciar la distribución multitemporal y espacial de estos parámetros en el municipio de Villavicencio.

Actividad 3: Zonificación según potencial de aprovechamiento.

A partir de los mapas temáticos generados anteriormente, se delimitarán diferentes zonas según el rango de precipitación y humedad relativa que se reporten en las series de tiempo, esto definirá mayor potencial de aprovechamiento para las zonas que presenten mayor número de registros altos para humedad relativa y para precipitación.

Fase II - Diseño un prototipo que permita realizar la captación de humedad atmosférica en zonas de alto potencial de aprovechamiento.

Teniendo en cuenta que el diseño del prototipo dependerá de las condiciones ambientales de la zona en la que se instalará a futuro el sistema, se deben conocer parámetros como radiación solar, velocidad de los vientos y topografía, para a partir de estos diseñar un prototipo que disminuya los efectos adversos que estos podrían ocasionar sobre el proceso de captación de agua atmosférica.

Sumado a esto, teniendo en cuenta que la región cuenta con abastecimiento de una amplia variedad de materia prima para la construcción del sistema, se procederá a seleccionar los más adecuados para de esta forma diseñar y construir una estructura que cumpla con las características de una tecnología alternativa apropiada.

Fase III - Usos del agua atmosférica según parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica.

Actividad 4: Muestreo

Teniendo en cuenta las zonas en las que se determinó mayor potencial de aprovechamiento de agua atmosférica, se realizarán 4 jornadas de muestreo de agua lluvia y de agua captada por condensación (humedad atmosférica).

- **Recolección de muestras de humedad atmosférica:** Haciendo uso del prototipo de captación diseñado y construido en la fase anterior se realizarán jornadas de captación de humedad atmosférica en las zonas en las que se presentó mayor potencial de aprovechamiento, según los resultados obtenidos de la fase I del presente estudio. Estas muestras deberán completar 1 L de agua, para proceder al procesamiento en laboratorio y determinar su uso.
- **Recolección de muestras de agua lluvia:** Se tomarán dos muestras compuestas de un volumen por muestra de 1L, estas muestras serán recogidas al aire libre (antes de entrar en contacto con la superficie terrestre) Este muestreo se llevará a cabo durante los meses en los que se determinó mayor potencial de aprovechamiento de este recurso.

Actividad 5: Procesamiento de muestras

El procesamiento de las muestras de agua se desarrollará en el laboratorio de la Universidad, sede Villavicencio, así mismo, con el fin de respaldar los resultados una muestra de cada punto de captación se analizará en un Laboratorio de calidad de agua certificado para los parámetros de interés descritos a continuación:

Determinación de la Calidad del Agua: Las muestras recogidas serán llevadas a los laboratorios de la universidad, para ser procesadas y analizadas, a partir de sus parámetros físicos (temperatura, conductividad, olor, sabor, color, turbiedad), químicos (determinación de pH, dureza, nitritos, alcalinidad, cloruros, DBO, DQO, plomo, cadmio, mercurio) y microbiológicos (coliformes fecales, totales y *Escherichiacoli*).

Actividad 6: Clasificación de uso según parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.

A partir de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio aplicados a las muestras determinando la seguridad tanto fisicoquímica como microbiológica para su uso, aunque es de resaltar que según la OMS y la OPS el agua producto de fuentes alternativas, como el agua lluvia presenta altos niveles de calidad, se definirán los usos para los que podría ser destinado el agua atmosférica captada en las zonas con mayor potencial de aprovechamiento.

Teniendo en cuenta estos resultados se procederá a formular alternativas apropiadas de tratamiento del agua en caso de no ser adecuada para ninguno de los usos establecidos en la norma.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDAD (Si necesita más campos ábralos por favor)	FECHA ESTIMADA DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (Qué, Donde, Para qué y Cómo)	QUIENES PARTICIPAN DE LA ACTIVIDAD
Zonificar el municipio de Villavicencio (Meta), según potencial de aprovechamiento de humedad atmosférica y aguas lluvias.	Recolección de información Secundaria	20/02/2019	Obtención de series de tiempo.	Docentes investigadores
	COSTO: \$ 500.000			
	Procesamiento de series de tiempo	20/04/2019	Interpolación y procesamiento de adecuación de series de tiempo	Docentes investigadores
	COSTO: \$			
	Zonificación según potencial de aprovechamiento.	05/10/2019	Construcción de mapas temáticos multitemporales	Docentes investigadores
	COSTO: \$ 100.000			
Diseñar un prototipo que permita realizar la captación de humedad atmosférica en zonas de alto potencial de aprovechamiento.	Selección, construcción y ubicación del prototipo para que empiece a realizar la captación de la humedad.	28/07/2019	Contrucción del prototipo de captación de niebla (Humedad atmosférica)	Docentes investigadores
Determinar el uso del agua atmosférica según parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica	Muestreo	28/08/2019	muestreo de agua proveniente de humedad atmosférica y aguas lluvia.	Docentes investigadores
	COSTO: \$1'700.000			
	Procesamiento de muestras	09/10/2019	Procesamiento de muertras en laboratorio certificado y de la Universidad.	Docentes investigadores
	COSTO: \$3'100.000			
	Clasificación de uso según parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.	30/09/19	Comparativo de los resultados obtenidos en laboratorio con la normatividad vigente para usos del agua.	Docentes investigadores
	COSTO: \$20.000			
Participación en Evento Nacional	Ponencia	Oct-19	Socialización de resultados	Docentes investigadores
Organización de Evento local	Evento local Tenologías alternativas	Oct-19	Organización de evento local en la Universidad	Comunidad académica

