

Propuesta De Un Sistema De “Atrapa-Nieblas”, Como Fuente De Agua No Convencional En La Vereda La Fuente, Municipio De Los Santos, Departamento De Santander.

Carlos Alberto Amaya Corredor, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Master en Gestión y Auditorias Ambientales¹, Carolina Hernández Contreras, Magister en Ciencias y Tecnologías Ambientales², Alba J Vargas Buitrago, Magister en Ciencias y Tecnologías Ambientales³, Sandra Liceth Osorio Tristancho, Tecnóloga Ambiental⁴, Silvia Juliana Duran Ayala, Tecnóloga Ambiental⁵, Kelly Yohana Cala Almeida, Tecnóloga Ambiental⁶.
¹Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, camaya@correo.uts.edu.co, ²Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, chernandez@correo.uts.edu.co, ³Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia, avargas@correo.uts.edu.co, ⁴solt35@hotmail.com, ⁵juliana0921_@hotmail.com, ⁶kellycalita_245@hotmail.com,
Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia,

Resumen– Lo que se conoce como Atrapa nieblas es el proceso en el que, por medio de la condensación, el vapor de agua atmosférico en el aire, se concentra naturalmente en las superficies frías en las gotas de agua líquida, lo que regularmente se identifica como rocío; el fenómeno se puede observar de forma más clara en objetos, delgados y planos; incluyendo las hojas de las plantas y hojas de hierba, que visualmente da la sensación que el prado tiene perlas. Debido a que la superficie expuesta se enfría mediante la radiación del calor hacia el cielo, la humedad atmosférica se condensa a una velocidad mayor que la que se puede evaporar, lo que técnicamente resulta en la formación de gotas de agua.

De esta forma, cuando la recolección de gotas de agua o en este caso de rocío, se realiza en forma organizada, se capta ese rocío a través de procesos naturales o asistidos, lo que en realidad es una práctica antigua pero muy poco conocida, desde las gotas de rocío a pequeña escala de charcos de condensación recogidos en los tallos de una planta, hasta los procesos de riego natural de gran magnitud en zonas sin lluvias.

En lo específico de este proyecto, como de esta investigación se identifican los lineamientos básicos que permitan establecer un sistema Atrapa nieblas, como fuente de agua no convencional, para mitigar los problemas de escasez del líquido, en la Vereda la Fuente, en el municipio de los Santos, Departamento de Santander. Se presenta un diagnóstico de Atrapa nieblas utilizados en otras regiones, reconociendo las condiciones físicas atmosféricas de esas zonas, asumiéndolas como experimentos similares que permitan identificar cuáles son las condiciones adecuadas del municipio de los Santos, para posteriormente describir el método propuesto de atrapa-nieblas que teniendo en cuenta las condiciones de esta región, genere agua para suministrar a los pobladores.

Palabras Claves — Trampa de niebla, condiciones atmosféricas, condensación, fuente de agua, escasez de agua.

Abstract– What is known as Fog trap is the process in which, through condensation, atmospheric water vapor in the air, naturally concentrates on the cold surfaces in drops of liquid water, which is regularly identified as dew ; The phenomenon can be seen more clearly in thin, flat objects; Including leaves of plants and leaves of grass, which visually gives the feeling that the meadow has pearls. Because the exposed surface is cooled by radiation from the heat to the sky, the atmospheric moisture condenses at a higher velocity than can be evaporated, which technically results in the formation of water droplets.

In this way, when the collection of drops of water or in this case of spray, is performed in an organized way, that dew is captured through natural or assisted processes, which in reality is an old practice but very little known, since The small-scale dew drops of condensation puddles collected on the stems of a plant, to the processes of natural irrigation of great magnitude in areas without rains.

In the specific aspects of this project, this research identifies the basic guidelines that allow to establish a system Fog trap, as a source of unconventional water, to mitigate the problems of scarcity of the liquid, in the Vereda la Fuente, in the municipality of The Santos, Department of Santander. A diagnosis of Atrapa fogs used in other regions, recognizing the physical atmospheric conditions of these zones, is presented as similar experiments to identify the appropriate conditions of the Santos municipality, and to describe the proposed method of trapping fogs. Taking into account the conditions of this region, generate water to supply the inhabitants.

Keywords-- Fog trap, atmospheric conditions, condensation, water source, water shortage..

I. INTRODUCCION

Los Atrapa-nieblas nos son nuevos, de hecho, se conoce de una patente de invención del año 1960, otorgada por el diseño de este sistema en Chile; es el nombre de un proceso conocido como condensación del vapor de agua atmosférico que se concentra naturalmente en el aire, o en las superficies frías y forman gotas de agua líquida y se conoce popularmente como rocío.

El fenómeno se presenta porque la superficie expuesta se enfría mediante la radiación del calor hacia el cielo; técnicamente lo que ocurre es que la humedad atmosférica se condensa a una velocidad mayor que la que se puede evaporar, lo que propicia la formación de gotas de agua, que en grandes cantidades, es una muy buena opción para obtener el precioso líquido; con este proyecto se trata de formular una solución a los problemas de escasez del agua, en la vereda la fuente en el municipio de los Santos departamento de Santander bajo esta herramienta; lógicamente si al momento de adelantarlos es exitoso, se puede destinar para las demás veredas de la región y el país.

A pesar de utilizarse desde la década de los sesenta del siglo anterior en diversas regiones del mundo, en Colombia el sistema es poco utilizado, se conoce del método pero son mínimas las experiencias sobre su utilización para remediar los problemas de escases del preciado líquido; la recolección organizada de gotas de agua del rocío a través de procesos naturales o asistidos es una práctica antigua; desde las gotas de rocío a pequeña escala de charcos de condensación recogidos en los tallos de una planta, hasta los procesos de riego natural de gran magnitud en zonas sin lluvias; Los santos en el departamento de Santander, es una zona golpeada por la escases de agua, incluso es irónico entender que una zona muy valorizada, no tenga afluentes suficientes de agua para toda su población; con los Atrapa nieblas se presenta una opción para obviar este problema.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diversos municipios de la región de Santander, como el caso de Lebrija, municipio en el que por cuenta del fenómeno del niño, el desabastecimiento de agua ha tomado características dramáticas, “por cuenta del fuerte verano que azota al país como consecuencia del fenómeno de “el Niño”, la Alcaldía del municipio de Lebrija (Santander), declaró la calamidad pública en la población, debido al desabastecimiento de agua [1]” del mismo modo, en Vélez la población solo goza del preciado líquido cada seis días, así lo afirma el gerente de la empresa EMPREVEL [2], encargada de llevarlo hasta la localidad “en el municipio de Vélez tenemos una escasez de agua bastante significativa que nos ha llevado a sectorizar el servicio en las cinco válvulas, donde se presta el servicio cada cinco o seis días”; pero estos casos son

solo ejemplos de la situación que abarca 12 municipios en Santander, (Vanguardia Liberal, en Vélez el servicio de agua se presta cada seis días, 2015): “sumado a Lebrija, los otros municipios afectados por el fuerte verano son Los Santos, Cabrera, Barichara, Villanueva, San Vicente de Chucuri, Málaga, Coromoro, Betulia, Carcasí, Vélez, y el sector del bajo Simacota [3].

Unido a lo anterior, es innegable que durante los próximos años, las actividades productivas de los diversos sectores económicos, demandaran gran cantidad de recursos hídricos para poder desarrollarse normalmente; por tanto, es perentoria la búsqueda de nuevas formas alternativas y como el caso del presente proyecto no convencionales, para obtener agua de forma económica y natural; es significativo tomar acciones en pos del ahorro del agua, o conseguir el líquido por medio de acciones efectivas; de lo contrario, la región y el país seguirán afrontando estos casos dramáticos de ciudades sin agua o con estrictos desabastecimientos.

Los Santos, municipio de Santander, ha sido uno de los afectados por fuertes veranos y sufre problemas de desabastecimiento; sin embargo, según análisis previos, presenta condiciones similares a regiones en las que se ha adelantado el proyecto de atrapa-nieblas, por tanto, deben revisarse las condiciones para su puesta en marcha, las preguntas que surgen son:

¿Cuáles sistemas de atrapa-nieblas han sido utilizados con éxito en otras regiones del mundo, con similares características a las de la región del municipio de los Santos?

¿Son las condiciones de la región del municipio de los Santos similares a las de otras regiones donde ha sido exitoso el sistema de atrapa-nieblas?

¿Cuál es el método más eficiente dentro de los usados en el sistema de atrapa-nieblas, que brinde mayor utilidad en caso de ser implementado en el municipio de los Santos?

III. ESTADO DEL ARTE

Existen diversos trabajos adelantados sobre el sistema de atrapa-nieblas a nivel regional y mundial, que han mostrado la eficiencia del mecanismo, “Los atrapa-nieblas, se basan en redes de finas mallas levantadas en laderas con niebla, capturan de ésta pequeñas gotas de agua que luego, cuando la cantidad es suficiente, caen dentro de canaletas. Esta agua fresca puede ser almacenada en tanques.

La Universidad Católica de Chile, ha formulado una muy buena herramienta para la comprensión plena de la existencia y funcionamiento de los atrapa nieblas [18]. La niebla ha sido estudiada desde tiempos inmemoriales por sus consecuencias positivas y negativas, relacionadas al agua que forma asociaciones vegetacionales, a las catástrofes en las comunicaciones, a la contaminación de lluvias y nieblas ácidas, entre otras razones, que incluyen la producción de agua a partir de atrapanieblas.

La historia de la “cosecha” de agua de niebla no es nueva. En el siglo XVI en la isla El Hierro del archipiélago de las Islas Canarias, España, los cronistas cuentan que había un árbol, “el garoe”, que abastecía a la población autóctona con el agua que recolectaba de la niebla. Esta técnica todavía se usaba en 1990 en la península arábiga, con dos olivos que entregaron durante el monzón de ese año, 1.000 litros de agua diarios [18].

La niebla o neblina es un fenómeno geofísico y geográfico que se da en casi todos los ámbitos del mundo. En el territorio nacional, la niebla es frecuente en la costa y altas montañas andinas. Se define como una masa de aire compuesta por minúsculas

gotitas de agua (1 a 40 micrones), las que por ser tan livianas no caen, sino que se mantienen suspendidas a merced del viento si se encuentran en la superficie de los continentes o de los océanos, mientras que si están en la atmósfera se denominan nubes. Hay numerosos tipos de niebla, pero aquí sólo se analizan aquellas que son un recurso hidrológico ya aprobado [18].

Los Atrapanieblas han sido usados en Chile para consumo de agua y para riego por más de 50 años, generalmente en altitudes entre 600 y 1.200 metros sobre el nivel del mar” [4].

Esta innovación además sirve de materia prima para la elaboración de una cerveza muy apetecida, hecha con agua de niebla de las montañas de una población llamada Peña Blanca, ubicada a 360 Kilómetros al norte de Santiago “el agua de los Atrapanieblas tiene menos nitritos y nitratos que el agua potable del norte de Chile, lo que es bueno para hacer cerveza, por supuesto, aun cuando la cerveza es buena, el agua es esencial y los Atrapanieblas pueden ser un gran medio para proveer este recurso a veces escaso” [4]; el recurso también se utiliza en la zona para cultivos de tomate y aloe vera.

En el próximo paso, los científicos de la zona quieren investigar cómo reducir el costo de recolectar un litro de agua a partir de la niebla, con el objetivo de hacer que esta tecnología sea más competitiva como fuente de agua dulce en el norte de Chile, pasando de un nivel artesanal a uno industrial, con una serie de experimentos que se están desarrollando, para mejorar la relación costo-beneficio del aprovechamiento de la niebla como fuente de agua no convencional; el programa incluye a 85 familias repartidas en 6.500 hectáreas.

En el mismo orden de ideas, existe en Lima Perú, un ambicioso proyecto para instalar mil Atrapanieblas, con los que se recolectarían hasta 400.000 litros de agua al día, para abastecer a familias en extrema pobreza. Ya se colocaron por parte del movimiento “Peruanos sin Agua” los primeros de estos Atrapanieblas; consistentes en unas redes que recogen el agua de la neblina que habitualmente cubre la capital peruana, sobre todo en invierno, y la canaliza hacia unos reservorios para el consumo humano, además usada en el riego de

pequeñas parcelas agrícolas, “los sistemas fueron instalados en el Asentamiento Humano Villa Lourdes Ecológica, una barriada de extrema pobreza en el distrito de Villa María del Triunfo, en el sur de Lima, la segunda ciudad más grande del mundo, después de El Cairo, ubicada en medio de un desierto” [5].

El proyecto abre las oportunidades para que estas familias en extrema pobreza puedan tener agua, además de poder trabajar en pequeñas parcelas agrícolas; con la ayuda de “Peruanos sin agua” y el apoyo de la empresa privada, se pueden sustentar los gastos y ayudan a 500 familias de esta comunidad; quienes además se auto-abastecen de verduras, frutas y plantas aromáticas y obtienen ingresos extra con la venta de sus productos; el proyecto se ha extendido a distintos puntos de Lima.

Por su parte, en Colombia existen experimentos sobre el tema, por ejemplo el realizado por investigadores de la Universidad Nacional de Colombia en Palmira, que propone a la neblina como una alternativa económica y eficiente de recolección de agua, en zonas que cuentan con pocas fuentes del líquido para el consumo; en la ciudad de Tuluá, un grupo de investigadores de la institución, con el apoyo de la ONG “GAIACOL”, están recolectando agua de la neblina, a través de una malla especial, estratégicamente ubicada en relación con la neblina y el viento “Los chilenos son los pioneros de esta técnica. Pero hace algunos años en la Universidad Nacional se hicieron los primeros trabajos en este tema, y por sus beneficios decidimos convertirlos en sistemas productivos” [6].

La experiencia se adelanta para ofrecer una alternativa muy económica a estas comunidades, para capturar el agua que pasa por la atmósfera, a través de un sistema conocido como atrapa nieblas o colectores de neblina: “la metodología es muy sencilla, primero se deben ubicar las baterías de monitoreo para escoger el mejor lugar para ubicar las mallas. Una vez consigamos este dato, procedemos a ubicar la estructura construida en palos y una malla de polipropileno, con esta estructura, que varía en sus dimensiones, en Tuluá hemos recogido 12.5 litros de agua por día, en 25 metros cuadrados, y en el kilómetro 18 se han recolectado seis litros por metro cuadro al día. Pero el porcentaje de agua depende del número y tamaño de la malla” [6].

IV. METODOLOGÍA

Según Sampieri [7], Existen unos pasos básicos a desarrollar para adelantar la investigación en cualquiera de los enfoques (cualitativo o cuantitativo), estos pasos según el autor de la referencia son:

Planteamiento del problema; descrito en párrafos anteriores y que conduce a mitigar los problemas de escasez de líquido en esta región.

Inmersión inicial en el campo, para lo que es fundamental revisar la literatura existente sobre el tema, que sirva como

marco de referencia, los casos exitosos en otras regiones con las mismas características del municipio de los Santos.

Concepción del diseño de estudio: encaminado a resolver los objetivos específicos propuestos; inicialmente analizando los casos de atrapa-nieblas en otras regiones, comparando con las condiciones del municipio de los Santos y finalmente, el diseño más adecuado a las circunstancias de la región.

Definición de la muestra inicial, o análisis de las fuentes primarias, consistente en estudio directamente en la zona para evaluar las condiciones existentes.

Recolección de datos, o fuentes secundarias, consistente en la revisión de estudios similares para ser aplicados en la vereda la fuente del municipio los Santos del departamento de Santander.

Análisis de los datos e interpretación de los resultados obtenidos en el estudio

Elaboración del reporte de resultados: con base en el análisis del estudio y la recolección de fuentes primarias y secundarias.

Tipo de Investigación:

La metodología a adelantar en el presente estudio es de tipo descriptiva: “el principal objetivo de la investigación descriptiva o diagnóstica es conocer situaciones particulares, y actitudes predominantes a través de la descripción de las acciones que afecten los resultados del estudio; su labor está encaminada a recolectar datos que le pueda brindar las mejores alternativas de solución; su objeto primordial es brindar medidas con base en la información conseguida, ya que esos datos se analizan y caracterizan para clasificarlos y direccionarlos según los objetivos que pretenda lograr al finalizar el mismo” [4]; en este caso, el análisis de los atrapa-nieblas como fuente no convencional de suministro de agua, para ser aplicado en la región de la vereda la fuente del municipio los Santos en el departamento de Santander.

Método de Investigación:

El método a utilizar en la presente investigación es de tipo inductivo: “la inducción va de lo particular a lo general. Se emplea el método inductivo cuando de la observación de los hechos particulares, se obtiene proposiciones generales, o sea, es aquél que establece un principio general una vez realizado el estudio y análisis de hechos y fenómenos en particular” [20].

Los trabajos de investigación se formulan para resolver los posibles inconvenientes que puedan tener las empresas o regiones para desarrollarse o inconvenientes de la nación en general, pero también pueden diseñarse para mejorar los procesos existentes y brindar soluciones a necesidades de una comunidad particular; esta debe ser sistemática y ordenada; la presente es de tipo diagnóstica [20]; en la que se aplican en una zona específica, las experiencias anteriores del sistema de atrapa-nieblas.

Técnicas para recopilar la información:

Fuentes Primarias:

Determinadas por la observación directa en la zona del municipio de los Santos, además del análisis de las condiciones que se adecuan a los proyectos de atrapa-nieblas ya adelantados en otras regiones, se trata de encontrar unas condiciones similares para una efectiva aplicación del sistema, teniendo en cuenta el contexto geográfico en general de esta zona.

Fuentes Secundarias:

Compuesta por los estudios y trabajos adelantados sobre el tema del diseño de sistema de atrapa-nieblas, son importantes como fuentes secundarias, siempre y cuando se adecuen a las condiciones del municipio de los Santos; pero también la consulta de todo el material bibliográfico concerniente al tema particular de investigación y que pueda aportar para el presente estudio; el inconveniente es que no se encuentra información en textos y esta se limita a lo encontrado en la WEB.

A. Resultados

El territorio que actualmente comprende el Municipio de Los Santos ocupa parte de la llamada Meseta de Jéridas y se encuentra ubicado entre la Hoya del Río Suárez y una parte de la cuenca del Río Chicamocha, región que está al oriente de los riscos casi verticales que forman el cañón del Chicamocha (Los Santos Santander Indicadores 2015); es además una zona de gran extensión de tierras agrestes, rocosas, de erosión crítica, especialmente en los farallones y laderas del Cañón, se localiza a 62 kilómetros de la ciudad de Bucaramanga, pertenece a la Provincia de Soto, ubicado al Oriente del Departamento de Santander, conformado por 15 Veredas, dentro de las cuales se encuentra la Fuente, zona en la que se adelantará el proyecto.

Los Santos, es una zona de escasa cobertura vegetal, la mayoría de las quebradas permanecen secas, y algunas solo son canales naturales de drenaje que únicamente transportan caudal en el momento en que se presenta la lluvia; se ubica en la Cordillera oriental, siendo esta una de las más diversas del país, de bosque seco Subandino entre los 1.000 y 1.800 metros sobre el nivel del mar en las veredas El Potrera, La Fuente, Majadal, Rosa Blanca; posee cultivos semipermanentes de Tabaco, Maíz, y Fríjol, entre otros, además zonas de Pasto natural y mejorado para la ganadería; ahora bien, la latitud de la vereda la fuente es de aproximadamente 1400 metros sobre el nivel del mar (Los Santos Santander, Indicadores 2015)

Las principales actividades económicas hacen parte del sector primario: cultivos de tabaco, tomate, pimentón, fríjol, patilla; además un sector avícola renglón de gran importancia a nivel departamental y nacional; unido al sector minero, catalogado como una de las principales fuentes de ingresos del municipio por producción y variedad en minerales que el municipio posee. El sector turístico está representado en las

parcelaciones de tipo recreativo que se desarrollan en la Mesa de Los Santos, donde sus condiciones de clima, tranquilidad y paisaje han permitido desarrollar un modelo de crecimiento para los habitantes del área metropolitana (Los Santos Santander Indicadores 2015)

Infortunadamente uno de los serios problemas que tiene la región es la falta de agua [5]: “en Los Santos, Santander, la sequía de casi dos años impide el suministro al acueducto. El municipio fue declarado en calamidad pública. La lluvia que no cae desde hace 22 meses sobre el municipio de Los Santos tiene al borde la sequía a la quebrada Los Pozos que surte al área urbana. La quebrada La Cañada, que provee al área rural, ya se secó”. Se volvió a las épocas en que la gente se desplazaba hasta el río Sogamoso para lavar la ropa los fines de semana y el tema es muy preocupante; se tienen racionamientos de agua hasta de 12 horas al día y se han presentado casos extremos de ocho días sin el preciado líquido en toda la zona.

Una de las políticas de la alcaldía, ha sido la de llevar agua a todas las veredas, en lo corrido del 2016 se han entregado más de 80 viajes de 12 mil litros de agua, o sea, 2 mil litros por familia [6]; de cualquier forma y sin desconocer la buena voluntad de los gobernantes, es una política que no es suficiente y por eso se buscan fuentes alternativas no convencionales, por ejemplo el agua que se consigue a través de la infiltración del acuífero, ya adelantado en la localidad; también se quiere presentar este proyecto de atrapa nieblas, que serviría de gran ayuda para toda la comunidad, inicialmente de la vereda la Fuente y después para toda la zona que se beneficiaría con el presente estudio.

En cuanto a los aspectos técnicos, la distribución temporal en la zona se presenta por fenómenos “convectivos” (nubes de gran desarrollo vertical), que se originan en el valle del Magdalena Medio; también la influencia sobre el territorio nacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que es una franja nubosa formada por las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de los grandes cinturones de alta presión situados en la zona subtropical de los hemisferios norte y sur, dando origen a la formación de grandes masas nubosas generadoras de abundantes precipitaciones [7]. En ese orden de ideas, como consecuencia de la acumulación de humedad en el valle y su posterior ascenso debido a las altas temperaturas en la región, los sistemas hacen que una parte de la masa de aire húmedo del Valle del Magdalena medio se desplace hacia el Este en dirección del municipio de los Santos, generando precipitaciones orográficas, las cuales se originan cuando las masas de aire húmedo chocan contra el flanco Oeste de la cordillera Oriental enfriándose, condensándose y posteriormente depositando parte de su humedad en forma de precipitación sobre dicho flanco.

Estas situaciones son las que se piensan aprovechar y se revisan, teniendo en cuenta que las condiciones que más se asemejan a estas características, son las que se han producido en las regiones del Atacama en Chile y las de localidades de

Paraíso y Mantial de Villa María del Triunfo; en Lima. Hay que revisar aspectos como la altitud cercana a los 1.400 metros sobre el nivel del mar, unido a la determinación de la zona de mayor eficiencia, para una mayor productividad del Atrapa nieblas.



Imagen 1. Esquema básico clásico de un Atrapaniebla [21]

B. Cálculos Y Análisis De Datos

Con el propósito de establecer las mejores condiciones de funcionamiento y eficiencia obtenida en la captura de agua, se muestran experiencias en otras regiones, empezando por las del mundo, centrandose después la atención en los de Sur América y finalmente las experiencias del país, su propósito es determinar el más adecuado a las características del municipio de los Santos, puntualmente los de la vereda la Fuente.

Una importante mención de los Atrapa nieblas se hace en un estudio macro, junto con los humedales artificiales, la depuración de agua, el “lagunaje”, la captación de agua pluvial, la cosecha de agua o la infiltración del acuífero; entre otras, como tecnologías probadas y novedosas para contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático, mediante la adopción de Fuentes de Agua No Convencionales FANC [7], adelantado por la Universidad Autónoma de México UNAM, en el que se describe como un económico invento para atrapar las gotas de agua microscópicas que contiene la neblina, para usarse en regiones desérticas con presencia de niebla; su fundamento es la condensación de la humedad mediante el enfriamiento y choque en malla; el siguiente grafico muestra el paso de la conversión de la neblina en agua mediante el choque con la malla y la recolección en tuberías o canaletas:

A continuación, se hace referencia de diferentes experiencias de sistemas atrapa nieblas en el mundo, que se han asumido de referencia para identificar parámetros a considerar en el análisis de un sistema atrapa nieblas en el municipio de los Santos.



Imagen 2. Detalle de Condensación de gotas a canaleta [7]

Desierto de Néguev en Israel

Muy a pesar de la escasez de agua, en la región se produce rocío por encima de 200 días al año, mientras que la niebla es menos común, por debajo de 50 días al año [8]; esa condición del gran rocío presentado, son las que se aprovechan para el proyecto de Atrapa nieblas; en la imagen se aprecia el rocío sobre una tela de araña en Israel.

Tenerife España:

Pensando en cubrir las necesidades de las pequeñas comunidades rurales, se adelanta en Tenerife, España, está idea con el propósito de captar agua de la niebla que queda adherida en los hilos de las mallas, para después acumularla en los depósitos, las mallas más frecuentes son de polipropileno, metálicas, con hilos de teflón, rafia o plástico [9]. En esta región, las mejores condiciones para una buena captación, son una altitud en torno a los 800 a 900 metros. Se ha conseguido recoger en un mes hasta 3 mil litros de agua, hay días en los que se recogen 500 litros de agua, abasteciendo a una población de 2.000 habitantes con un consumo medio por habitante de 140 litros al día, un proyecto muy satisfactorio para toda la comunidad.

Experiencias de Atrapa-nieblas en Perú

Lima es una ciudad muy particular en la que casi nunca llueve, pero la mayoría de los días está envuelta en la niebla que viene del mar, esa niebla son millones de gotas de agua sobre la capital del Perú, que aparece en mayor cantidad en invierno, por esta razón, se planea instalar 1.000 Atrapa nieblas, que canalicen el agua para que se use en el consumo humano, el riego de pequeñas parcelas agrícolas y abastecer a familias en extrema pobreza; produciendo hasta 400.000 litros de agua al día [10].

Atrapa nieblas en Chile

Desde los años sesenta en Chile, se conoce de los Atrapa nieblas, Carlos Espinosa Arancibia, físico de la Universidad de Chile obtuvo una patente de invención por un aparato destinado a captar agua contenida en las nieblas o

camanchacas. Luego donó su invención a la Universidad Católica del Norte y fomentó su difusión gratuita a través de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO; ahora bien, el proyecto se ha aplicado en el Desierto de Atacama, uno de los más secos del mundo, donde se aprovechan las masas de aire húmedo del Océano Pacífico, que forman neblinas matinales o niebla de advección, llamadas popularmente en la región camanchacas.

A partir de los datos particulares de cada ejemplo relacionado, se buscó, cómo identificar elementos que permitan inferir el potencial de trabajo de sistemas Atrapa nieblas en el municipio de los Santos, para esto se tomaron datos teóricos, por consulta web de los lugares citados y por comparación matemática, se proyectaron los que podrían ser la producción de atrapa nieblas en la zona de estudio.

Se tomaron los datos de calidad del aire y humedad relativa presente para inferir cual es el potencial de agua presente en m^3 de atmosfera:

Para deducir esto, se trabaja la correlación que permite la Tabla Psicrometría, entre temperatura media del aire y la humedad relativa presente, con lo cual se determina la cantidad de agua posible en la atmosfera. Aquí la temperatura se determina mas no influye sobre el análisis teórico del proyecto.

Para la validación de los datos debemos recordar que para cálculos científicos, la temperatura ambiente es usualmente tomada de 20 a 25 grados Celsius (293 o 298 Kelvin, 68 o 77 grados Fahrenheit). En este proyecto se asume una temperatura de 23°C y con la expresión porcentual de humedad relativa, se logra deducir la posible cantidad de agua en un m^3 de aire

La carta psicrométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, humedad relativa, volumen, presión, etc. Las cartas psicrométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire. Las propiedades psicrométricas del aire han sido recopiladas a través de incontables experimentos de laboratorio y de cálculos matemáticos, y son la base para lo que conocemos como la Carta Psicrométrica [11].

Del diagrama psicrométrico se tiene:

Se ubica en el eje X, el valor de temperatura a asumir como referencia para el cálculo (23°), en las líneas curvas ascendentes se identifica la correspondiente al valor de humedad relativa de la zona de trabajo, donde estas dos líneas se intersectan, se traza una línea perpendicular al eje Y de la carta, para identificar el valor posible de contenido de humedad, que se asume como agua disponible en un metro cubico de aire.

Para calcular cuántos metros cúbicos de aire se requiere para capturar un metro cubico de agua proveniente de humedad atmosférica, se procede:

- A partir de la humedad relativa (%) de cada lugar, es posible calcular la cantidad de gramos de agua que representa.

- Tomando la ecuación de densidad $d=m/v$, se asume la densidad del agua 1000 kg/m^3 y como masa se asume el dato anterior de gramos de humedad. Se despeja la variable volumen y su cálculo se entiende como la cantidad de agua, presente en un metro cubico de aire
- Por regla de tres simples se calcula cuantos metros cúbicos de aire se deben pasar por un atrapa niebla para capturar un metro cubico de agua.

A partir de estos cálculos, en las zonas de referencia, se obtiene los siguientes datos:

1) En el desierto del Neguev israelí, la humedad relativa promedio del aire es del 64%, por Carta Psicrométrica se intersecta el valor de 11,5 en el eje Y. Esto quiere decir que en un metro cúbico de aire hay 11,5 cm^3 de agua en un metro cubico de aire.

Para obtener un litro del preciado líquido, se requerirá extraer la humedad de unos 86956,522 metros cúbicos de aire.

2) En Tenerife España, la humedad relativa promedio del aire es del 73%, por Carta Psicrométrica se intersecta el valor de 12,9 en el eje Y. De ahí se deduce un potencial de agua calculada en 12.9 cm^3 de agua en un metro cubico de aire.

Para obtener un litro del preciado líquido bastaría con extraer la humedad de unos 77519,38 metros cúbicos de aire.

3) En Perú la humedad relativa promedio del aire es del 94%. Se deduce que el potencial de agua nos da 16.5 cm^3 de agua. Esto quiere decir que en un metro cúbico de aire hay 16,5 centímetro cúbicos de agua, con 23°C de temperatura ambiente.

Para obtener un litro del preciado líquido bastaría con extraer la humedad de unos 60606,061 metros cúbicos de aire.

4) En Chile la humedad relativa es de 63,69%, también por deducción, se identifica un potencial de generación de agua, cercana a los 11,3 cm^3

Esto quiere decir que en un metro cúbico de aire hay 11 centímetro cúbicos de agua, con 23°C de temperatura ambiente. Para obtener un litro del preciado líquido bastaría con extraer la humedad de unos 88495,575 metros cúbicos de aire.

TABLA I
CONSOLIDADO DE AGUA POSIBLE POR CONDICIONES
ATMOSFERICAS LOCALES

Lugar de Referencia	Humedad Relativa (%)	Temperatura Referencia ($^\circ\text{C}$)	Altura sobre el Nivel del Mar (m)	Humedad asumida como Agua en el aire		Volumen de agua en 1m3 de aire (m3)	m3 de aire para capturar 1m3 agua
				(g)	(kg)		
Neguev Israel	64	23	1035	11,5	0,0115	0,0000115	86956,522
Tenerife España	73	23	900	12,9	0,0129	0,0000129	77519,38
Lima Perú	94	23	950	16,5	0,0165	0,0000165	60606,061
Atacama Chile	63,69	23	1300	11,3	0,0113	0,0000113	88495,575
Los Santos Col	93	23	1000	16,3	0,0163	0,0000163	61349,693

Para comprensión de los datos presentados, a continuación, se desarrolla el análisis y manejo de información, con los datos posibles de la Vereda la Fuente en el municipio de los Santos.

Para los datos presentados, en la carta psicrométrica, el eje perpendicular al eje Y, corta en el valor de 16,3, lo cual puede entenderse como la masa de humedad, expresada en g, presente en un kilo de aire.

Aplicando la ecuación de densidad

$$\rho = \frac{m}{v} \gg \gg 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{0,0163 \text{ kg}}{v} \quad (1)$$

Despejando la Variable de Volumen

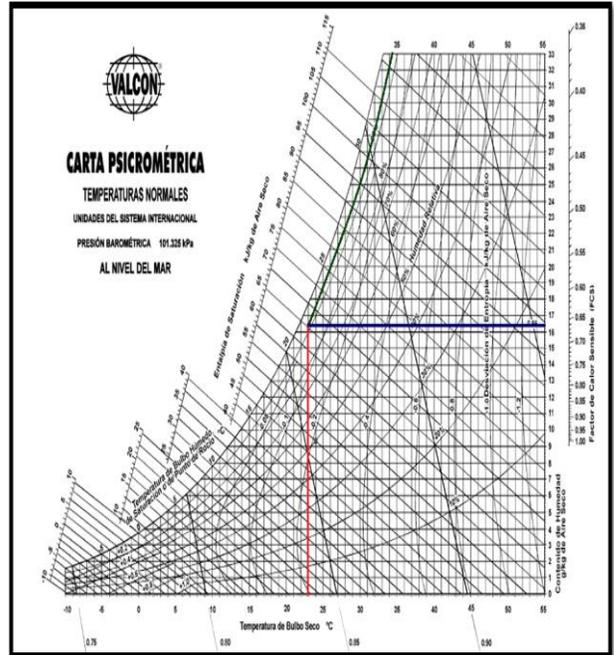
$$v = \frac{0,0163 \text{ kg}}{1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,0000163 \text{ m}^3 \text{ de agua} \quad (2)$$

Aplicando regla de tres simple, se deduce cuantos metros cúbicos de aire se requieren para capturar un metro cubico de agua del aire

$$1 \text{ m}^3 \text{ de aire} \rightarrow 0,015613 \text{ m}^3 \text{ de Agua} \quad (3)$$

$$X \rightarrow 1 \text{ m}^3 \text{ de Agua?}$$

Imagen 3. Carta psicrométrica a temperaturas normales y presión barométrica a nivel del mar



Tomado de <http://procesosbio.wikispaces.com/Carta+Psicrom%C3%A9trica>

C. Análisis de resultados

Finalmente podemos organizar los datos para obtener un panorama más general de los resultados y observar el comportamiento de las variables en funciones de la humedad relativa, para cada caso:

De la información recopilada, se conoce que en promedio se puede asumir que en un atrapa-nieblas de 24m², es posible llegar a capturar hasta 12,5 Litros de agua por día.

Los datos arrojados en los cálculos, muestran que de 1m³ de aire, pueden obtenerse, 1.14 lt de agua, esto no es suficiente para suplir necesidades vitales de ningún viviente.

Esta cantidad de agua no alcanza para tener un nivel de vida saludable ya que la organización mundial para la salud estima que por persona el consumo de agua por día como mínimo debe ser de 100 lt de agua.

Relacionando esto con los datos anteriores, si se quiere obtener el suministro de agua proveniente de atrapa-nieblas, se puede inferir que para alcanzar la cantidad mínima de agua por persona, se requieren superficies de atrapa-nieblas

Lo que se quiere con los atrapa-nieblas como fuente de agua no convencional es mejorar un poco en nivel de calidad de vida de los habitantes de la vereda la fuente ya que ellos en estos momentos no cuentan ni con 100 lt de agua al día y al implementar los sistemas de atrapa-nieblas estos niveles de agua van a aumentar mejorando así su calidad de vida.

III. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, y teniendo presente que la humedad relativa es directamente proporcional al potencial de la cantidad de agua presente por unidad de volumen, los valores obtenidos para cada lugar del que se recopiló información, se puede tomar como referencia que para zonas como Tenerife España, Perú y el municipio de los santos la producción de agua es similar ya, se tiene valores muy parecidos de humedad relativa, y por una simple lógica numérica, que a mayor humedad relativa es mayor el potencial de agua, en la zona de estudios, el municipio de Los Santos, se puede llegar a recabar una importante cantidad de agua existente en las nieblas. Si bien lo que se obtenga, no será la solución para dificultades de acceso al líquido, si será una fortaleza importante que disminuya la presión sobre los medios tradicionales de agua para consumo.

A través del estudio se describieron experiencias exitosas de atrapa-nieblas que han sido utilizados de forma eficiente en diversas regiones del mundo, básicamente zonas desérticas y con problemas para obtener agua, Israel, España, Perú y Chile; son algunos países donde ha sido probada la efectividad del experimento; incluso en la región de Atacama, se produce una cerveza con agua obtenida mediante este método, que ha

servido para aliviar los problemas para la obtención del líquido en las comunidades beneficiadas.

En el municipio de los santos implementar el sistema de atrapa-nieblas, en comparación a la producción de agua de las experiencias exitosas tomadas como referencia en este estudio, evidencia que en esta región sería un gran potencial por que manejamos un porcentaje alto de humedad del aire, lo que nos demuestra los cálculos que la captación de agua por metro cuadrado es óptima, esto quiere decir que el atrapa-niebla es una alternativa fuerte con buena capacidad para suministrar agua a la comunidad y brindar una mejor calidad de vida.

REFERENCIAS

- [1] EL ESPECTADOR, «CALAMIDAD PUBLICA EN LEBRIJA POR ESCACEZ DE AGUA,» *EL ESPECTADOR*, 30 Octubre 2015.
- [2] EMPREVEL, *EMPRESAS PUBLICAS DE VELEZ SANTANDER*.
- [3] L. F. MARTINEZ V, «EN VELEZ, EL SERVICIO DE AGUA SE PRESTA CADA 6 DÍAS,» *VANGUARDIA LIBERALA*, 2013.
- [4] SAMPIERI, «http://www.academia.edu/6399195/metodologia_de_la_investigacion_5ta_edicion_sampieri,» [En línea]. [Último acceso: 10 10 2016].
- [5] RCN, «PUEBLOS Y CIUDADES DEL PAIS QUE SUFREN POR FALTA DE AGUA,» RCN, BOGOTA, 2016.
- [6] A. M. LOS SANTOS, «PLAND E DESARROLLO MUNICIPAL,» 2015.
- [7] S. M. A. BARCEBAS, «Fuentes de Agua NO Convencionales (FANC), para contribuir a la mitigación y a la adaptación al Cambio Climático. Propuestas FANC/FENC. Cátedra de Vinculación Vin 003 FESC UNAM,» UNAM, MEXICO D.F., 2014.
- [8] L. T. GODINEZ, RECOLECCION DE AGUA POR ROCIO Y NIEBLA, SAN JUAN DE ARAGON, MEXICO: MEXICO, 2013.
- [9] TWENERGY, Atrapa nieblas: exprimiendo nubes para captar agua, TENERIFE, ESPAÑA, 2012.
- [10] C. MARGARITA, «www.academia.edu,» [En línea]. [Último acceso: 20 10 2016].
- [11] R. EE, «CALAMIDAD PUBLICA EN LEBRIJA POR ESCACEZ DE AGUA,» *EL ESPECTADOR*, 2015 OCTUBRE 30.
- [12] S. C. y. Calefacciones, «<http://www.climasmonterrey.com/que-son-las-cartas-psirometricas>,» 2016. [En línea]. [Último acceso: 10 10

- 2016].
- [13] Scidev, «<http://www.scidev.net/america-latina/agua/especial/atrapanieblas-gran-potencial-para-abastecer-agua.html>,» 27 agosto 2014. [En línea]. [Último acceso: 20 noviembre 2016].
- [14] B. D. Blanco, «<http://www.efe.com/efe/america/cronicas/mil-atrapanieblas-para-dar-agua-en-el-desierto/50000490-2540215>,» 18 febrero 2015. [En línea]. [Último acceso: 03 noviembre 2016].
- [15] H. F. Aristizabal, «<http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/atrapanieblas-para-enfrentar-la-recoleccion-del-agua.html>,» 12 noviembre 2009. [En línea]. [Último acceso: noviembre 23 2016].
- [16] I. ARGENTINA, «<http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/102/comentarios/tablasC102.pdf>,» 2017. [En línea]. [Último acceso: 17 02 2017].
- [17] Viewweather, «http://es.viewweather.com/w1296970-pronostico-del-tiempo-para-los_santos-departamento_de_santander.html,» Viewweather. [En línea]. [Último acceso: 25 11 2017].
- [18] UCATOLICA CHILE, Agua de Niebla, Nuevas Tecnologías para el Desarrollo Sustentable en zonas arida y semi aridas, UDECHILE, 2014.
- [19] Sanpieri, «<http://www.creadess.org/index.php/informate/de-interes/temas-de-interes/17300-conozca-3-tipos-de-investigacion-descriptiva-exploratoria-y-explicativa>,» [En línea]. [Último acceso: 15 10 2016].
- [20] E. Simbaa, «Investigacion Diagnostica, Metodos Deductivo e Inductivo,» Bogota, 2009.
- [21] «<http://ecococos.blogspot.com.co/2012/05/atrapanieblas-un-sistema-tradicional-de.html>,» 01 05 2012. [En línea]. [Último acceso: 15 01 2016].
3. ATRAPANIEBLAS PARA ENFRENTAR LA RECOLECCIÓN DEL AGUA, disponible en
4. <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/atrapanieblas-para-enfrentar-la-recoleccion-del-agua.html>
5. ATRAPANIEBLAS, UN SISTEMA TRADICIONAL, disponible en <https://mundoecco.wordpress.com/.../atrapanieblas-un-sistema-tradicional>
6. ATRAPA-NIEBLAS, UNA MARAVILLA DE CHILE PARA EL MUNDO, disponible en <http://sindramas.com/phpbb3/viewtopic.php?f=9&t=81909&start=30>
7. CALAMIDAD PÚBLICA EN LEBRIJA POR ESCASEZ DE AGUA, disponible en <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/declaran-calamidad-publica-lebrija-santander-escasez-de-articulo-596203>
8. CONDENSACIÓN, disponible en <http://www.ciclohidrologico.com/condensación>
9. CONOZCA TRES TIPOS DE INVESTIGACIÓN, disponible en <http://www.creadess.org/index.php/informate/de-interes/temas-de-interes/17300-conozca-3-tipos-de-investigacion-descriptiva-exploratoria-y-explicativa>
10. EN VÉLEZ, EL SERVICIO DE AGUA SE PRESTA CADA 6 DÍAS, disponible en <http://www.vanguardia.com/santander/velez/191023-en-velez-el-servicio-de-agua-solo-se-presta-cada-seis-dias>
11. FUENTES DE AGUA NO CONVENCIONALES (FANC), disponible en
12. slideplayer.es/slide/4307533
13. Godínez Hinojosa Lesly, recolección de Agua por Rocío y Niebla, Universidad Autónoma de México, 2013

BIBLIOGRAFÍA

1. Academia.edu, Atrapanieblas en las localidades de Paraíso y Mantial de Villamaria del Triunfo, 2013
2. ATRAPANIEBLAS, GRAN POTENCIAL PARA ABASTECER AGUA, disponible en www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/atrapanieblas-gran-potencial-abastecer-agua-articulo-514598