PRESUPUESTO

El presupuesto desglosado por ítem se puede apreciar en el documento Anexo 5, teniendo en cuenta los rubros que se destinarán en cada actividad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS	ACTIVIDAD (Si necesita más campos ábralos por favor)	FECHA ESTIMADA DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (Qué, Donde, Para qué y Cómo)	QUIENES PARTICIPAN DE LA ACTIVIDAD	ENTREGABLES	TOTAL
Zonificar el municipio de Villavicencio (Meta), según potencial de aprovechamiento de humedad atmosférica y aguas lluvias.	Recolección de información Secundaria	20/02/2019	Obtención de series de tiempo.	Docentes investigadores	Entrega digital de Mapas temáticos multitemporales	500,000
	COSTO: \$ 500.000					-
	Procesamiento de series de tiempo	20/04/2019	Interpolación y procesamiento de adecuación de series de tiempo	Docentes investigadores		-
	COSTO: \$					-
	Zonificación según potencial de aprovechamiento.	05/10/2019	Construcción de mapas temáticos multitemporales	Docentes investigadores		100,000
	COSTO: \$ 100.000					-
Diseñar un prototipo que permita realizar la captación de humedad atmosférica en zonas de alto potencial de aprovechamiento.	Selección, construcción y ubicación del prototipo para que empiece a realizar la captación de la humedad.	28/07/2019	Contrucción del prototipo de captación de niebla (Humedad atmosférica)	Docentes investigadores	Dispositivo de captura de niebla.	2,400,000
Determinar el uso del agua atmosférica según parámetros de calidad microbiológica y fisicoquímica	Muestreo	28/08/2019	muestreo de agua proveniente de humedad atmosférica y aguas lluvia.	Docentes investigadores	Reporte de resultados de calidad del agua de agua lluvia y humedad atmosférica.	1,700,000
	COSTO: \$1'700.000					-
	Procesamiento de muestras	09/10/2019	Procesamiento de muestras en laboratorio certificado y de la Universidad.	Docentes investigadores		3,100,000
	COSTO: \$3'100.000					-
	Clasificación de uso según parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.	30/09/19	Comparativo de los resultados obtenidos en laboratorio con la normatividad vigente para usos del agua.	Docentes investigadores	Reporte de usos de agua atmosférica según parámetros de calidad	20,000
	COSTO: \$20.000					-
Participación en Evento Nacional	Ponencia	Oct-19	Socialización de resultados	Docentes investigadores	Certificados de asistencia	1,400,000
Organización de Evento local	Evento local Tenologías alternativas	Oct-19	Organización de evento local en la Universidad	Comunidad académica	Certificados de organizadores, registro fotográfico, listados de asistencia.	1,980,000
						7,000,000

PRODUCCIÓN PROGRAMADA E IMPACTO ESPERADO

El proyecto impactara en la opción de nuevas alternativas de abastecimiento del recurso hídrico en el Departamento del Meta, situación que se ha visto agravada en los últimos tiempos debido al impacto del cambio climático en los recursos hídricos convencionales. Adicionalmente los espacios académicos del Recurso Hídrico pertenecientes al programa de Ingeniería ambiental se verán beneficiados. En la siguiente Tabla se presentan los productos científicos que se generarán del presente proyecto.

CATEGORÍA COLCIENCIAS	DESCRIPCIÓN
a. Producto de nuevo conocimiento	1 artículo a enviar a revistas reconocidas por Elsevier 1 Capítulo de libro como aporte al Libro de Investigación de la Facultad de Ingeniería Ambiental, sede Villavicencio.
b. Productos de apropiación social del conocimiento	Participación en Evento científico: Participación con ponencia en evento nacional. Desarrollo de Espacios de participación ciudadana en CTel: Coloquio Tecnologías Alternativas para la región de la Orinoquía.
c. Productos de formación del recurso humano	1 Tesis de grado de pregrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, C. ;, Dorado, J., Guzmán, D. ;, & Ruiz, J. F. . (2000). *Climatología Trimestral De Colombia*. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/Climatología+Trimestral+para+Colombia+%28Ruiz%2C+Guzman%2C+Arango+y+Dorado%29.pdf/c2825963-c373-449a-a7cb-8480874478d9>
- Brignardello, M. (2013, Diciembre 20). *Dialnet*. Retrieved from Escasez de agua en el siglo XXI: <file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet-EscasezDeAguaEnElSigloXXIFormasDeApropiacionDistri-4851338.pdf>
- Calleja, J. G. (2009, Noviembre 24). *El agua :Propiedadesquimicas*. Retrieved from La Guia: <https://biologia.laguia2000.com/bioquimica/el-agua-propiedades-quimicas>
- Comisión Nacional Reguladora de Agua. (1996). *Estrategia Nacional del Agua*. Bogota: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- CORFO. (2014). Diseño y eficiencia de atrapanieblas. In *Agua de Niebla*(p. 132). Santiago: : Impresora La Discusión S. A.
- EL TIEMPO. (2018, August 28). Avalanchas dañaron bocatoma del acueducto de Villavicencio, pp. 1–6. Villavicencio. Retrieved from <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/avalanchas-danaron-bocatoma-del-acueducto-de-villavicencio-261792>
- FAO. (2002, Octubre 16). *Agua y Cultivos : logrando el uso optimo del agua en la agricultura*. Retrieved from http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/docs/cropsdrops_s.pdf
- IDEAM. (2014). Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>
- La materia: Estados de agregación*. (2012, Octubre). Retrieved from <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448153847.pdf>
- LIMNOESTUDIOS E.U, & CORMACARENA. (2014). FORMULACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO RÍO CHICHIMENE. Villavicencio.
- Ministerio de Salud . (2010, Marzo 3). *Atrapanieblas: Captación de agua para consumo humano*. San Jose: Ministerio de Salud de Costa Rica. Retrieved from <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/captacion-de-agua-para-consumo-humano/captando-agua-de-la-lluvia/documento-tecnico-1/1840-atrapa-nieblas/file>
- Moreano, R. (2008). Sistema De Informacion Para La Interpolacion Espacial Y Temporal De Datos Sobre El Tiempo Atmosferico Y El Clima Del Ecuador. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, 167. <http://doi.org/10.1021/nn403248y>
- Olivas, A. L. (2013). *Aprovechamiento de la humedad atmosférica como fuente no convencional de agua para consumo doméstico*. Montecillo: Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- ONU. (2015, Septiembre 25). *Agenda de Desarrollo Sostenible Para el 2020*. Retrieved Octubre 20, 2018, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2018/06/la-agenda-de-desarrollo-sostenible-necesita-un-impulso-urgente-para-alcanzar-sus-objetivos/>
- Organización de los Estados Iberoamericanos. (1998). *Estrujando el agua de las nubes*. Retrieved from <http://www.oei.org.co/sii/entrega5/art07.htm>
- Orozco, J. E., & Molina López, E. (2016). *Beneficios ambientales de sistemas de aprovechamiento de agua no convencionales*. Pereira: Universidad Tecnologic de Pereira.
- Perez Porto, J., & Merino, M. (2014). *Recursos hidricos*. Retrieved from <https://definicion.de/recursos-hidricos/>
- Quintanilla, G. A., Morales Estruch, F., Nieto Aravena, J. M., & Silva Villarroel, G. (2009). *Diseño generativo Aplicación en Sistemas de Atrapanieblas en el*

norte. Retrieved from Universidad de Chile:
file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/S2_Dise_o_Generativo_2009%20(1).pdf

Rice, W. B. (2011). *Condensación*. Huntington Beach, CA: Teacher created materials.

Rodriguez, J. P., & Molina Torres, P. A. (2016). *ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA POSIBLE IMPLEMENTACIÓN DE ATRAPANIEBLAS EN EL MUNICIPIO DE RÁQUIRA*. Bogota: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.

Semarnat. (2012, Febrero). *Sistema de información sobre el uso del agua*. Retrieved from
https://apps1.semarnat.gob.mx:445/dgeia/informe_12/pdf/Cap6_agua.pdf

Soriano, M. A. (2015). *Niebla como fuente aalternativa de suministro de agua*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieria Julio Garavito. Retrieved from
<https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/243/1/Soriano%20Mateus%20C%20Manuel%20Antonio%20-%202015.pdf>

UNESCO. (2015). *Agua para un mundo sostenible*. Retrieved from Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hidricos en el mundo:
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf