

Revista

ISSN: 2389-9573

SENNOVA



e-ISSN: 2619-3973

Nuevo conocimiento
y tecnologías
para la industria
colombiana y el
mundo del trabajo

Edición Especial



REVISTA SENNOVA

Revista de Ciencia, Tecnología e Innovación

ISSN: 2389-9573

E-ISSN: 2619-3973

PERIODICIDAD: ANUAL

Edición Especial

2018

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Calle 57 No. 8 - 69 Bogotá D.C. (Cundinamarca), Colombia

Correo: revistasennova@sena.edu.co

URL OJS: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/sennova/index>



COMITÉ CIENTÍFICO/EDITORIAL

Ruth Cordoba-Rodriguez, PhD

Director, Regulatory Affairs
AstraZeneca
Baltimore, USA.

Daniela Franco Bodek

PhD. en Ciencias Químicas
Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad de México.
México.

Héctor Fabio Cortes Hernández

PhD. en Ciencias Químicas
Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
Medellín.
Colombia.

Pablo Andras Ortiz Pineda

PhD. en Biología molecular
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Fernando Luna Vera

PhD. en Ciencias Químicas, Químico
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Oscar Javier Osorio Pedroza

PhD. Ciencias Químicas y Tecnologías de Polí-
meros
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Yuli Marcela Ordoñez Castañeda

PhD. en Biotecnología
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

EQUIPO EDITOR

Carlos Mario Estrada Molina

Director General
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Emilio Eliecer Navia Zúñiga

Coordinador SENNOVA
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

Alvaro Fredy Bermúdez Salazar

Subdirector Centro Comercio y Servicios
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

Aylin Viviana Silva Ortiz

PhD. Editora
Servicio Nacional de aprendizaje SENA

María Andrea Benítez De la Ossa

Gestora Editorial
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Luis Fernando Delgado Muñoz

Dinamizador
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Marisol Taquinas Yunda

Diagramación
Servicio de Nacional de Aprendizaje SENA

Pedro Del Cabrera

Diseño y Diagramación portada
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Luis Felipe Lozada

Apoyo a la Gestión Editorial
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Copyright

La publicación de los artículos en la Revista SENNOVA es responsabilidad de los autores, los artículos publicados en medio impreso y electrónico están autorizados por los autores mediante cesión de derechos de autor

Calidad editorial y propiedad intelectual

La revista se acoge a los lineamientos de copyright: Creative Commons 4.0, la política: Atribución-No comercial-Compartir igual (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Este tipo de política suscita el reconocimiento al derecho de autoría de carácter no comercial y que deben compartir la información tal y como está publicado en la página web.



EDITORIAL

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA en consonancia con su misión institucional de contribuir con el desarrollo social, económico y tecnológico del país, a partir de la Formación Profesional Integral gratuita de alto impacto para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas; requiere de programas y acciones estratégicas que permitan la adquisición de competencias y/o habilidades específicas desde cada campo de acción, para generar mayor impacto en la población colombiana y en la competitividad de las regiones.

En los últimos años, SENNOVA se ha consolidado como una de las apuestas institucionales para fortalecer la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (I+D+i) en todas las regiones del País con posicionamiento institucional del SENA. Uno de sus principales retos comprende la generación de capacidades investigativas en Instructores y Aprendices articulados a los grupos de investigación y semilleros, con el objetivo de impactar positivamente en las empresas del sector productivo nacional y en las comunidades a través del desarrollo de iniciativas de Ciencia, Tecnología e Innovación.

La consolidación de grupos de investigación y semilleros del SENA, comprende en los Centros de Formación, el escenario para la generación de nuevos conocimientos, cualificación del recurso humano y puesta en marcha de ideas innovadoras como respuesta a las necesidades latentes de las regiones.

En esta oportunidad, la edición especial de la Revista SENNOVA recopila las experiencias e iniciativas desarrolladas por los grupos de investigación y semilleros SENA en el marco de la convocatoria de Colciencias Ideas para el Cambio, orientada al desarrollo de proyectos de I+D+i que brinden soluciones innovadoras para mejorar la calidad de vida de las comunidades vulnerables del país.

Cada propuesta generada según las capacidades de infraestructura, tecnología y equipo de trabajo de los grupos de investigación SENA participantes, permitieron consolidar alternativas útiles y sostenibles para las problemáticas reales y cotidianas de diferentes poblaciones del país en torno al reto priorizado nacionalmente de la Biodiversidad.

EDITORIAL

Colombia, considerada como la cuarta nación en Biodiversidad mundial por su abundancia en recursos naturales y variedad climática, comprende el escenario ideal para desarrollar propuestas que mitiguen problemas latentes en todo el mundo, como el cambio climático y la conservación de especies de fauna y flora; insumos que soportan la priorización del reto en una de las últimas versiones de la convocatoria Ideas para el cambio; en la que el SENA a través de la capacidad generada por el Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA, favoreció la implementación de ideas innovadoras e impactó significativamente en poblaciones como la Vereda de Mancilla - Facativá, la comunidad de Jeraquiel – Córdoba, comunidades rurales de Antioquia, Neiva y la Costa Caribe, con propuestas orientadas al aprovechamiento del agua lluvia y residual, el uso de las TIC como herramienta de gestión sostenible para conservar los recursos naturales desde las comunidades rurales, modelos de desarrollo sostenible para comunidades vulnerables, manejo eficiente del recurso hídrico como adaptación al cambio climático, plataforma de avistamiento para tortugas con energía alternativa como propuesta de manejo y conservación, entre otras.

El desarrollo y puesta en marcha de las iniciativas ganadoras en el marco de la convocatoria, fue posible gracias a la construcción de conocimiento colaborativo entre los investigadores expertos técnicos de las propuestas y la comunidad beneficiaria a impactar. Esta estrategia de trabajo garantiza la apropiación social del conocimiento y genera capacidades en todos los participantes, permitiendo que la implementación de las propuestas sean permanentes en el tiempo.

Con esto, SENNOVA busca impactar significativamente en todos los rincones del País a partir de la ideación e implementación de iniciativas de Ciencia, Tecnología e Innovación que respondan a las necesidades técnicas, tecnológicas, ambientales y socio – culturales de las empresas, comunidades, gremios y en general de la población colombiana, objeto de impacto para el SENA.

Stephany Valle Cordoba
MSc. En Desarrollo Humano

CONTENIDO

Alternativa para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Mancilla – Facatativá Cundinamarca

José Ricardo Forero Mendieta, Sergio Alejandro Pedraza Pachón, Valery Tatiana González Castro, Diana Carolina Jaimes Galvis7

Las TIC como herramienta de gestión sostenible para conservar los recursos naturales desde las comunidades rurales

Sergio Alberto Amaya Ramírez, Joan Esteban Chacón Quintero, Cristina López Ramírez, Johanna Arroyave-Suárez24

Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba

Carlos Andrés Burgos Galeano, Álvaro Enrique Aleán Vásquez, Paula Andrea Estrada Palencia35

Tecnologías basadas en recursos naturales para el desarrollo de comunidades descentralizadas de la costa caribe

José José Palacin Salcedo, Jhon Eduard Montenegro Fresneda52

Cosecha, recicló y manejo eficiente del recurso hídrico como estrategia de adaptación al cambio climático por parte de AESMEVI

Rubén Carvajal Caballero, Alix Antonia Macías Alix Antonia Macías67

Plataforma de avistamiento para tortugas en la playa Bobalito, El lechugal, Necoclí - Antioquia, Utilizando iluminación especial y energía alternativa: propuesta de manejo y conservación

Néstor Támara, Mónica Obregón Barrios, Hernán Pulgarín Arcila, Lina María Sánchez Cardozo, Slim Camilo Alabares Alarcón85

“Tecnompost”, Un modelo de desarrollo sostenible para comunidades vulnerables de la ciudad de Neiva

Adrian Fernando Chavarro, Alberto Enrique Oviedo Buelvas99

Alternativa para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Mancilla – Facatativá Cundinamarca

Alternative for the use of rainwater in the village Mancilla - Facatativá Cundinamarca

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

Para Citar:

Forero, J., Pedraza, S., González, V., & Jaimes, D. (2018). Alternativa para el aprovechamiento del agua lluvia en la vereda Mancilla – Facatativá Cundinamarca. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 7-23. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1614>

José Ricardo Forero Mendieta

MSc en Ciencias Química; Especialización tecnológica en gestión de calidad en laboratorios de ensayo NORMA ISO/IEC 17025; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; jrforero@sena.edu.co

Sergio Alejandro Pedraza Pachón

MSc en sistemas de gestión integrados; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; sergioapedraza@misena.edu.co

Valery Tatiana González Castro

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; vtgonzalez@misena.edu.co

Diana Carolina Jaimes Galvis

MSc en Ciencias Farmacéuticas; Universidad de Cundinamarca; naesis12@yahoo.es

Resumen

Los sistemas para el aprovechamiento de agua lluvia, son una alternativa para reducir el impacto ambiental y social generado por el fenómeno del Niño, que en la última década disminuyó considerablemente la oferta hídrica en los caudales de los cuerpos de agua que alimentan los acueductos municipal y veredal en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. Sumado a lo anterior, en la región se evidencia el alto consumo de fincas productoras de fresa que ocasionan el acceso limitado al agua en las unidades familiares en el sector 46 de la vereda Mancilla. El presente proyecto de investigación aplicada y la acción participativa de los habitantes de la vereda Mancilla permitió la construcción y adecuación de 10 unidades de cosecha y tratamiento de agua lluvia, para así obtener una nueva fuente del recurso a través de un desarrollo simple y sostenible en el tiempo; esta tecnología consiste en un sistema de captación, recolección, almacenamiento, filtración, cloración y/o ozonificación permitiendo así el acceso agua potable a las familias de Mancilla. Por lo anterior, se puede concluir en un primer momento que el proyecto de apropiación social ejecutado logró cambiar el acueducto veredal como fuente de consumo de agua local donde los contenidos coliformes totales, *E. coli* y heterótrofos inicialmente antes de implementar el proyecto estaban por encima de los valores máximos permitidos de acuerdo con la Resolución 2115 del 2007. y así disminuir enfermedades causadas por los mismos. Una segunda conclusión es que durante el proceso la comunidad adquirió las herramientas y los conceptos para la construcción, puesta en marcha y mantenimiento de estos sistemas que lograron la captación y potabilización de más de 30 metros cúbicos diarios de agua lluvia, con estándares de calidad en el tratamiento teniendo en cuenta la legislación nacional vigente para tal fin.

Palabras clave: sistemas de tratamiento, comunidad, apropiación social, agua potable.

Abstract

The systems for the use of rainwater, are an alternative to reduce the environmental and social impacts generated by the “El Niño” phenomenon, which in the last decade significantly reduced the water supply in the flows of the water bodies that feed the municipal aqueducts and veredales in the municipality of Facatativá, Cundinamarca. Added to the above in the region is the high one numbers of strawberry producing farms that cause limited access to water in family units in sector 46 of the village Mancilla. The present project of applied research and the participatory action of the inhabitants of the village Mancilla allowed the construction and adaptation of 10 units of harvesting and treatment of rainwater, in order to obtain a new source of the resource through a simple and sustainable development in time; This technology consists of a system of collection, collection, storage, filtration, chlorination and / or ozonation, thus allowing access to drinking water for the families of Mancilla. Due to the above, it can be concluded at the outset that the implemented social appropriation project managed to change the Veredales aqueduct as a source of local water where the total coliform, E. coli and heterotrophic contents were initially very high before the project was implemented in accord of the maximum values allowed in accordance with Resolution 2115 of 2007 and thus reduces diseases caused by them. A second conclusion is that during the process the community acquired the tools and concepts for the construction, commissioning and maintenance of these systems that achieved the collection and purification of more than 30 cubic meters of rainwater per day, with quality standards in the treatment taking into account the national legislation in force for that purpose.

Keywords: treatment systems, community, social appropriation.

Introducción

La problemática actual de la comunidad es la baja disponibilidad de agua para mantener e impulsar proyectos productivos de tipo agrícola y/o forestal; debido a lo anterior, se hace necesario una alternativa de aprovechamiento de agua lluvia y residual que permita satisfacer las demandas de consumo humano, diseñados de acuerdo a la precipitación del lugar, bajo la premisa de tecnologías apropiadas para ambientes rurales y periurbanos.

La implementación del sistema de captación y aprovechamiento de agua lluvia, parte del análisis de modelos topográficos de la zona de estudio para determinar las áreas de drenajes analizando los puntos potenciales de recolección de agua, además del balance hidrológico permitiendo analizar la información pluviométrica de la zona que según datos obtenidos reportados en climate.data.org es de 810 mm al año, a partir de la información colectada a los coeficientes de escorrentía (Chow, Maidment & Mays 1988; Monsalve, 1999; Merritt, Loftin & Ricketts, 1999), se determina la oferta en términos de volumen ajustando a un modelo matemático que permite el suministro mínimo, promedio y máximo anudado a la demanda de agua potable y/o riego en la comunidad. El sistema general

está compuesto por componentes de captación, recolección, interceptor de primeras aguas y almacenamiento, además de otros componentes importantes como el sistema de filtración compuesto, cloración, ozono y la red de distribución de agua a la vivienda (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS] y Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2003). El recurso hídrico final disponible se somete a un análisis de calidad fisicoquímico según parámetros de muestreo y análisis de uso final para consumo o saneamiento básico en las viviendas.

La implementación del sistema de agua lluvia parte del cálculo del balance hídrico en cuanto al consumo de agua potable por vivienda, con este se determina un dimensionamiento inicial de los sistemas de tratamiento de agua lluvia (Chow *et al.*, 1988). Este tratamiento es de fácil instalación y los insumos son de fácil acceso para los habitantes.

Materiales y métodos

Selección de la población objeto de estudio

El municipio de Facatativá se divide territorialmente en 14 veredas, 16 centros poblados y 109 barrios (Alcaldía de Facatativá, 2002), de los cuales la vereda Mancilla tiene

una extensión aproximada de 1,4 millones de hectáreas, lo que la hace una de las principales veredas de mayor extensión en el municipio.

La alcaldía municipal, en su Plan de Ordenamiento Territorial, afirma, que la vereda Mancilla se comprende “por la totalidad del cerro del mismo nombre con sus dos laderas, hasta la vía que desde el Colegio Juan XXIII, en Prado, conduce hacia el Cerro Negro” (Escuela Superior de Administración Pública [ESAP], 2002), tiene una altitud aproximada de 2.600 m.s.n.m. en la cual existen dos tipos de sistemas productivos, los de subsistencia, que cultivan papa y arveja, y los empresariales, que se dedican a la producción de fresas y a la ganadería. Por otro lado, hay viviendas que a pesar de contar con espacios para los cultivos estos no se realizan por la escasez de agua.

La población fue seleccionada teniendo en cuenta los antecedentes históricos reportados en el año 2016, donde por efecto del fenómeno de El Niño se vio afectado el abastecimiento de agua a la mayoría de la población de la vereda, principalmente por la disminución del nivel de sus embalses. Adicionalmente, el acueducto veredal no cuenta con un sistema de tratamiento óptimo para agua de consumo humano. Por otra parte, se presentan problemas debido al alto uso del recurso hídrico en las

fincas productoras de fresas ubicadas en la parte alta de la cuenca, disminuyendo la disponibilidad de agua para sus hogares.

Diseño e implementación de los sistemas

Con el fin de establecer un diseño de acuerdo con las necesidades de la población y un método de acción para la ejecución del proyecto, este se divide en cinco etapas:

Etapas 1. Selección y caracterización de la población

Para la captura de la información de la caracterización socioeconómica y técnica de los habitantes de la vereda Mancilla de Facatativá se seleccionó como instrumento la aplicación de encuestas. Estas encuestas facilitan la obtención de información primaria y esta se complementa en campo con la observación del área de las viviendas y el ejercicio de observación de las condiciones de su infraestructura.

Las preguntas de la encuesta se diseñaron a partir del enfoque de Medios de Vida según el cual “comprende las posibilidades, activos (que incluyen recursos tanto materiales como sociales) y actividades necesarias para ganarse la vida” (Departamento para el Desarrollo Internacional [DFID], 1999). A través de las preguntas

orientadas por este enfoque, se permite conocer cómo son las condiciones bajo las cuales las personas se hacen a sus medios de vida, con qué activos cuentan y cómo podrían mejorar sus condiciones actuales, lo cual busca el proyecto en la dimensión de mejoramiento de la calidad del agua.

La priorización de beneficiarios consistió en definir cuáles serían los hogares (de entre los encuestados), más aptos para la implementación de los sistemas de tratamiento de agua lluvia. Esta priorización se llevó en cuatro fases: la primera, consiste en la definición criterios de selección, los cuales se establecen la viabilidad de un hogar para ser beneficiario de un sistema.

La segunda fase, es la descripción y valoración de los criterios de selección, la cual consiste en la asignación de valores para definir una escala de medición cuantitativa de cada criterio

La tercera fase, es la asignación de puntaje a los encuestados según criterios, la cual, según las características con que cuente el hogar, se le asignan los puntajes y luego estos se suman. Por última resulta el proceso de la priorización de beneficiarios la cual es una lista de los hogares con mayor potencial y menor de ser beneficiarios.

Etapas 2. Validación de los sistemas de tratamiento de agua lluvia

Con los datos recolectados en las encuestas respecto a la infraestructura de cada hogar, el balance hidrológico reportado en www.climate.data.org y el consumo promedio de cada hogar, se dio inicio con el diseño de los sistemas de tratamiento de agua lluvia y grises acorde con las necesidades de la comunidad y a las condiciones del recurso hizo por lo cual, realizaron muestreos en la bocatomía, salida del sistema de tratamiento veredal, en tres casas aleatorias y en dos puntos de descargas en el efluente natural, teniendo en cuenta los procedimientos estipulados en las Normas Técnicas Colombianas NTC 5667-5, NTC 5667-6 y NTC 5667-10, donde se establecen las directrices para el muestreo de agua en sistemas de tratamiento, ríos o corrientes y aguas residuales.

Posteriormente, fueron analizados los parámetros fisicoquímicos bajo la metodología del Standard Methods versión 2016 y comparado según los requerimientos establecidos en Resolución 2115 del 2007 por la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Etapas 3. Implementación de los sistemas

Una vez estructurados los sistemas de tratamiento de agua lluvia, se inició con la puesta en marcha de cada uno por lo cual fue necesario capacitar a cada unidad familiar frente a la instalación, uso y mantenimiento de los equipos.

Etapas 4. Apropiación social del conocimiento

Se programaron jornadas de capacitación individual (por cada unidad familiar) y en común donde se abordaron las siguientes temáticas: conceptos técnicos; instalación, uso y mantenimiento de los equipos; impactos ambientales asociados al uso indiscriminado del recurso hídrico; impactos sociales y económicos asociados a la calidad actual del agua; sensibilización y ahorro del agua. Adicionalmente, se implementó un manual y video didáctico en cuanto al uso, control y mantenimiento de los sistemas.

Etapas 5. Control y seguimiento

Para conocer la calidad del agua del acueducto veredal que abastece al sector 46 de la vereda Mancilla, se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos descritos en la tabla 1, empleando procedimientos normalizados según American Public

Health Association Labo (1999), en los laboratorios del Centro de Gestión Industrial SENA regional Distrito Capital.

Por otro lado, con el fin de asegurar la calidad de los resultados del agua entregada por los sistemas se enviaron muestras de agua para ser analizados en el Laboratorio Quimicontrol Ltda. Acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Resultados y discusión

Etapas 1. Selección y caracterización de la población objetivo y sistemas productivos

Se realizó la georreferenciación del sector 46 de la vereda, con la finalidad de levantar los diseños técnicos preliminares, las mediciones de área construida por predio e identificar las viviendas que topográficamente se ajustaban mejor para la instalación de los sistemas de tratamiento (Ver Figura 1).

Como resultado de la aplicación de los instrumentos de caracterización de la población objetivo, el comité local prioriza la asignación de los sistemas a 13 familias teniendo en cuenta los resultados sistematizados y de acuerdo con las cuatro etapas descritas en la metodología (Ver Figura 2).

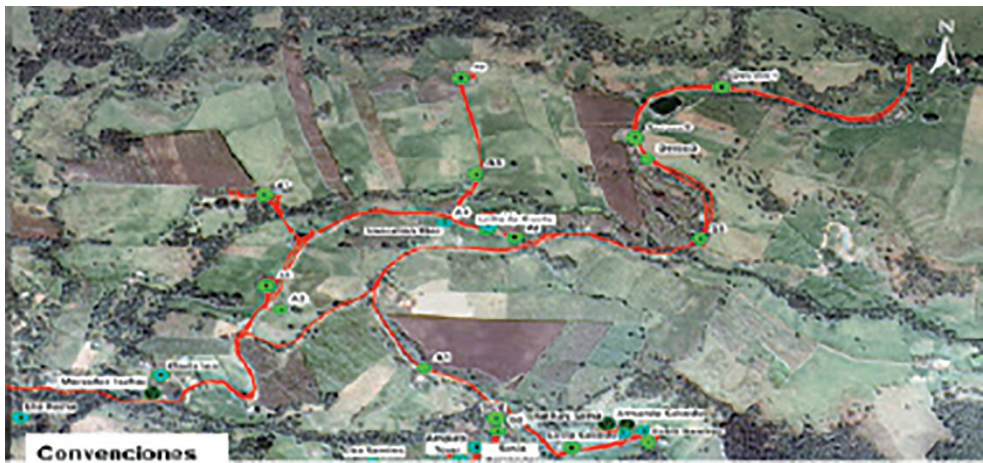


Figura 1. Masificación social del área de influencia del proyecto.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Obtención de datos encuesta aplicada en la vereda
Fuente: Elaboración propia

Etapa 2. Validación de los sistemas de tratamiento de agua lluvia

El sistema general está compuesto por componentes de captación, recolección, interceptor de primeras aguas y almacenamiento; además de otros componentes importantes como el sistema de filtración rápida y la red de distribución de agua lluvia (CEPIS, 2003), se le realizó a un análisis de calidad físico químico del recurso hídrico disponible del acueducto veredal (Ver Tabla 1).

Según los datos obtenidos y al compararlos con la Resolución 2115 de 2007 que señala las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano se puede evidenciar que parámetros tan importantes como pH, cloro residual y microorganismos patógenos como *E. coli*, *Heterótrofos* y *Coliformes*, no cumplen la normatividad; confirmando la necesidad de implementar un sistema seguro para el consumo humano a nivel doméstico.

Etapa 3. Implementación de los sistemas

Luego de realizar la validación de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia, se realizó el acondicionamiento de cada uno de los terrenos de las unidades familiares según necesidades, y se procedió

a instalar junto con la comunidad cada uno de los sistemas haciendo un monitoreo permanente en cada vivienda para realizar los ajustes correspondientes de caudal, presión, retrolavados, acoples hidráulicos, acometidas, cargas de material filtrante, conexiones a puntos de energía para ozonizadores y electrobombas, dosificación de cloro y puesta en marcha de manera óptima a cada sistema según las necesidades, características topográficas y de infraestructura por vivienda (Ver Figuras 3).

Etapa 4. Apropiación social

Con el fin de abordar las temáticas planteadas para la apropiación social de la CTeI se dividió en 4 áreas de trabajo:

Comunicación de la ciencia y de la tecnología: en conjunto con la comunidad se abordaron las diferentes problemáticas percibidas desde el punto de vista de cada unidad familiar, posteriormente se socializaron conceptos técnicos asociados al manejo del recurso hídrico, impactos asociados al manejo y herramientas para el uso eficiente del recurso. Luego, se desarrolló en conjunto un cuento donde se plasmaba la situación actual de la comunidad y cómo proyectan sus vidas una vez fuera instalado el sistema en sus hogares (Ver Figura 4).

Tabla 1.
Análisis físico químico agua acueducto veredal

Variable	Unidad	Resultados	Incertidumbre	Res 2115:2007
pH	Unidad	6,25	No aplica	No cumple
Color	Pt-Co	2,5	±0,5	Cumple
Turbidez	NTU	0,83	No aplica	Cumple
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	<12,2	±0,075	Cumple
Dureza total	mg/L CaCO ₃	9,63	±0,177	Cumple
Calcio total	mg/L	5,28	±0,047	Cumple
Cinc total	mg/L	0,012	±0	Cumple
Hierro total	mg/L	0,061	±0,001	Cumple
Magnesio total	mg/L	0,346	No aplica	Cumple
Manganeso total	mg/L	<0,005	±0,001	Cumple
Aluminio total	mg/L	<0,027	±0,001	Cumple
Molibdeno total	mg/L	<0,023	±0,002	Cumple
Cloruros	mg/L	6,69	±0,062	Cumple
Cloro residual	mg/L Cl ₂	0	No aplica	No cumple
Fosfatos	mg/L	<0,22	±0,017	Cumple
Sulfatos	mg/L	4,73	±0,416	Cumple
COT	mg/L	<3	No aplica	Cumple
Coliformes totales	UFC/100 mL	28	No aplica	No cumple
Escherichia coli	UFC/100 mL	4	No aplica	No cumple
Heterótrofos	UFC/100 mL	1,20E+03	No aplica	No cumple

Fuente: Elaboración propia

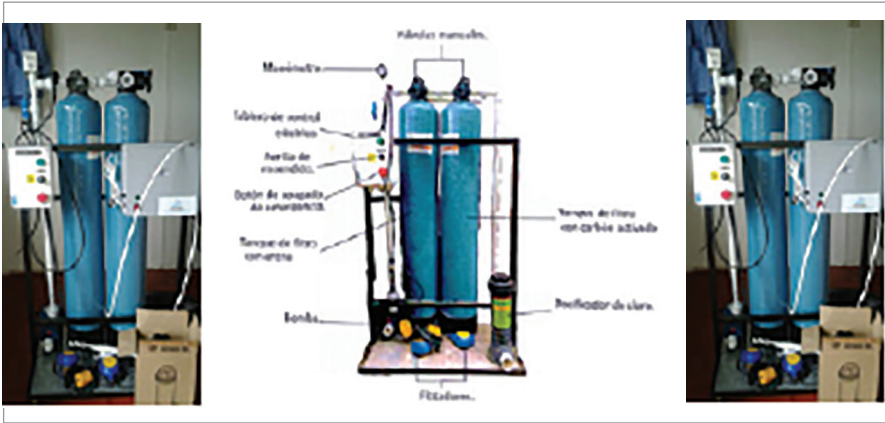


Figura 3. Sistema de tratamiento de agua lluvia

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Cuento desarrollado por la comunidad

Fuente. Elaboración propia



Figura 5. Jornada grupal manejo de los sistemas

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron jornadas grupales e individuales con actividades de apropiación social de CTel con todos los integrantes de las unidades familiares y otros miembros de la comunidad que querían conocer acerca de esta tecnología para

aclarar dudas referentes al manejo y mantenimiento tanto de los sistemas de tratamiento como de toda la construcción para su correcto funcionamiento en el tiempo (Ver Figuras 5).

Participación ciudadana, intercambio y transferencia del conocimiento

Se generó un espacio para el intercambio de conocimientos con los integrantes de cada unidad familiar e integrantes del grupo de

investigación NEURONA donde se explicaba algunos miembros de la comunidad explican detalladamente la operación y función de cada módulo del sistema, esto permite al grupo de investigación aclarar dudas relacionadas con la operación y mantenimiento (Ver Figuras 6).



Figura 6. Actividad individual por unidad familiar

Fuente: Elaboración propia



Figura 7. Socialización de manuales

Fuente: Elaboración propia

Gestión del conocimiento

teniendo en cuenta la población y las características que en ella se enmarcan se hace entrega a cada hogar de un Manual para la operación de los sistemas de tratamiento, Kits de monitoreo de pH y Cloro residual, videos sobre la operación y mantenimiento obtenidos en las actividades de intercambio y transferencia de conocimiento donde ellos son protagonistas (Ver Figuras 7, 8 y 9).

Plan de sostenibilidad

el alcance del plan es la definición de las acciones técnicas, sociales, económicas y ambientales que se deben tener en cuenta para garantizar que los hogares de la Vereda Mancilla del Municipio de Facatativá mantengan de manera sostenible la solución científico-tecnológica. Por lo cual, se contempla acciones que conllevan a la conservación y correcto funcionamiento de la solución implementada con resultados



Figura 8. Manual para la operación de los sistemas de tratamiento

Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Kits de monitoreo de pH y Cloro Residual

Fuente: Elaboración propia

positivos para la comunidad. en cuenta lo anterior, se plantean 4 áreas y se vincula a un integrante de la comunidad como líder de una de estas áreas las actividades específicas de cada uno se describen a continuación:

Social: mantener el interés y la participación por parte de la Comunidad; velar por el buen uso de la solución; propiciar espacios de participación de la comunidad y mantenerla informada; desarrollar las capacidades al frente al conocimiento y buen uso de la solución.

Económico: administrar, recaudar y vigilar los recursos económicos referentes a la solución y velar por el sostenimiento económico; mantener informada a la comunidad frente al manejo de los recursos económicos.

Técnico: garantizar técnicamente el funcionamiento de los sistemas y orientar técnicamente a los usuarios en el manejo adecuado de la misma; programar mantenimientos preventivos y las reparaciones que se requieran; cotizar los repuestos o materiales; conocer y enseñar a los usuarios en el manejo y mantenimiento de la solución.

Ambiental: reducir los efectos negativos generados a partir del uso de la solución; implementar acciones encaminadas a minimizar los riesgos causados por factores externos; velar

por el cuidado del entorno, del Medio Ambiente y por el cumplimiento de las normas ambientales.

Etapa 5. Control y seguimiento

El control y seguimiento se realizó desde tres perspectivas importantes:

Calidad del agua

Se realizaron análisis fisicoquímicos de la calidad del agua a la salida de los sistemas de agua lluvia (Ver Tabla 2) con el fin de comparar los resultados con los de entrada; según los datos obtenidos y al compararlos con la norma el agua cumple con todos los parámetros haciéndola apta para el consumo humano.

Infraestructura

Se programaron visitas permanentes a todas las unidades familiares y se realizó acompañamiento del avance las adecuaciones necesarias para la instalación de los sistemas.

Apropiación Social

Se realizaron continuamente socializaciones, aplicación de herramientas y actividades con toda la comunidad para conocer dudas e inquietudes sobre la operación y mantenimiento de los sistemas.

Tabla 2.
Análisis físicoquímico agua lluvia tratada

Variable	Unidad	Resultados	Incertidumbre	Res 2115:2007
pH	Unidad	6,83	No aplica	Cumple
Temperatura	°C	19,2	No aplica	No aplica
Color	Pt-Co	6,25	±0,5	Cumple
Turbidez	NTU	1,36	No aplica	Cumple
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	<12,2	±0,075	Cumple
Dureza total	mg/L CaCO ₃	43,6	±0,177	Cumple
Calcio total	mg/L	20,8	±0,047	Cumple
Cinc total	mg/L	0,008	±0	Cumple
Hierro total	mg/L	0,112	±0,001	Cumple
Magnesio total	mg/L	0,311	No aplica	Cumple
Manganeso total	mg/L	<0,005	±0,001	Cumple
Aluminio total	mg/L	0,075	±0,001	Cumple
Molibdeno total	mg/L	<0,023	±0,002	Cumple
Cloruros	mg/L	23,6	±0,062	Cumple
Cloro residual	mg/L Cl ₂	1,7	No aplica	Cumple
Fosfatos	mg/L	<0,22	±0,017	Cumple
Sulfatos	mg/L	<3,23	±0,416	Cumple
COT	mg/L	3,66	No aplica	Cumple
Coliformes totales	UFC/100 mL	<1	No aplica	Cumple
Escherichia coli	UFC/100 mL	<1	No aplica	Cumple
Heterótrofos	UFC/100 mL	1,00E+00	No aplica	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se realizó un acercamiento con la comunidad gracias a las diferentes actividades de apropiación social de CTel que permitieron dar mayor confianza y resolver dudas con respecto a los sistemas, por otro lado, la participación de la comunidad en la construcción de los sistemas, instalación, mantenimiento,

adecuación de las viviendas fue vital para la puesta en marcha de los mismos. El proyecto ofrece una alternativa al acueducto veredal como fuente de consumo de agua asegurando que los resultados parámetros de calidad evaluados en laboratorio acreditado bajo la Norma ISO/IEC 17025 se encuentran dentro de los rangos establecidos para agua potable.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por COLCIENCIAS en la Convocatoria Ideas para el Cambio BIO 2016 capítulo I, con la participación de instituciones como ENLACE, FES, Fabio Hernandez Rodriguez; Subdirector Centro de Gestion Industrial, Edilma Sandoval Mojica; Coordinadora de Formación Profesional Centro de Gestion Industrial, Javier Enrique Santana; Padrino de la Solución; Amparo Tovar líder del Sector 46 de la Vereda Mancilla.

Referencias

- Alcaldía de Facatativá (2002). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Facatativá–Cundinamarca*. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/5eot%20-%20esquema%20de%20ordenamiento%20territorial%20-%20componente%20general%20-%20facativ%C3%A0%20-%20cundinamarca%20-%202002.pdf>
- American Public Health Association Labo (1999). *Standard Methods for the Examination of Water and Sewage*. Recuperado de: https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y Organización Panamericana de la Salud (2003). *Especificaciones técnicas captación de agua de lluvia para consumo humano*. Lima, Perú: Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Chow, V., Maidment, D. & Mays, L. (1988). *Hidrología aplicada*. EEUU: Mc Graw Hill.
- Departamento para el Desarrollo Internacional (1999). *Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles*. Recuperado de: http://www.livelihoodscentre.org/documents/20720/100145/Sus_livelihoods_guidance_sheets_es/828b264e-bb7f-4a43-a25f-8996fa7cc447
- Escuela superior de administración pública (2002). *Componente rural del plan de ordenamiento territorial*. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/5eot%20-%20>

esquema%20de%20
ordenamiento%20
territorial%20-%20
componente%20rural%20
-%20facatativ%C3%A0%20
-%20cundinamarca%20-%20
2002.pdf

Merritt, F., Loftin, M. & Ricketts, J.
(1999). *Manual del ingeniero
civil*. (4ta ed). México:
McGraw Hill.

Monsalve, G. (1999). *Hidrología
en la ingeniería*. Escuela
colombiana de ingeniería.
Colombia: Alfaomega.

Norma Técnica Colombiana 5667-
5. (2008). *Calidad del agua.
Muestreo. Parte 5: directrices
para el muestreo de agua
potable de instalaciones
de tratamiento y sistemas
de distribución por tubería*.
Bogotá: ICONTEC.

Las TIC como herramienta de gestión sostenible para conservar los recursos naturales desde las comunidades rurales

ICT as a sustainable management tool to conserve natural resources from rural communities

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

Para Citar:

Amaya, S., Chacón, J., López, C., & Arroyave-Suárez, J. (2018). Las TIC como herramienta de gestión sostenible para conservar los recursos naturales desde las comunidades rurales. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 24-34. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1629>

Sergio Alberto Amaya Ramírez

Sennova Centro de Comercio Regional Antioquia; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; sergio.amaya.r@gmail.com

Joan Esteban Chacón Quintero

Ing. Electrónico; Sennova Centro de Comercio Regional Antioquia; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA jchacon.quintero@gmail.com

Johanna Arroyave-Suárez

MSc. en Estudios Urbano Regionales; Sennova Centro de Comercio Regional Antioquia; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; ljarroya@gmail.com

Cristina López Ramírez

Esp. en Gestión de Proyectos; Sennova Centro de Comercio Regional Antioquia; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; kristina.lopezr@gmail.com

Resumen

La ciencia en muchos casos aparece como algo aislado y lejano, especialmente para las comunidades rurales, las cuales no están familiarizadas con los lenguajes, las formas y estructuras de la comunidad científica; es por ello que el compromiso de los investigadores radica en apropiar el lenguaje de las comunidades y generar espacios de diálogos de saberes. Ideas para el Cambio como programa gubernamental de apropiación social de la ciencia busca dicha conexión, y el grupo de investigación en Gestión de la Innovación y el Desarrollo Tecnológico del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA asumió el reto. Para ello y de la mano de la comunidad de la vereda La Herrera del municipio de Jardín al sur oeste del departamento de Antioquia formularon y ejecutaron un proyecto orientado a reconocer, documentar, sistematizar y desarrollar una aplicación para celular que les permitiera mostrar la riqueza ambiental, con énfasis en aves, con que cuenta el municipio, al igual que gestionar y promover el turismo sostenible.

Palabras clave: turismo sostenible, biodiversidad, aviturismo, aplicaciones móviles, apropiación social, innovación, ciencia, tecnología.

Abstract

Science, in many cases appears as something isolated and far away, especially for rural communities, which are not familiar with the languages, the forms and structures of the scientific community; it is for this reason that the commitment of the researchers lies in appropriating the language of the communities and generating spaces for dialogs of knowledge. Ideas para el Cambio as the government's program of social appropriation of science looks for that connection, and the Research Group on Management of Innovation and Technological Development of Servicio Nacional de Aprendizaje SENA took up the challenge. To do this, and from the hand of the community of La Vereda La Herrera of the municipality of Jardín to the south west of the department of Antioquia, formulated and implemented a project aimed to recognize, document, organize and develop a mobile application that would allow them to show the environmental richness, with an emphasis on birds, with the municipality, as well as managing and promoting sustainable tourism.

Keywords: sustainable tourism, biodiversity, bird tourism, mobile applications, social appropriation, innovation, science and technology.

Introducción

El turismo se define como los desplazamientos cortos y temporales de la gente hacia destinos fuera del lugar de residencia y de trabajo, y las actividades emprendidas durante la estancia en esos destinos (Burkart & Medlik, 1981).

El turismo rural surge como una alternativa turística que esencialmente se caracteriza por desarrollarse en espacios rurales y basarse en principios de tipo ambiental, social, cultural y económico. Estos principios exaltan el turismo como una actividad de carácter territorial, que tiene relación directa con las personas, su organización social y cultural, sus vínculos interinstitucionales y con el medio ambiente (Pérez, 2010).

El turismo rural en Colombia, de acuerdo con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, se ha ido expandiendo, esto se explica por la necesidad de los productores rurales de diversificar sus fuentes de renta y la monetización de su trabajo, es decir las comunidades rurales viven en contextos de pluriactividad, entendida como las diferentes actividades que realiza un habitante rural en pro de su economía y que implica una estrategia de reacción como respuesta a una situación de riesgo o vulnerabilidad, o una estrategia de adaptación ante la

posibilidad de algunos individuos de elegir entre diferentes oportunidades o posibilidades (Ellis, 2000).

En dicho contexto, el turismo de naturaleza, definido por la Organización Mundial del Turismo (OMT) como todo tipo de turismo basado en la naturaleza, en la que la principal motivación es la observación y apreciación de la naturaleza, así como las culturas tradicionales (OMT, 2002) tiene gran protagonismo, en donde el turista no solo aprecia la naturaleza si no el territorio rural, entendiendo a las comunidades rurales como parte misma del territorio.

En este sentido, el Viceministerio de turismo tiene como meta: “posicionar a Colombia como destino de turismo de naturaleza, reconocido por el desarrollo de productos y servicios altamente competitivos y sostenibles, que permitan preservar los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de las comunidades receptoras” (Departamento Nacional de Planeación [DPN], 2014), y el proyecto busca una directa alineación a esta meta.

Construcción de una propuesta con la comunidad

Jardín, localizado en el suroeste de Antioquia, es considerado uno de los cinco destinos de turismo de

naturaleza del departamento (Viaja por Colombia, 2017), orientado al turismo sostenible y de la mano de la comunidad, busca la conservación de ecosistemas estratégicos como el bosque de niebla, el páramo y el paisaje tradicional cafetero. Dentro del municipio sobresalen 4 veredas con espacios y condiciones propicias para la observación de aves, entre ellas la vereda La Herrera.

La junta de acción comunal de esta vereda está conformada por 17 familias, personas humildes, creativas y emprendedoras, cuyo principal ingreso económico proviene de la agricultura; por otra parte, La Herrera es una de las veredas más cercanas al casco urbano, cuenta con una garrucha o teleférico como medio de transporte el cual es utilizado por sus habitantes para trasladar productos y recibir turistas. Uno de los recursos

naturales más importantes del municipio y la vereda es la avifauna, en el municipio se han reportado más de 400 especies de aves, algunas endémicas y otras migratorias, que pueden ser avistadas a lo largo del año en diferentes puntos de la región (Figura 1).

Entre las especies de aves se destacan las frugívoras de gran tamaño, como las pavas o guacharacas (*Chamaepetes goudotii*, *Ortalis columbiana*), los loros (*Ognorhynchus icterotis*, *EN*, *Aratinga wagleri*, *Pionus chalcopterus*), el tucancito (*Aulacorhynchus prasinus*) y la oropéndola o gulungo (*Psarocolius angustifrons*); estos grupos de aves son vulnerables (Hernandez, 2013), y por ello la importancia de reconocerlos como un bien que agrega valor a la región.



Figura 1. Exposición de algunas de las aves observadas en el Municipio de Jardín

Fuente: Proyecto “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de Jardín, Antioquia”

El proyecto

Frente a la convocatoria 750 del programa Ideas para el Cambio - BIO 2016 de Colciencias que tiene como objetivo apoyar soluciones innovadoras desde la ciencia y la tecnología que realicen procesos de apropiación social del conocimiento, a partir de los retos propuestos en la temática de biodiversidad, que serán desarrollados entre la comunidad científica en alianza con comunidades que estén dispuestos a trabajar de forma participativa y colaborativa para la preservación, el uso sostenible de los recursos naturales y en el mejoramiento de la calidad de vida (Colciencias, 2016).

Surgieron varias preguntas, entre las cuales sobresalió: ¿cómo hacer para que mucha gente aprenda a reconocer y cuidar las aves de la vereda y el municipio?; después de buscar múltiples soluciones el equipo formulador se encontró con varias alternativas, de las cuales identificaron una herramienta TIC soportada en APP como la mejor solución. Luego de esto se procedió a la formulación y la obtención de los recursos del SENA-Colciencias.

El proyecto se denominó “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de

Jardín, Antioquia”, fue seleccionado y aprobado en el marco de esta convocatoria y propone una serie de actividades para promover el turismo sostenible en dicho municipio.

La Junta de Acción comunal de la Vereda La Herrera con la ayuda del grupo SENNOVA Centro de Comercio Regional Antioquia y los observadores de aves (habitantes de la región) formularon el proyecto enfocado en turismo sostenible, reconocimiento y protección de la avifauna del municipio.

En este sentido, se planteó el proyecto para diseñar e implementar uno de los productos: COTINGA, una herramienta tecnológica sobre la avifauna local, y que mediante actividades de apropiación social de la ciencia y la tecnología, visitantes y locales, expertos o no, puedan acercarse al conocimiento ornitológico y disfrutar del turismo de naturaleza de una forma fácil, educativa e interactiva, contribuyendo al desarrollo comunitario, fortaleciendo la generación de conocimiento científico.

Para la ejecución del proyecto se contrataron entre programadores de software y aficionados experimentados en ornitología con el fin de generar una aplicación que reuniera información sobre aves, sitios y rutas turísticas de la zona. La

entidad responsable de la ejecución fue el grupo Sennova Centro de comercio.

El proyecto se divide en dos líneas fundamentales: la aplicación móvil y actividades de apropiación social del conocimiento, la ciencia y la tecnología. Para la primera línea, gracias al personal jardineño contratado para la ejecución del proyecto, se pudo recopilar información de 282 de las especies de aves, además de puntos de

referencia y sitios turísticos ubicados sobre 4 rutas para el desarrollo del aviturismo, y se consolida la base de datos para la herramienta tecnológica. Cotinga es una aplicación (APP) que funciona para teléfonos móviles bajo sistema operativo Android. La APP hace uso de una base de datos local con información de las aves seleccionadas, recomendaciones para la actividad de avistamiento y una base de datos online de sitios de avistamiento, enlaces de interés, lugares y guías turísticos.

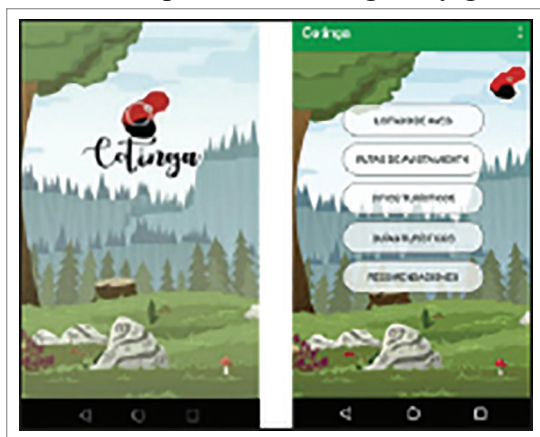


Figura 2. Splash inicio y menú aplicación Cotinga

Fuente: Proyecto “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de Jardín, Antioquia”

Al instalar la APP, se carga automáticamente en el dispositivo la base de datos con información asociada a las aves identificadas, tal como nombre común en inglés y en español, nombre científico, colores primario y secundario de las plumas, color de las patas, estado de conservación, forma de ave, forma de pico, endemismo, alguna

información general del ave y un enlace a la página de Xeno-canto, (2017), en donde se puede escuchar el trino. Esta información permite que el usuario pueda hacer búsquedas aplicando filtros y una vez encontrada el ave, puede ser marcada como avistada, además tiene la opción de tomarle una fotografía y compartirla en redes sociales.



Figura 3. Opciones criterios de búsqueda de las aves y sitios turísticos en aplicación Cotinga

Fuente: Proyecto “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de Jardín, Antioquia”

Las rutas de avistamiento, identificadas por avistadores de la región, son mapas realizados en formato KML (Keyhole Markup Language-Google Earth). En ellos se marcan puntos de referencia para que los turistas se ubiquen a lo largo del recorrido.

Al ingresar en la opción de los sitios turísticos se pueden consultar los locales comerciales clasificados por su principal actividad económica como restaurantes, hoteles, sitios ecoturísticos entre otros, además de puntos de referencia de interés.

En la sección guías turísticos se encuentra información de personas en la región capacitadas para hacer recorridos y apoyar al turista en las actividades propias del avistamiento

de aves. El usuario podrá tener acceso al correo electrónico y número de contacto, además de una pequeña descripción acerca de los servicios ofrecidos por el guía. Ambas bases de datos se almacenan en línea y pueden ser modificadas por un administrador a través de la web.

El aplicativo ofrece algunas recomendaciones para los turistas al momento de hacer la actividad de avistamiento de aves, para que sea segura, agradable y amigable con el medio ambiente, por ejemplo, al momento del avistamiento no hacer movimientos ni ruidos fuertes y conversar siempre con un tono de voz bajo.

Finalmente, el usuario podrá encontrar algunos enlaces de interés de páginas web relacionadas con las

aves o con el avistamiento de las mismas, por ejemplo la Sociedad Antioqueña de Ornitología (SAO, 1984) o Avibase (Avibase, 2017), en las que se pueden encontrar trinos en línea o una base de datos mundial de aves, respectivamente.

La segunda línea del proyecto son las actividades de apropiación social del conocimiento, la ciencia y la tecnología. Considerando que la conservación del medio ambiente es primordial para los habitantes del municipio y de la vereda, pues es el insumo principal en la actividad turística de la zona, se incentiva a sus habitantes para conservarlo; la educación juega un rol importante en este proceso, y por eso es allí donde

se debe comenzar, en enseñarle a los niños y jóvenes el patrimonio en flora y fauna que poseen, que deben valorarlo y cuidarlo.

En ese sentido, por medio de actividades realizadas en los salones de clase, como la observación planeada en una de las instituciones educativas, los estudiantes lograron identificar en 2 horas hasta 25 especies de aves, desde lo más común como la paloma, hasta diversas especies de colibríes y loros, esto se realizó con la ayuda de los profesores y material didáctico, donde se les presentó la diversidad de aves que poseen, el impacto ecológico que conlleva su desaparición y acciones para evitar que ocurra.



Figura 4. Evidencia actividades ASCTI realizadas en el proyecto

Fuente: Proyecto “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de Jardín, Antioquia”

Para fortalecer la apropiación y la lúdica se diseñó y distribuyó una cartilla para colorear con ilustraciones en blanco y negro de las formas del ave, formas de pico y algunos

ejemplos e información, incentivando a jóvenes y adultos propios y ajenos a la región, a indagar sobre las especies que habitan en el área.



Figura 5. Cartilla para colorear Cottinga

Fuente: Proyecto “Implementación de una estrategia de turismo en observación de aves soportado en herramientas virtuales (APP y Web) para el municipio de Jardín, Antioquia”

Conclusiones

La apropiación social de la ciencia y la tecnología se debe dar en todos los ámbitos de la sociedad, sin embargo en soluciones tecnológicas como ésta, la participación de jóvenes estudiantes ha despertado la curiosidad por aprender de su región, sus aves, su grado de conservación y sobre todo descubrir que algo común para ellos es algo digno de admiración para los observadores que nunca han visto una determinada ave, y ellos como estudiantes puedan brindar información sobre la misma.

Recomendaciones

El objetivo a corto y mediano plazo es que los jóvenes de la vereda y del municipio se capaciten en turismo sostenible, para que sean ellos, y no guías externos a la región, quienes realicen esta labor, teniendo presente que la aplicación es una herramienta para facilitar este proceso.

Es importante que los habitantes de la región, especialmente los jóvenes reconozcan su biodiversidad, el impacto que tiene cualquier intervención en ella y el estado de amenaza en que se encuentran algunas especies de fauna y flora, ya que ellos a futuro serán quienes brinden asesoría y mantengan los recursos naturales para las futuras generaciones, sin embargo esto tiene que ser reconocido y debe permitirles mejorar sus condiciones de vida.

La aplicación busca que estas condiciones se den de manera simultánea: el aprendizaje y la generación de ingresos para la región. La idea de generar oportunidades laborales a los miembros de la zona y mejorar así las condiciones socioeconómicas de ellos y sus familias, hace que la comunidad se vincule y comprometa con las actividades que se realizan en torno al proyecto.

Referencias

- Departamento Nacional de Planeación (2014). *Plan Sectorial de Turismo 2014 - 2018. Bogotá turismo para la construcción de la paz*. Recuperado de: http://www.mincit.gov.co/minturismo/loader.php?lServicio=PLAN_SECTORIAL_DE_TURISMO_2014-2018_16_DE_SEPTIEMBRE_DE_2014.pdf&prefijo=file
- Avibase (2017). *Welcome to Avibase*. Recuperado de: <https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=EN>
- Burkart, A. J. & Medlik, S. (1981). *Tourism: past, present and future*. London: William Heinemann Ltd.
- Colciencias (2016). *Convocatoria Ideas para el Cambio - BIO 2016*. Recuperado de: <http://www.colciencias.gov.co/convocatorias/mentalidad-y-cultura/convocatoria-ideas-para-el-cambio-bio-2016>
- Ellis, F. (2000). *Rural livelihoods and diversity in developing countries*. Oxford: Oxford University Press.
- Hernandez, M. (2013). *Biodiversidad y Conservación*. Recuperado de: <http://biodiversidadyconservacion.blogspot.com.co/2013/02/loros-tucanes-osos-magnolios-palmas-la.html>
- Organización Mundial del Turismo - OMT (2002). *Ecoturismo y áreas protegidas*. Recuperado de: <http://sdt.unwto.org/es/content/ecoturismo-y-areas-protegidas>
- Pérez, S. (2010). El valor estratégico del turismo rural como alternativa sostenible de desarrollo territorial rural. *Agronomía Colombiana*, 28(3). 507-513.
- Sociedad Antioqueña de Ornitología (1984). *Sociedad Antioqueña de Ornitología*. Recuperado de: <http://sao.org.co>
- ViajaporColombia(2017).*Actualidad de Turismo en Colombia*. Recuperado de: https://www.viajaporcolombia.com/sitios-turisticos/antioquia/jardin-el-pueblo-mas-hermoso-de-antioquia_270/
- Xeno-canto. (2017). *Xeno-canto*. Recuperado de: <http://www.xeno-canto.org/>

Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba

Evaluation of the physicochemical and microbiological characteristics of the supply water for human consumption of the community of Jaraquiel, Córdoba

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

Para Citar:

Burgos, C., Aleán, A., & Estrada, P. (2018). Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 35-51. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1631>

Carlos Andrés Burgos Galeano

MSc en Ciencias Ambientales; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; burgosgaleano@gmail.com

Paula Andrea Estrada Palencia

Químico; Tecnólogo en agua y saneamiento; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; paulaestradaPalencia@gmail.com

Álvaro Enrique Aleán Vásquez

Químico; Tecnólogo en agua y saneamiento; Centro de Comercio, Industria y Turismo del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; alvaroalean@hotmail.com

Resumen

El corregimiento de Jaraquiel, cuenta con un acueducto comunitario, el cual transportaba el agua del río Sinú a un sistema de almacenamiento, ahí se depositaba en estructuras y por acción de la gravedad llegaba a las viviendas, pero ésta no pasaba por ningún procedimiento que mejorara sus condiciones. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua consumida por los habitantes del corregimiento de Jaraquiel, antes y después de la optimización de la infraestructura de almacenamiento. Para llevar a cabo este proyecto, se realizó una visita de reconocimiento para la selección de los puntos de muestreo, llevando a cabo 3 muestreos antes y cuatro después de la optimización de la infraestructura. Tras la evaluación fisicoquímica y microbiológica realizada a la bocatoma y entrada acueducto, se observó a través de los siete muestreos que cumple con lo establecido en el decreto 1594:1984 lo que indica que esta se encuentra en condiciones óptimas para ser captada y solo realizarle tratamiento convencional. Para el agua que llega a las viviendas, en los primeros tres muestreos, que se realizaron antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento se obtuvo un Índice de Riesgo de Calidad del Agua “IRCA” del 86,11% lo que indicaba que era inviable sanitariamente. Después de la optimización de la infraestructura, se realizaron cuatro muestreos, no siendo satisfactorio en todos los puntos en los tres primeros, por lo tanto, fue necesario realizar varios ajustes y en el último muestreo los resultados arrojaron que el agua que recibe la comunidad es apta para el consumo humano según lo descrito en la resolución 2115:2007 para agua potable y teniendo una clasificación del nivel de riesgo en salud según el Organismo Internacional de Certificación de Auditores de sistemas de gestión - IRCA del 0,0 % lo que indica que es sin riesgo.

Palabras clave: optimización, parámetros, IRCA, coliformes, calidad del agua.

Abstract

The district of Jaraquiel, has a community aqueduct, which transported the water from the Sinu River to a storage system, where it was deposited in structures and by gravity came to the houses, but this did not go through any procedure that would improve your conditions. The objective of this research was to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water consumed by the inhabitants of the Jaraquiel corregimiento, before and after the optimization of the storage infrastructure. To carry out this project, a reconnaissance visit was made for the selection of the sampling points, carrying out 3 samplings before and four after the optimization of the infrastructure. After the physicochemical and microbiological evaluation carried out at the intake and aqueduct entrance, it was observed through the seven samplings that it complies with the provisions of decree 1594: 1984, which indicates that it is in optimal conditions to be captured and only to be treated conventional. For the water that reaches the homes, in the first three samplings, which were carried out before the optimization of the storage infrastructure, an IRCA Water Quality Risk Index of 86.11% was obtained, which indicated that it was unviable sanitarily. After the optimization of the infrastructure, four samples were taken, not being satisfactory in all the points in the first three, therefore, it was necessary to make several adjustments and in the last sample the results showed that the water received by the community is suitable for human consumption as described in resolution 2115: 2007 for drinking water and having a classification of the risk level in health according to the IRCA of 0.0%, which indicates that it is without risk.

Keywords: optimization, parameters, IRCA, coliforms, water quality.

Introducción

El estudio sobre la calidad de agua que se desarrolló en este proyecto de investigación, parte de información precisa que se ha obtenido en Colombia gracias a las indagaciones de autoridades sanitarias y consolidados Nacionales, los cuales concluyen que algunos departamentos del país presentaron un IRCA general de 23.4 % en nivel de riesgo medio en los últimos años (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Partiendo de la anterior información, en una colectividad se debe velar porque existan recursos básicos que garanticen a las personas mantener una mejor calidad de vida, entre estos se encuentra: contar con agua potable en los hogares, de no ser así perjudicaría en gran medida la salud de los individuos, tal era el caso de este corregimiento ubicado a 9,4 kilómetros del casco urbano de Montería dividido por el paso del río Sinú, en el departamento de Córdoba.

Siendo este río la fuente principal de abastecimiento de agua en Montería – Córdoba tanto de la zona urbana como rural de este municipio. El corregimiento de Jaraquiel capta agua de esta fuente, la cual cumple con los parámetros establecidos en el Decreto 1594 del 1984. La población en mención cuenta con un acueducto

comunitario llamado ACUEDEJAR, que constaba de una moto bomba que transportaba el agua del río Sinú a un sistema de almacenamiento ubicado en una parte alta de la zona, ahí se depositaba en estructuras que solo la almacenaban y por acción de la gravedad llegaba a las viviendas, pero ésta no pasaba por ningún procedimiento para ser potabilizada, es decir, que el agua suministrada a los hogares no cumplía con los lineamientos mínimos de salubridad que permite que sea apta para el consumo humano, descritos en la Resolución 2115 del 2007.

Se evaluó su calidad antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento y la que consume actualmente. Con el fin de comprobar que el agua que se provee en estos momentos, cumple con lo establecido en el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007).

Materiales y métodos

Zona de estudio

Este estudio de investigación aplicada, contribuyó en el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad de Jaraquiel, corregimiento del departamento de Córdoba que está constituido por una comunidad

estratificada socioeconómicamente en los niveles 1 y 2, constituida por 1253 personas distribuidas en 323 familias.

Para llevar a cabo la ejecución de este proyecto, el trabajo se distribuyó en (4) cuatro fases; fase I- Visita de reconocimiento, fase II- Campañas de muestreo, fase III- Análisis de laboratorio y fase IV- Tratamiento y análisis de los resultados, a continuación se describen cada una de ellas.

Fase I: visita de reconocimiento

En la selección de los puntos críticos de muestreo desde la captación hasta la distribución del agua en la comunidad de Jaraquiel, los sitios fueron georreferenciados como punto de monitoreo para la recolección de muestras. Los puntos de muestreo se seleccionaron de acuerdo a la Resolución 0811 del 2008 emitida por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008), que en el artículo 2 establece los criterios para los puntos de recolección de muestras en la red de distribución.

Fase II: campañas de muestreo

Se realizaron Siete (7) muestreos; tres (3) antes de la optimización de la infraestructura de almacenamiento en los meses de agosto, septiembre

y octubre del año 2017, valores que se compararon con los resultados que se obtuvieron de los cuatro (4) muestreos que se realizaron después de la optimización de la infraestructura; en los meses de noviembre y diciembre (época de lluvia 2017), enero y febrero (época seca 2018), donde se observó los cambios en las características del agua en los diferentes meses. Se tomaron 2 muestras por cada punto de muestreo una para la evaluación fisicoquímica y la otra para la microbiológica, registrando la localización del punto de muestro y la hora en la que se llevó a cabo la toma de muestras.

Para las muestras microbiológicas se utilizó frascos de vidrio de tapa rosca de 250 mL previamente esterilizados y para las muestras fisicoquímicas frascos de vidrio ámbar de 1L limpios y secos, posteriormente se realizaron los parámetros de campo: pH, oxígeno disuelto, conductividad, temperatura y cloro residual libre de acuerdo a las metodologías descritas en APHA (2012), siguiendo el procedimiento de toma de muestras del Laboratorio de investigación y de calidad ambiental del SENA regional Córdoba.

Fase III: análisis de laboratorio

Una vez terminado cada muestreo se realizaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos correspondientes

a los Índices de Contaminación, al Decreto 1594 del 1984 y la Resolución 2115 del 2007, según corresponda, en el Laboratorio de Investigación y Calidad Ambiental del SENA, Regional-Córdoba (Turbiedad, color, alcalinidad total, cloruros, dureza total, sulfatos, hierro total, aluminio, nitritos, fosfatos, coliformes totales y coliformes fecales, DBO₅, SST) de acuerdo a las metodologías descritas en (APHA, 2012).

Fase IV: tratamiento y análisis de los resultados

Para cada punto fueron procesadas variables fisicoquímicas y microbiológicas mediante estadística descriptiva y multivariada (ANOVA). Además cada variable fisicoquímica y microbiológica, fue sometida a una prueba de distribución normal para así poder ejecutar un Análisis de Varianza de Una vía. Para las diferencias significativas se empleó el Test de mínima diferencia significativa de Fisher (LSD). Todos los análisis se calcularon empleando el software R 3.4.1.

Se realizó la interpretación adecuada de los resultados de los análisis correspondientes al Decreto 1594 del 1984 emitido por el Ministerio de Agricultura y Ministerio de Salud, comparando con los valores máximos permisibles garantizando su uso para consumo humano solo

con tratamiento convencional. Además se calcularon los Índices de Contaminación descritos por Ramírez & Viña (1998) (ICOMI, ICOMO, ICOPH e ICOSUS) para la fuente.

Para el caso de los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos descritos en la Resolución 2115 del 2007 emitida por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para agua potable, se comparó cada resultado con lo establecido en la norma, se determinó el Índice de Riesgo Calidad del Agua (IRCA), con los resultados de cada muestreo.

Resultados y discusión

Visita de reconocimiento

De acuerdo a lo estipulado en el artículo 2 de la Resolución 0811 del 2008 por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008), se establecieron los puntos de muestreo en conjunto con la Asociación del Acueducto de Jaraquiel “ACUEDEJAR”, se tomaron muestras en la bocatoma, con el fin de caracterizar la fuente abastecedora (Río Sinú), la entrada del acueducto, la salida y cuatro viviendas como se muestra en la Figura 1.

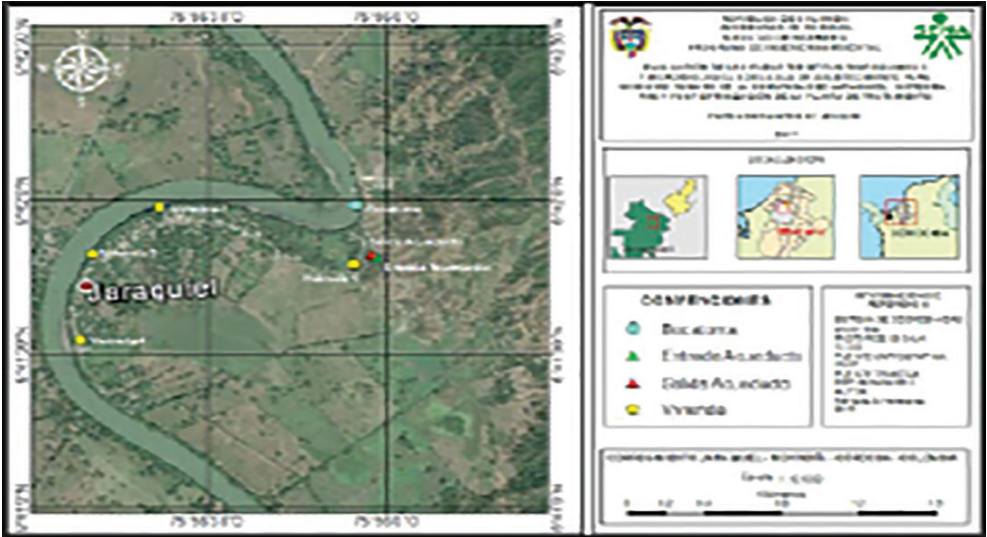


Figura 1. Mapa puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

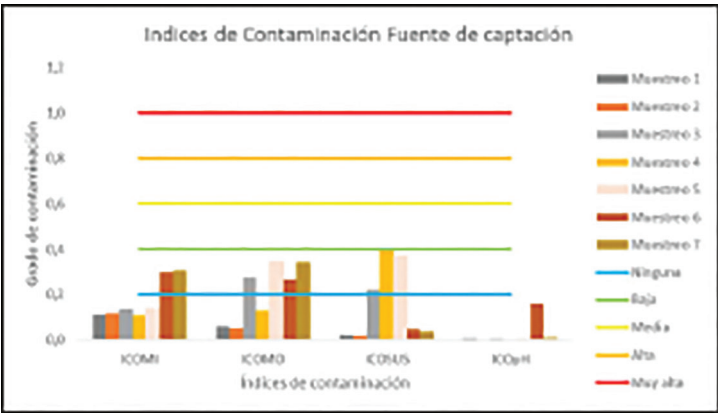


Figura 2. Índices de Contaminación (ICO's) de la fuente de captación por muestreo

Fuente: Elaboración propia

Índices de contaminación ICO's

En la Figura 2 los índices de Contaminación ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOpH para la fuente de captación se observa que según los siete muestreos realizados, el

Río Sinú en el corregimiento de Jaraquiel no presenta ningún grado de contaminación, es decir, tiene una caracterización de aguas muy puras y quizá con aportes biogénicos y en algunos casos es baja, con leve incidencia antrópica, el índice que

presenta los valores más altos es el Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), sin embargo no sobrepasa el 0,4 con un grado de contaminación bajo, mientras que los valores más bajos son del índice de contaminación por pH (ICOpH), presentando un aumento en el muestreo 6 quedando en el límite sin ninguna contaminación.

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos - agua natural

Para el río Sinú, en el punto de captación y la entrada del acueducto, se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según lo descrito en el Decreto 1594 del 1984, comparándolos con los valores máximos permisibles (Ver Figura 3 y 4).

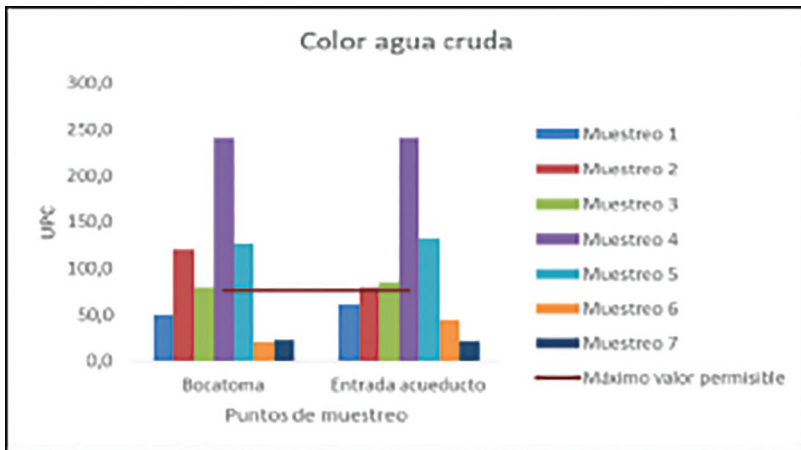


Figura 3. Color agua cruda

Fuente: Elaboración propia

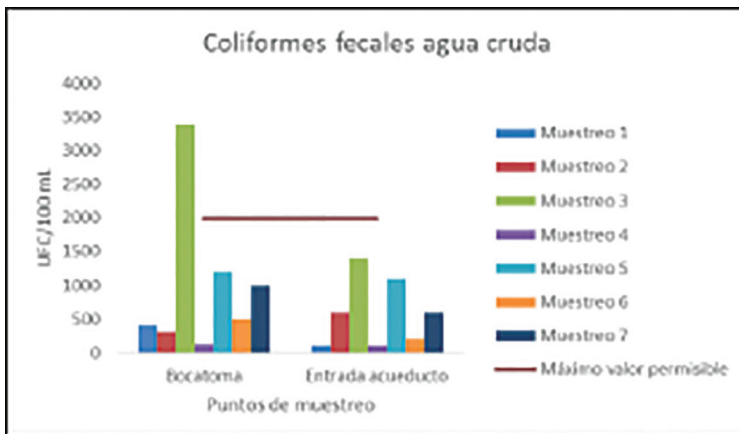


Figura 4. Coliformes fecales agua cruda

Fuente: Elaboración propia

Se encontró que los parámetros: pH, cloruros, sulfatos, nitritos y coliformes totales cumplen con lo establecido en la norma, mientras para color, en la Figura 3 se observa que en el muestreo 2, 3 y 4 los valores están por encima de 75 UPC, esto se debe a que era época de lluvia, en la cual aumenta la escorrentía trayendo consigo mayor cantidad de materia suspendida y disuelta, esto es más notable en el muestreo 4 para ambos puntos, lo que confirma el resultado del ICOSUS.

Teniendo en cuenta que la planta realiza tratamiento convencional, en estas condiciones necesitaría mayor dosis de coagulante y los coliformes fecales para el muestreo 3 en la bocatoma se encontraron 3400 UFC/100 mL, valor que está por encima de máximo permisible según el Decreto 1594 del 1984 que es de 2000 UFC/100 mL, este muestreo se realizó en época de lluvia.

Tras lo anterior, se puede concluir que el gran número de coliformes presentes en el agua se debe al arrastre de excremento de animales silvestres (mamíferos y aves) por la lluvia, las cuales son posteriormente dispersas por la corriente del río ocasionando contaminación por heces fecales en aguas superficiales de igual manera ésta se origina en la defecación a campo abierto y a la presencia de animales domésticos y silvestres que

actúan como reservorios de agentes patógenos, teniendo en cuenta que la zona poblada de Jaraquiel está ubicada a 100 m aguas arriba de la bocatoma.

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos – agua tratada

Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos evaluados para los puntos establecidos como agua tratada, se comparó el resultado de cada parámetro con el valor permisible según lo establecido en la Resolución 2115 del 2007. Encontrando que los parámetros de pH, conductividad, sulfatos, dureza total, cloruros, alcalinidad, aluminio, nitritos y fosfatos cumplen con los valores establecidos en la norma durante los 7 muestreos.

Cloro residual

En los tres primeros muestreos, el agua que se suministraba a la comunidad no pasaba por ningún tratamiento, por lo tanto los niveles de cloro residual encontrados fueron de 0 mgCl₂/L, en el muestro 4, que fue el primero después de la optimización de la infraestructura, se observa un aumento de estos niveles, según lo muestra la figura 5, cumpliendo con lo establecido por la normatividad vigente, el cual afirma que debe estar entre 0,3 y 2,0 mgCl₂/L, valores que van disminuyendo a medida que se

aleja de la planta y en la vivienda 4 se obtuvo un valor de 0,2 mgCl₂/L, el cual se encuentra por debajo del valor mínimo aceptable, tras varias pruebas de tratabilidad se logró disminuir la concentración de cloro residual en la salida del acueducto y en las viviendas, además aunque en el muestreo 6 el valor en la vivienda 4 está en el límite, para el último muestreo se logró el propósito, que a la última vivienda conectada a la red de distribución, le llegara el agua con una concentración de cloro que cumpliera con la norma.

Turbiedad

Este parámetro es fundamental para identificar si una planta de tratamiento de agua potable, está funcionando correctamente, tiene gran importancia sanitaria, ya que refleja una aproximación del contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas, manifestando el grado de contaminación en el agua, teniendo en cuenta que los tres primeros muestreos se realizaron cuando a la comunidad se les suministraba agua directamente del río, evidentemente los valores sobrepasan el valor máximo permisible establecido en la Resolución 2115 del 2007, como se observa en la Figura 6, cuando se realizaron los muestreos después de la optimización de la infraestructura, se observa un cambio muy notable, para la salida del acueducto, vivienda

1 y vivienda 2 la turbiedad está por debajo de 2NTU, para el caso de la vivienda 3 en el cuarto y quinto muestreo aunque mejoró la turbiedad aún no cumplía con la norma, sin embargo en los dos últimos muestreos se obtuvieron valores de 0,98NTU y 0,36 NTU, para el caso de la vivienda 4 que fue el punto en el cual se encontró mayor dificultad por el hecho de ser la última vivienda y además de que por más de 20 años la tubería distribuyó agua no tratada, en los muestreos 4, 5 y 6 en los cuales el agua ya debía llegar en condiciones óptimas, esto solo se logró observar en el último muestreo con una concentración de 0,71 NTU.

Coliformes totales y fecales

La presencia de coliformes totales y fecales en el agua potable es un indicador de posible presencia de bacterias que causan enfermedades de origen hídrico, sin embargo la presencia de bacterias coliformes no garantiza que beber el agua causará una enfermedad. Muchas veces ocurre que los habitantes adquieren inmunidad a las bacterias transmitidas por el agua y cuando llega un visitante puede enfermarse por que no ha adquirido esta inmunidad. Según lo establecido por el ministerio de la protección social y el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo sostenible en la Resolución 2115 del 2007, el agua potable debe tener una

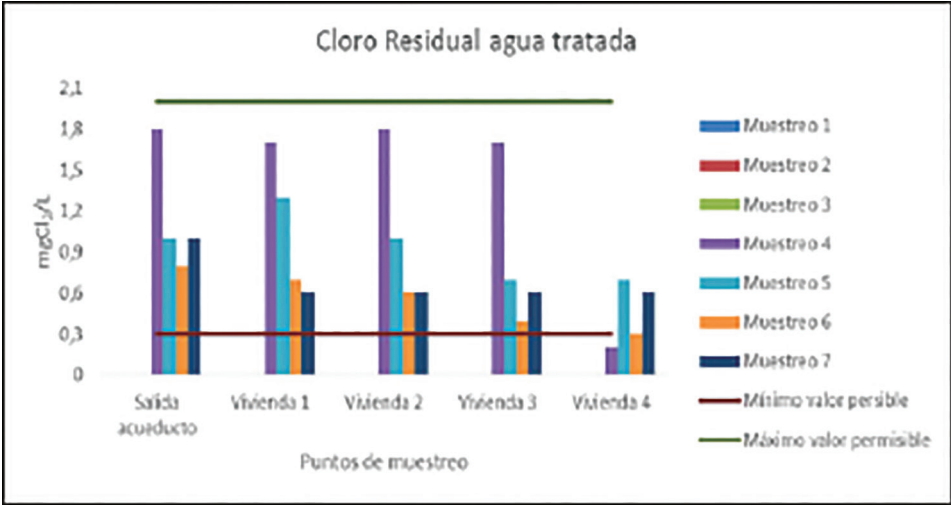


Figura 5. Cloro residual agua tratada

Fuente: Elaboración propia

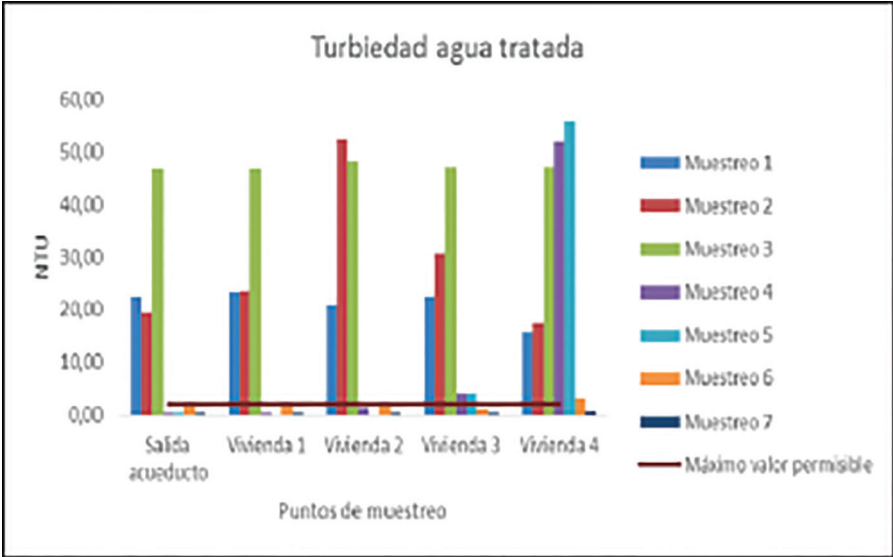


Figura 6. Turbiedad agua tratada

Fuente: Elaboración propia

concentración de 0 UFC/100 mL para coliformes totales y fecales.

Las Figuras 7 y 8 muestran que en los tres primeros muestreos la concentración de coliformes totales y fecales era muy elevada, debido a que el agua era suministrada sin ningún tratamiento, para el cuarto muestreo solo se encontraron coliformes totales en la vivienda 3 y vivienda 4, en concentraciones de 10 y 11 UFC/100 mL, respectivamente

y coliformes fecales solo en la vivienda 4 (3 UFC/100 mL). En el muestreo número cinco, la vivienda 4 aumentó el número de coliformes totales y fecales por la misma razón que aumentó la turbiedad, el color y el hierro para este muestreo, aunque estas concentraciones disminuyeron en gran medida, en comparación con los tres primeros muestreos, solo se logró cumplir con la norma para todos los puntos en los dos últimos muestreos (0UFC/100 mL).

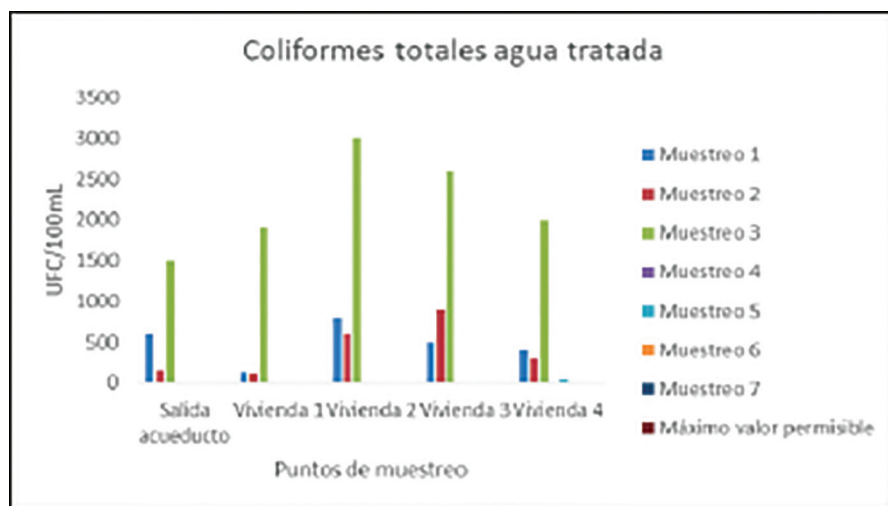


Figura 7. Coliformes totales agua tratada

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de varianza el test de Fisher tomo las concentraciones más elevadas con datos atípicos, arrojando que no hay variabilidad entre la media de los puntos por lo tanto no se rechaza la hipótesis de

que hay igualdad de media dado que f-calculado es menor que el f-tabulado. Se obtuvo la misma la conclusión para todos los parámetros realizados en el proyecto (Ver Figura 9).

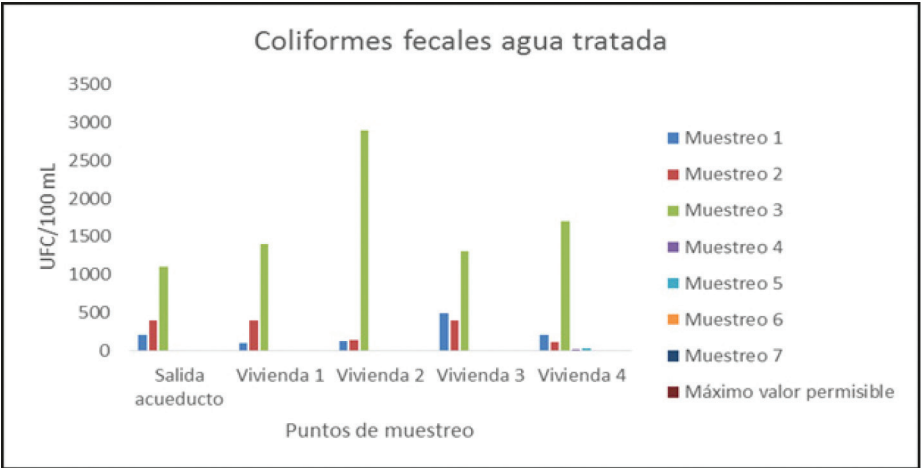


Figura 8. Coliformes fecales agua tratada

Fuente: Elaboración propia

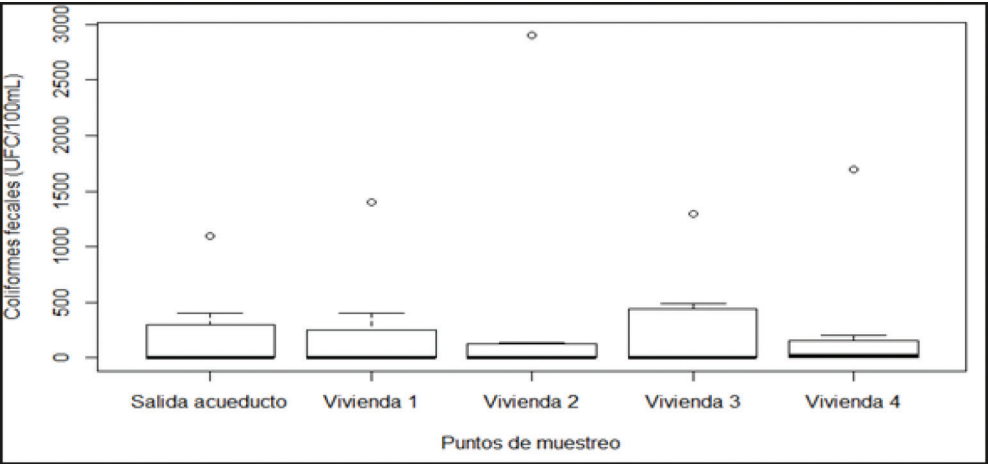


Figura 9. Variabilidad de coliformes fecales en agua tratada en los siete muestreos

Fuente: Elaboración propia

Índice de Riesgo de Calidad de Agua (%IRCA) para los puntos de muestreo

La Figura 10 se observa los resultados por muestreo de los Índices de Riesgo de Calidad del Agua IRCA para la salida de acueducto y las 4 viviendas, obteniendo para los primeros tres (3) muestreos realizados, que el agua de abastecimiento en el corregimiento de

Jaraquiel presentaba una clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra del 86,11%, es decir, que era inviable sanitariamente, de acuerdo al incumplimiento de parámetros fisicoquímicos como turbiedad, color, cloro residual, hierro total y microbiológicos como coliformes totales y coliformes fecales.

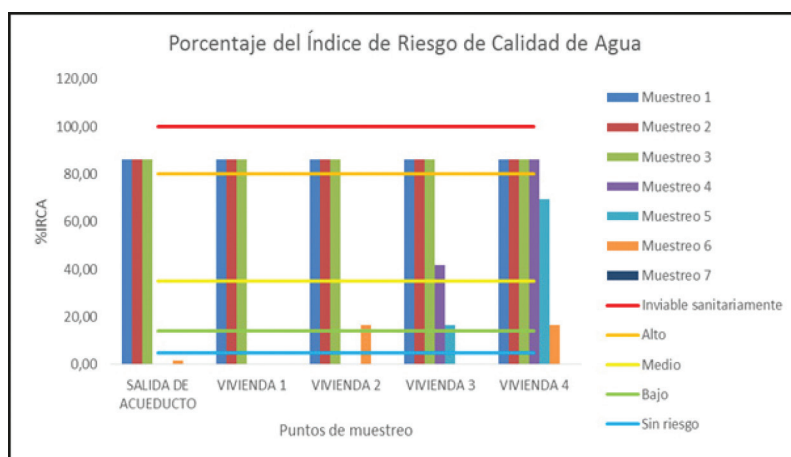


Figura 10. %IRCA para los puntos de muestreo

Fuente: Elaboración propia

En el muestreo (4) el agua que salía de la planta, vivienda 1 y vivienda 2 estaba en condiciones óptimas, pero en la vivienda 3, no cumplía con turbiedad, color, hierro total y coliformes totales, presentando una clasificación del IRCA de 41,67% en nivel de riesgo alto y en la vivienda 4, no cumplía con cloro residual, turbiedad, color, hierro total, coliformes totales y fecales mostrando un IRCA de

86,11% en nivel de riesgo inviable sanitariamente.

Cuando se realizó el muestreo 5 el agua que salía de la planta, vivienda 1 y vivienda 2 expresaron un IRCA de 0,0% sin riesgo, pero en la vivienda 3, no cumplía con la turbiedad presentando una clasificación del IRCA de 16,67% en nivel de riesgo medio y en la vivienda 4, no cumplía con turbiedad, color, hierro

total, coliformes totales y fecales obteniéndose un IRCA de 69,44% en nivel de riesgo alto.

Para el muestreo seis (6) el agua en la salida del acueducto aunque no cumplía con el hierro total se encontraba en un nivel sin riesgo con un IRCA de 1,67%, la vivienda 1 y 3 presentaron un IRCA de 0,0% sin riesgo y las viviendas 2 y 4, no cumplían con la turbiedad, mostrando un IRCA de 16,67% en nivel de riesgo medio.

Luego de hacer diferentes ajustes al sistema de tratamiento, en el muestreo siete (7) para la salida del acueducto y las 4 viviendas se obtuvo un IRCA del 0,0 % lo que indica que el agua que actualmente se le suministra a la comunidad de Jaraquiel es sin riesgo, es decir, es apta para consumo humano y se debe continuar con la vigilancia.

Conclusiones

Los índices de contaminación: ICOMI, ICOMO, ICOSUS e ICOpH para la fuente de captación (Río Sinú) indican que no presenta ningún grado de contaminación a la altura del corregimiento de Jaraquiel, es decir, tiene una caracterización de aguas muy puras y quizá con aportes biogénicos y en algunos casos baja con leve incidencia antrópica.

En consecuencia, aunque color para el muestreo 2, 3, 4 y 5, y los coliformes fecales para el muestreo 3 sobrepasan el valor máximo aceptable, en general los resultados de cada parámetro cumplen con lo establecido en el Decreto 1594 del 1984 es decir el agua de la fuente se encuentra en condiciones óptimas para ser captada y realizarle solo tratamiento convencional.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos nos indican que el agua que se suministra a las viviendas en la comunidad de Jaraquiel es apta para el consumo humano según lo descrito en la Resolución 2115 del 2007 para agua potable.

En síntesis se observó que para cada parámetro realizado existe una igualdad en la media, lo que indica que no hay diferencia significativa entre la media de las concentraciones para agua cruda (bocatoma y entrada de acueducto) y para agua tratada (salida de acueducto, vivienda 1, 2, 3 y 4) en los siete (7) muestreos, de tal modo que la concentración promedio de cada parámetro en agua cruda entre la bocatomía y entrada de acueducto es igual y para agua potable entre la salida de acueducto y las 4 viviendas es igual.

Gracias a la colaboración de la comunidad del corregimiento de Jaraquiel y la alianza SENA-Colciencias, Fundación FES y Corporación ENLACE se le solucionó el problema de agua potable a esta localidad.

Partiendo de lo anterior, podemos decir que gracias a los estudios realizados por el investigador de este proyecto y teniendo en cuenta la normatividad nacional vigente, el Decreto 1575 del 2007 y a la Resolución 2115 del 2007 emitidos por el Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se logró determinar que el agua que actualmente se suministra a los hogares de la comunidad de Jaraquiel es potable.

Referencias

- APHA (2012) *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. (22 Ed.). EE.UU: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). *Resolución 2115 del 2007*. Instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Diario Oficial No. 46.679. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008). *Resolución 0811 del 2008*. Lineamientos a partir de los cuales la autoridad sanitaria y las personas prestadoras, concertadamente definirán en su área de influencia los lugares y puntos de muestreo para el control y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano en la red de distribución. Diario Oficial No. 46.935. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2016). *Informe nacional de calidad del agua para consumo humano INCA 2015*. Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/inca-2015_reducido.pdf
- Presidente de la Republica (1984). *Decreto 1594 de 1984*. Diario Oficial 36700. Bogotá, Colombia.

Presidente de la Republica (2007).
Decreto 1575 del 2007.
Diario Oficial No. 46.623,
Bogotá, Colombia.

Ramírez, A. & Viña, G. (1998).
Limnología colombiana.
Aportes a su conocimiento
y estadísticas de Análisis.
Bogotá, Colombia: BP

Tecnologías basadas en recursos naturales para el desarrollo de comunidades descentralizadas de la costa caribe

Technologies based on natural resources for the development of decentralized communities of the Caribbean coast

Recibo: 17.07.2018 Aceptado: 17.07.2018

Para Citar:

Palacin, J., & Montenegro, J. (2018). Tecnologías basadas en recursos naturales para el desarrollo de comunidades descentralizadas de la costa caribe. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 52-66. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1616>

José José Palacin Salcedo

MSc en Biología; Instructor Análisis Muestras Químicas en Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; Grupo de Investigación Centro Nacional Colombo Alemán, CNCA; josepalacin@misena.edu.co

Jhon Eduard Montenegro Fresneda

Ing. Mecánico. Profesional de apoyo a proyectos de I+D+i en alianza con empresas en Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; Grupo de Investigación Centro Nacional Colombo Alemán, CNCA; jemontenegro@sena.edu.com

Resumen

Ante la grave crisis del agua a nivel mundial, se hace necesario una gestión sustentable del recurso hídrico. Ello quiere decir que los recursos hídricos son limitados y que no se pueden mantener sin la conservación de los ecosistemas acuáticos en buen estado, de manera que se haga una gestión eficaz basada en el ahorro, el reusó y la no contaminación del agua, todo ello en una planificación sostenible del territorio y una gestión integrada de las cuencas hidrográficas. Es por ello, que el uso de tecnologías basadas en recurso naturales tanto para el abastecimiento de agua potable como para el saneamiento, se convierte en una de las soluciones a la grave crisis del agua, concebido todo el proceso desde la evaluación de las condiciones de la región donde se aplicará, es decir, desde un alcance económico, social, legal y medioambiental. Este tipo tecnologías influyen en el desarrollo de la comunidad estimulando los procesos de participación, aumentando los conocimientos técnicos de sus miembros y creando el sentimiento de empoderamiento de la tecnología, dando lugar a un mayor interés en su mantenimiento (Pérez-Foguet, Carrillo & Magrinyà, 2003). Por lo que el uso de tecnologías basadas en recursos naturales solo será útil en la medida en que la comunidad se apropie de ella y sea capaz de operarla, mantenerla y sostenerla a través del tiempo con un mínimo apoyo institucional externo. El presente trabajo reporta información sobre la implementación de un sistema de desalinización por destilación simple con el propósito de mitigar la carencia de agua para necesidades básicas en una comunidad costera ubicada en el Tajamar Oriental de Bocas de Ceniza, que tiene dificultad con el acceso al agua potable.

Palabras clave: desalinizador, generador eólico, gestión sostenible, tecnología.

Abstract

Faced with the serious global water crisis, it is necessary to implement a sustainable management of water resources. It's means that water resources are scarce and they cannot be sustained without the conservation of aquatic ecosystem in good condition, so that an efficient manage based on saving, reuse and non-contamination of water have to be done, all this in a sustainable landscape planning and an integrated river basin management. Consequently, the use of natural resource-based technologies (TBRN) for supply drinking water and for sanitation, becomes in a solution to the water crisis, conceived the whole process from the evaluation of the conditions of the region where it will be applied, that is, from an economic, social, legal and environmental scope. This kind of technology influences the development of the community encouraging participation processes, improving technical knowledge of their members and creating a feeling of empowerment of technology, resulting in a higher interest in his maintenance ((Pérez-Foguet, Carrillo & Magrinyà, 2003). Therefore, the use of TBRN just will be useful if the community appropriates of this knowledge and assume an active role to be able to operate it, to maintain and sustain it through time with minimal external institutional support. This paper reports on the implementation of a simple distillation desalination system with the purpose of mitigating the lack of water for basic needs in a coastal community located in the Tajamar Oriental of Bocas de Ceniza, which has difficulty with access to water potable.

Keywords: desalinator, wind generator, sustainable management, technology.

Introducción

Para una gestión integral y sostenible del agua, es fundamental disponer de tecnologías adecuadas tanto para la captación como para el tratamiento, sin olvidar una fuente alternativa de reusó del agua ya utilizada (Figura 1).

Lastecnologíasbasadasenrecursos naturales, hoy por hoy resultan ser una opción económicamente viable principalmente, para comunidades descentralizadas como, por ejemplo,

las comunidades que habitan la costa caribe, debido a que estos sistemas resultan ser de bajo costo y fácil operación. En ese sentido, el uso de sistemas desalinizadores resulta ser una alternativa para obtener agua potable en las partes donde es escasa y que de cierta manera el recurso hídrico no es aprovechable para su captación y uso. La desalinización es un proceso fisicoquímico que permite la remoción de minerales del agua volviéndola más pura, apta para el consumo humano (Medina, 2000).



Figura 1. Características generales y ventajas de las tecnologías apropiadas para la gestión integral y sostenible del agua.

Fuente: Elaboración propia

Existen diversas tecnologías desarrolladas actualmente para desalinizar el agua de mar y aunque tienen características distintas de acuerdo al tipo de energía, diseño y

producción que requiere cada una, todas tienen el mismo objetivo, reducir la concentración de sales disueltas del agua de mar, esto permite distinguir entre los procesos

que separan el agua de las sales y los que realmente efectúa la separación de las sales de la solución como se describe en la tabla (Dévora, González & Ponce, 2012) (Tabla 1).

La disponibilidad de agua no implica que su calidad permita el uso, puesto que la contaminación natural y antropogénica han provocado que sea

necesario tratarla antes de destinarla a consumo humano, agrícola e industrial. La calidad del agua varía acorde a la región y por el tipo de subsuelo de los contaminantes (Tabla 2). Sin embargo, las aguas obtenidas de los procesos de desalinización pueden ser utilizadas para riego agrícola, turismo y consumo humano.

Tabla 1.
Clasificación de los procesos de desalinización

Tipo de separación	Energía empleada	Proceso	Sistemas
Separación agua de sales	Vapor	Evaporación	Destilación solar
			Destilación súbita simple
			Destilación en tubos sumergidos
			Destilación súbita multietapa
			Destilación multiefecto de tubos horizontales
			Destilación multiefecto de tubos verticales
			Comprensión mecánica de vapor
			Termo comprensión de vapor
Separación de sales del agua	Frio	Cristalización	Formación de hidratos
			Congelación
	Presión	Membrana	Osmosis inversa
	Carga eléctrica	Membrana selectiva	Electrodialisis
	Atracción química	Resina	Intercambio iónico

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.
Salinidad de varios tipos de agua

Agua	SDT Sales disueltas totales (mg L-1)
Ultrapura	0.03
Pura	0.30
Desionizada	3.00
Potable	< 1,000.00
Salobre	1,000.00-10,000.00
Salina	10,000.00-30,000.00
Marina	30,000.00-50,000.00

Fuente: Elaboración propia

Existen diversos factores que hacen de la desalinización de agua del mar una aplicación atractiva debido a que los métodos utilizados pueden ser operados por energías renovables. Por un lado, está el hecho de que muchas zonas con escasez de agua desalinizada, poseen un buen potencial de energías, especialmente de la Eólica o de la Solar.

Así, existen muchas localizaciones en las que el viento es un factor climatológico frecuente, como es el caso de un elevado número de islas mediterráneas, a la vez que existe una apreciable escasez de agua potable, lo que obliga a realizar su suministro mediante buques cisternas. Cabe resaltar que el costo de esta agua puede estar entre 80 – 100 USD por m3.

Además de los factores medio ambientales ya mencionados, existen otros factores que aumentan

el atractivo del uso de las energías renovables para la desalinización de agua de mar. Uno de estos factores es la simultaneidad estacional entre la demanda de agua potable y la disponibilidad de dichas energías. En numerosas localidades costeras y centros turísticos, la demanda de agua potable crece significativamente en verano, motivado por el gran aumento que experimenta la población debido al turismo. Y es precisamente en verano cuando la disponibilidad de la radiación solar es máxima.

Todos estos factores han motivado que numerosas instituciones y organismos oficiales hayan desarrollado, o estén desarrollando, proyectos destinados a mejorar y hacer más competitivos los sistemas de desalinización de agua de mar que funcionan con alguna de aquellas energías renovables, que presentan unas características adecuadas para este tipo de proceso.

De acuerdo con el anterior contexto, el Centro Nacional Colombo Alemán de la ciudad de Barranquilla y su área de investigación se dio a la tarea de aportar una estrategia técnica para mitigar estas necesidades y generar desarrollo tecnológico amigable con el medio ambiente aprovechando, los recursos naturales que provee la zona de estudio para generar la potencia eléctrica necesaria para activar un sistema de desalinización por evaporación simple como una alternativa económicamente sustentable para comunidades descentralizadas de la costa caribe.

Las Tecnologías Basadas en Recursos Naturales - TBRN son todos aquellos desarrollos tecnológicos que se construyen teniendo en cuenta las fuentes renovables de energía como base de funcionamiento del sistema, las principales fuentes de energía para desarrollar estas tecnologías son: La energía proveniente del sol, el viento, las mareas y la biomasa.

Las TBRN como la presentada en este trabajo constituyen una herramienta adecuada para contribuir a que países en escala de desarrollo puedan alcanzar los Objetivos del Desarrollo del Milenio - ODM en cuanto a cultura y sostenibilidad ambiental. Además, ello repercutiría positivamente en la calidad de vida, por la evidente mejora que supondría en los diferentes indicadores, como

pueden ser la salud pública. Para poder alcanzar estos objetivos, una de las claves consiste en adoptar un nuevo y necesario enfoque interdisciplinar en el que, más allá de asegurar un uso razonable, social, equitativo y eficiente del agua como recurso, se garantice una gestión sostenible de los ríos y ecosistemas acuáticos, desde la coherencia y complejidad que representan las cuencas hidrográficas como unidad de gestión natural de las aguas continentales (Arrojo, 2001).

La implementación de esta estrategia puede significar un factor muy importante para el desarrollo de la comunidad ESTUR. Esta comunidad se encuentra conformada por familias de pescadores habitantes de Puerto Mocho, asentamiento ubicado entre el corredor industrial de la vía 40 de Barranquilla y camino a Bocas de Ceniza, zona costera Tajamar Occidental. La principal fuente de ingresos económicos para el sostenimiento de las familias, se encuentra en la comercialización de frutos del mar en la ciudad de Barranquilla y, recientemente, en la atención de turistas que visitan el sector de Bocas de Ceniza.

Sin embargo, esta comunidad se ha visto afectada por la falta de acceso a agua potable lo que implica un detrimento económico para los habitantes de esta comunidad

debido a que gran parte de sus ingresos, son destinados a la compra de agua potable para su consumo, ya que el agua proveniente del río Magdalena llega a la desembocadura contaminada por los vertimientos y residuos a lo largo de su extensión, y los cuerpos de agua que rodean la costa no son aptos para consumo humano por sus altos niveles de sal.

Por otra parte, los niños de la zona deben desplazarse diariamente siete kilómetros para recibir educación, situación que, sumada a las altas temperaturas de la región, genera la necesidad del preciado líquido para hidratarse.

De acuerdo con el anterior contexto, se planteó la implementación de un sistema alternativo para el abastecimiento de agua que consistió en el uso eficiente de los cuerpos de agua que rodean el asentamiento donde reside la comunidad ESTUR, a través de un sistema de Desalinización Eólico Solar - DES para la captación y desalinización de agua del mar, proporcionando una fuente de agua potable para el uso de la comunidad.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este proyecto fue realizado en la comunidad de pescadores denominada ESTUR, la cual se

encuentra ubicada en el Caribe Colombiano, específicamente en el departamento del Atlántico, en el tajamar occidental de Bocas de Cenizas a 4 Km del barrio Las Flores, limitando al noroeste con el Mar Caribe y el río Magdalena, al suroeste con la Ciénaga de Mallorquín y al sur con la ciudad de Barranquilla (Figuras 2 y 3).

Cabe resaltar que esta zona del departamento se caracteriza por una corriente de vientos provenientes del Noreste que oscilan entre 15 Km/h y 25 Km/h durante gran parte del año con ráfagas que alcanzan los 40 Km/h. (Ruiz, Serna & Zapata, 2017). Este hecho fue un factor importante para la operación y construcción del sistema.

Diseño, construcción y operación del sistema

Para el diseño, construcción y operación del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad ESTUR fue necesario en primer lugar realizar una revisión bibliográfica con el propósito de proponer un sistema de desalinización apropiado con las características ambientales de la zona de estudio. Este sistema consistió en un desalinizador de agua de mar por destilación simple accionado por resistencias eléctricas alimentadas por un generador eólico.



Figura 2. Ubicación general del proyecto de Desalinización por Destilación Simple

Fuente: Elaboración propia

Debido a las características topográficas del área de estudio y el bajo nivel freático, se estableció una zona para la captación del agua marina, para ello, fue necesario la construcción de un pozo profundo de 2 m situado sobre el sustrato arenoso, en la zona de playa. Este hecho fue muy importante dado que el lecho arenoso constituye una primera barrera a la entrada de sedimentos y otros elementos particulado al agua captada.

A partir de este punto, mediante tuberías de PVC se condujo el agua impulsada por medio de una bomba sumergible marca TRUPER de 500 Watts (W) hasta un tanque de evaporación con capacidad de almacenamiento de 200 L. Este

tanque contiene tres resistencias de 1500 W que son utilizadas para realizar el proceso de evaporación del agua marina que es transformada en vapor y conducida por una tubería de acero inoxidable a un serpentín del mismo material, el cual se encuentra sumergido en un contenedor plástico de 500 L a temperatura ambiental, donde se condensa y se obtiene el agua desalinizada que es llevada a un tanque de almacenamiento de 250 L.

Este sistema fue construido sobre una base de concreto de 10 m², en cuya área se construyeron tres zapatas para la instalación de la torre y un pozo de captación de agua para alimentar el sistema como se muestra en la Figura 4.

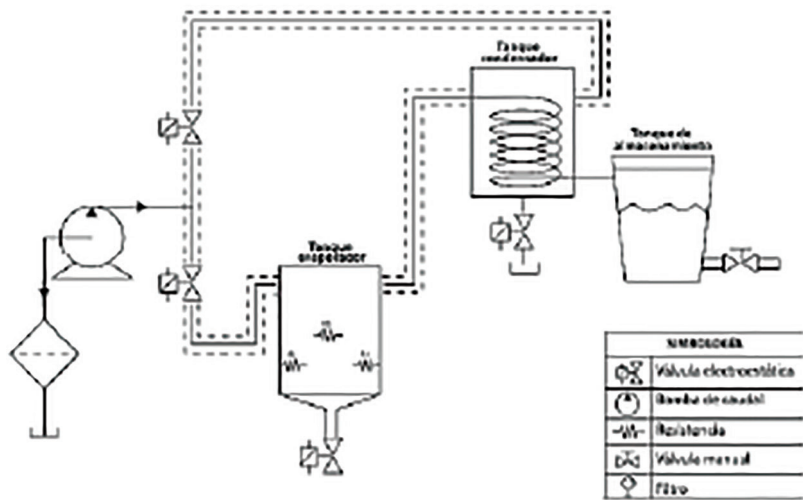


Figura 3. Esquema de desalinización implementando en la comunidad ESTUR
Fuente: Elaboración propia

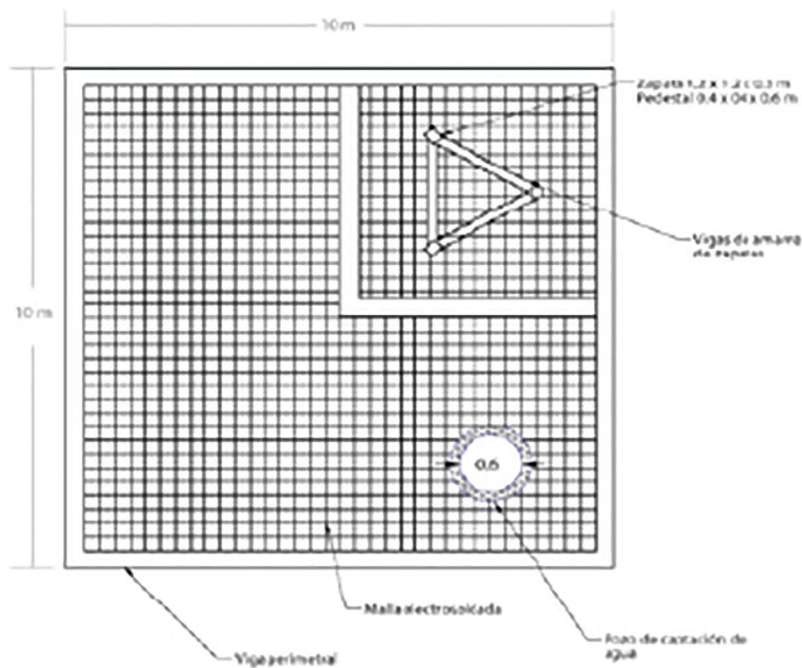


Figura 4. Dimensiones de la base de cimentación para montaje del sistema evaluado
Fuente: Elaboración propia

Sobre esta base, se instaló una torre de acero galvanizado al carbono de 4" (pulgadas) de diámetro de aproximadamente una altura de 12 m, la cual fue soldada a la base de anclaje para darle una mayor estabilidad. En el ápice de la torre, se instaló una turbina eólica de 6 m de diámetro provista de tres aspas metálicas fabricadas en acero galvanizado y recubiertas con fibra de vidrio

con el propósito de protegerla de la corrosión. La turbina fue utilizada para generar una potencia de 10 Kilowatts (Kw) la cual era requerida por el sistema para la evaporación del agua. Adicionalmente se construyó un reactor y un serpentín de acero inoxidable como medio para el desarrollo del proceso termodinámico de (evaporación y condensación) del agua (ver Figura 5).



Figura 5. Sistema de desalinización instalado

Fuente: Elaboración propia

Una vez instalados todos los elementos necesarios se realizó la conexión de los diferentes componentes eléctricos y de control, los cuales se ubicaron en un cuarto de control. Un generador eólico fue necesario para la producción de 28 V en corriente continua, la cual fue utilizada para la alimentación de cuatro baterías de carga profunda marca Trojan referencia 27TMX, de 12V - 105Ah las cuales fueron conectadas en configuración serie – paralelo, estas sirven como respaldo para los tiempos en los que la velocidad del viento sea menor a la requerida por el sistema para la generación de corriente. Además, se instaló al sistema un inversor para transformar la energía a una corriente alterna de 110 V.

Una vez instalado el sistema in situ se procedió a medir el voltaje con un multímetro digital marca Fluke Modelo 323 True RMS Clamp Meter. Se midió la potencia producida por el generador conectado a la turbina y se verificó la carga de las baterías, comprobando que el voltaje fuera igual a 24 Voltios (V) de acuerdo con los requerimientos planteados. De igual forma se midió el voltaje en el inversor para corroborar la obtención de 110 V, requeridos para activar las resistencias, bombas de alimentación y el sistema de control conformado por válvulas solenoides, termóstatos y medidores de nivel,

todos los elementos se probaron y se programaron para funcionar automáticamente a través de una placa de desarrollo de Software Arduino de elaboración propia.

Con el fin de generar la apropiación de la tecnológica, fueron desarrollados Eventos de Divulgación Tecnológica (EDT), estos consistieron en capacitaciones a los habitantes de la comunidad ESTUR acerca de los procesos de operación y mantenimiento del sistema. Adicionalmente, fue elaborada una cartilla didáctica como una estrategia para la apropiación de la tecnología implementada en la gestión del recurso hídrico en la comunidad ESTUR.

Resultados y Discusión

Durante el presente proyecto se dio cumplimiento al diseño y construcción de un sistema de desalinización (de pequeña escala) alimentada por un sistema de generación eólica, cumpliendo con las expectativas y objetivos trazados para sus formuladores.

Sin embargo, a fin de validar los resultados obtenidos en el mediano y largo plazo, se hace necesaria monitorear, cuantificar y evaluar el funcionamiento y desempeño del sistema, así como sus impactos. De este modo queda para una etapa

posterior, el desarrollo de tareas de seguimiento y evaluación de impactos del proyecto.

Actualmente, el sistema cuenta con la instalación de un inversor de 2000 W el cual, opera para una resistencia de 1500 W y los demás componentes con lo cual se están produciendo 2 L/h de agua desalada. Esta cantidad pudiera ser aún más, pero se debe tener presente que el sistema se encuentra operando con una sola resistencia. Este resultado es muy importante puesto que se logró demostrar que la implementación

de tecnologías basadas en recursos naturales puede ser una alternativa económicamente viable para comunidades descentralizadas como es el caso de la comunidad ESTUR.

En cuanto a la obtención de energía se ha observado y medido durante los meses comprendidos entre febrero y mayo, que el sistema está generando la potencia necesaria para activar el sistema. Sin embargo, estos valores han fluctuado debido a la velocidad de los vientos que se han observado para este los últimos meses como se muestra en la Figura 6.

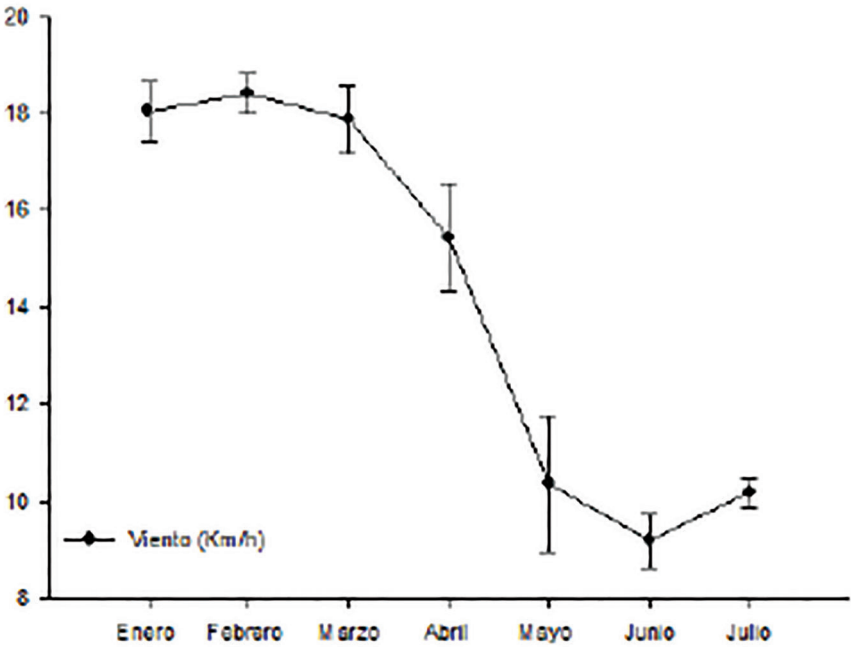


Figura 6. Velocidad del viento en Barranquilla

Fuente: www.weatherspark.com

La implementación de soluciones autosustentables en poblaciones descentralizadas es una opción que debemos continuar explorando para garantizar el bienestar de las comunidades que se encuentran aisladas de los servicios básicos, debemos aprovechar el conocimiento que ellos tienen de los recursos energéticos que disponen para diseñar soluciones acordes a toda esa información.

Durante el tiempo de desarrollo y de implementación, se ha podido verificar el viento en la zona, el cual ha sido constante y solo en épocas de lluvia, en los meses de mayo y a mediados de noviembre, el viento ha sido escaso; esta información es acorde a la suministrada por la comunidad en la etapa de diseño, la velocidad del viento en la zona de implementación ha sido mayor a la reportada por los diferentes centros meteorológicos consultados.

Conclusiones

El tratamiento de desalinización para tratar agua salobre mediante TBRN favorece la gestión del recurso hídrico en comunidades descentralizadas, cabe mencionar que se requiere de un análisis microbiológico para determinar presencia de patógenos que pudieran afectar la salud de los habitantes de la comunidad de ESTUR. Este análisis puede ser

útil, además, para indicar el tipo de pretratamiento químico o biológico necesario para garantizar una mejor calidad del agua para el consumo humano, no obstante, se ha sugerido a la comunidad la implementación de un pretratamiento por filtración de carbón activo, con el fin de reducir el impacto ecológico que se genera al implementar pretratamiento químico.

Otro aspecto importante a considerar es el tratamiento y aprovechamiento de la salmuera siendo un sub producto del proceso de desalinización que es importante aprovechar para evitar devolverlo al mar ya que podría llegar a impactar la flora y fauna acuática de la zona.

Referencias

- Arrojo, P. (2001). *El Plan Hidrológico Nacional a debate*. Bilbao: Bakeaz.
- Dévora, G., González, R. & Ponce, N. (2012). Técnicas para desalinizar agua de mar y su desarrollo en México. *Ra Ximhai*, 8(2), 57–68.
- Medina, J. (2000). *Desalinización de aguas salobres y de mar. Osmosis inversa*. España: Mundi Prens.
- Pérez-Foguet, A., Carrillo, M. & Magrinyà, F. (2003).

Tecnología para el desarrollo humano: agua e infraestructura. Barcelona, España: Ingeniería Sin Fronteras.

Ruiz, J., Serna, J. & Zapata, H. (2017). *Atlas de Viento de Colombia.* Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.

Cosecha, recicló y manejo eficiente del recurso hídrico como estrategia de adaptación al cambio climático por parte de AESMEVI

Harvesting, recycling and efficient management of water resources as a strategy to adapt to climate change by AESMEVI

Recibo: 10.07.2018 Aceptado: 09.08.2018

Para Citar:

Carvajal, R., & Macías, A. (2018). Cosecha, recicló y manejo eficiente del recurso hídrico como estrategia de adaptación al cambio climático por parte de AESMEVI. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 67-84
doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1639>

Rubén Carvajal Caballero

Ing. Agrónomo; Centro Agroempresarial y Turístico de los Andes. Málaga Santander; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; rcarvajalc@sena.edu.co

Alix Antonia Macías

Ing. Industrial; Centro Agroempresarial y Turístico de los Andes. Málaga Santander; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; amaciasb@sena.edu.co

Resumen

Los productores de la Asociación Esperanzas para un Mejor Vivir - AESMEVI, vienen presentando problemas con la escasez de agua y un manejo ineficiente del recurso hídrico. Esta situación se ha venido agravando en las últimas décadas por efecto del cambio climático, pues, por el aumento de la temperatura y el aumento del CO₂ ha generado cambios en los patrones de precipitación y ha contribuido con el aumento de eventos climáticos extremos. Frente a esta situación es necesario generar propuestas de un manejo eficiente del recurso hídrico. Es así que con AESMEVI se planteó un proyecto que contempló varias etapas como diagnóstico, ejecución y apropiación social del conocimiento para dar solución a la escasez de agua. Los resultados que se lograron fueron la construcción de 36 reservorios de capacidad de 20.000 litros, la construcción de 33 sistemas de reciclaje de aguas grises, la implementación de 33 sistemas de cosechas de aguas lluvias, la instalación de 36 sistemas de riego por microaspersión y se determinaron 36 láminas de riego para cultivos como durazno, aguacate, cítricos, guayaba y lulo. Recomendamos que estas soluciones se sigan trabajando con las comunidades, pues de este modo, garantizaremos el cuidado y protección del recurso hídrico para las generaciones futuras.

Palabras clave: recurso hídrico, cosecha, cambio global.

Abstract

The producers of the Association Esperanzas para un Mejor Vivir - AESMEVI, have been presenting problems with water scarcity and inefficient management of water resources. This situation has been aggravated in recent decades by the effect of climate change, because, due to the increase in temperature and the increase in CO₂, it has generated changes in rainfall patterns and has contributed to the increase in extreme climatic events. Faced with this situation it is necessary to generate proposals for an efficient management of water resources. Thus, with AESMEVI a project was proposed that contemplated several stages such as diagnosis, execution and social appropriation of knowledge to solve the water shortage. The results that were achieved were the construction of 36 reservoirs with a capacity of 20,000 liters, the construction of 33 graywater recycling systems, the implementation of 33 rainwater harvesting systems, the installation of 36 micro-sprinkler irrigation systems, and determined 36 irrigation sheets for crops such as peach, avocado, citrus, guava and lulo. We recommend that these solutions continue to work with the communities, from this way, we will guarantee the care and protection of the water resource for future generations.

Keywords: water resource, harvest, global change.

Introducción

Actualmente los productores rurales de la Asociación Esperanzas para un Mejor Vivir, AESMEVI, vienen padeciendo problemas críticos por la escasez de agua y por el manejo ineficiente del recurso hídrico. Esto ha generado pérdida de cosechas en sus cultivos, baja productividad, pobreza, desmejoramiento en la calidad de vida en el sector rural y aumento de la migración de la gente joven a las ciudades, entre otros. La situación se torna aún más grave cuando se presentan largos e intensos veranos y en las fuentes hídricas se disminuye el recurso hasta agotarse totalmente en algunos casos.

Según Farooq, Wahid, Kobayashi, Fujita & Basra (2009), la escasez de agua es una restricción ambiental severa para la productividad de la planta. El rendimiento de los cultivos se ve críticamente afectado por la sequía tanto por la duración como por la gravedad del mismo, causando mayores pérdidas que por otras causas. Siguiendo a Farooq *et al.*, (2009), el estrés por sequía tiene efectos sobre la reducción del crecimiento, la fenología, las relaciones hídricas y nutricionales, fotosíntesis, partición de asimilados y respiración en plantas, reduce el tamaño de la hoja, la extensión del tallo y la proliferación de la raíz, perturba las relaciones hídricas de

la planta y reduce la eficiencia del uso del agua. La situación es tan crítica que las reducciones en los rendimientos de diferentes cultivos (cebada, maíz, arroz, soya, papa, girasol, canola) pueden ser del 13 al 94%, dependiendo del estado de crecimiento. Para Majeed *et al.*, (2017), globalmente, el 80% del área de tierras agrícolas es de secano y de acuerdo a investigaciones actuales sobre el aumento de las frecuencias de sequías en el futuro, habrá una reducción sustancial en la rendimiento económico de las plantas de cultivo, generando una gran amenaza para la seguridad alimentaria mundial.

La actual escasez de agua es uno de los principales problemas mundiales, y de acuerdo con las proyecciones del cambio climático, será más crítica en el futuro, desde la disponibilidad del agua y la accesibilidad, los cuales son los factores limitantes más importantes para la producción de cultivos (Mancosu, Snyder, Kyriakakis & Spano, 2015). En muchas jurisdicciones, la condición de escasez de agua, ya sea estacional o continua, está ocurriendo más frecuentemente debido a presiones de desarrollo, aumento de uso de agua y cambio climático (Cook 2016). Para Udias, *et al.*, (2018), la escasez de agua y las sequías son una gran preocupación en la mayoría de los países mediterráneos, debido a que la agricultura es un usuario

importante de agua en la región y demanda cantidades significativas de aguas superficiales y subterráneas, poniendo en peligro la sostenibilidad y uso de los recursos hídricos disponibles.

El agua es considerada el recurso más crítico para el desarrollo agrícola sostenible en todo el mundo. El 70% de la superficie del mundo está cubierta de agua y solamente 2,5% del agua disponible es dulce, mientras que el 97,5% restante es agua salada. Casi 70% del agua dulce está congelada en los glaciares y la restante se presenta como humedad en el suelo o yace en profundas capas acuíferas subterráneas de difícil acceso. Menos del 1% de los recursos de agua dulce del mundo está disponible para el consumo humano y proviene principalmente de ríos y lagos. (Cumbre de Johannesburgo 2002).

Las áreas irrigadas aumentarán en los próximos años, mientras que los suministros de agua dulce se desviarán de la agricultura para satisfacer la creciente demanda de uso doméstico e industria. La agricultura actualmente utiliza alrededor del 70% de la extracción total de agua, principalmente para riego. Además, la eficiencia del riego es muy baja, ya que menos del 65% del agua aplicada es utilizada realmente por los cultivos. El otro

porcentaje 35% está representado por las siguientes pérdidas (distribución de la irrigación 7%, aplicaciones de campo 20% y distribución en granjas 8%) (Chartzoulakis & Bertaki, 2015). Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008), por sus siglas en inglés, de todos los sectores de la economía, la agricultura es la más sensible a la escasez de agua. Aunque el sector agrícola a veces se considera un usuario “residual” de agua, después de los sectores doméstico e industrial, representa el 70 por ciento del agua dulce mundial.

Los modelos climáticos mundiales han indicado una alta probabilidad de ocurrencias de sequía en las próximas décadas debido a los impactos de cambio climático causado por una liberación masiva de CO₂; por lo tanto, el cambio climático en relación con el elevado nivel de CO₂ y la sequía pueden afectar severamente el crecimiento de los cultivos (Yuhui, 2017), y las temperaturas y sequías extremas como consecuencia del cambio climático pueden amenazar la diversidad de las plantas (Lindh, Zhang, Falster, Franklin & Brännström, 2014). De esta manera, la producción global de cultivos está en riesgo debido al crecimiento de la población, preferencias alimentarias cambiantes y al cambio climático (McKersie, 2015). Así las cosas, el cambio climático se constituye en

una gran amenaza para la seguridad alimentaria en un mundo de creciente demanda de cultivos (Scheben, Yuan & Edwards, 2016). El cambio climático es multifacético e incluye concentraciones cambiantes de gases de invernadero en la atmósfera, aumento de la temperatura, cambios en los patrones de precipitación, y aumento de la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (Gray & Brady 2016).

Para Feller (2016), el cambio global se caracteriza por el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, el aumento promedio temperatura y eventos extremos más frecuentes, incluidos períodos de sequía, olas de calor e inundaciones. Se espera que el cambio climático genere aumentos en las temperaturas globales promedio (1.4°C - 5.8°C [34.52°F - 42.44°F] en 2100) y niveles de precipitación en distintos grados en todo el mundo (DeNicola, Aburizaiza, Siddique, Khwaja & Carpenter, 2015).

En este sentido el cambio climático es uno de los principales desafíos de nuestro tiempo y agrega un estrés considerable a nuestras sociedades y al medio ambiente. Constituyéndose en un desafío de alcance global y escala sin precedentes (Adedeji, Reu & Olatoye, 2014). Por otro lado, se considera que el cambio climático ha venido aumentando la frecuencia

del fenómeno del niño (El Niño Southern Oscillation ENSO) , el cual, tiene implicaciones profundas para el funcionamiento de diferentes agroecosistemas y ecosistemas que van desde desiertos hasta selvas tropicales lluviosas y estos cambios extremos de este fenómeno climático derivados del calentamiento global podrían alterar profundamente la biodiversidad y el funcionamiento de ecosistemas en muchas regiones del mundo (Holmgren, Scheffer, Ezcurra, Guti & Mohren, 2001). Igualmente estudios a partir de la realización de modelos climáticos de alta resolución, han mostrado que este evento que ocurre irregularmente, pero que típicamente se da de tres a seis años, ha aumentado la frecuencia en las últimas décadas y seguirá aumentando en décadas venideras por efecto del calentamiento global (Cai *et al.*, 2014).

Los múltiples desafíos relacionados con el la gestión del agua es enorme. Un clima cambiante y una población en rápido crecimiento, el desarrollo social y económico, la globalización y la urbanización son entre otros, los controladores externos que dan forma a nuestro mundo actual. Algunos sugieren que seremos testigos de una crisis por agua. Por lo tanto, debemos actuar ante tal crisis, la cual, puede convertirse en inevitable e irreversible. Todos nosotros podemos, y debemos, encontrar

formas de gestionar el recurso agua y, con ella, el futuro de la humanidad (Braga *et al.*, 2014).

Las poblaciones pobres y desfavorecidas son las que más sufrirán los efectos negativos del cambio climático en el suministro de agua. La aplicación de estrategias eficientes de gestión del agua es un elemento clave para aumentar la productividad del agua. Además de la evaluación de las estrategias de gestión de cultivos, la mejora de los sistemas de riego puede conducir a una administración agrícola más eficiente y sostenible del agua (Mancosu *et al.*, 2015). Ejemplos de medidas de adaptación y mitigación que pueden ayudar a reducir la presión sobre los recursos hídricos convencionales (aguas superficiales y acuíferos fósiles o subterráneos) incluyen la desalinización, el reciclado y la reutilización de aguas residuales y la externalización de alimentos o comercio virtual de agua (Luo *et al.*, 2017).

Con el fin de satisfacer la demanda de una mayor producción mundial de alimentos con recursos hídricos limitados, la implementación de una técnica adecuada de programación de riego es crucial, particularmente en cuencas irrigadas que experimentan estrés hídrico. La optimización del uso del agua en la agricultura requiere innovaciones en la detección

del estrés hídrico de las plantas, en varias etapas de la temporada de crecimiento, para minimizar el daño fisiológico del cultivo y la pérdida de rendimiento (Ihuoma & Madramootoo, 2017).

En la actualidad, la escasez del agua para uso agrícola obliga al hombre al empleo de sistemas de riego más eficientes, tal como lo representa el riego localizado. Para el diseño y la operación del mismo se necesita hacer la estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos que se pretenden establecer. Para alcanzar este propósito es necesario proponer una metodología práctica y sencilla que permita indicar cuándo y cuánto regar, así como los requerimientos de fertilizante diario, para proporcionar a los cultivos estos insumos en la cantidad y oportunidad adecuada (Tijerina, 1999).

Para Bouma, Hegde, & Lasag (2016), la cosecha de agua impacta de manera significativa el rendimiento de los cultivos, siendo mayor en años de poca lluvia. Además, plantean que la recolección de agua debe tomarse como una opción importante para apoyar a los agricultores que habitan zonas áridas y semiáridas frente a los desafíos previstos asociados con el cambio climático. Igualmente, Mancosu *et al.*, (2015), plantea que hoy en día se implementan muchas estrategias para mejorar la

productividad del agua, comenzando con la elección óptima del sistema de riego, seguido de la aplicación de la programación de riego adecuada en términos de tiempo y cantidad de agua aplicada y concluyendo con la elección de la mejor administración del cultivo con respecto a las condiciones del suelo y el clima.

Para otros autores como Adhama, Riksen, Ouessar & Ritsema (2016), el agua de lluvia recolectada es una fuente alternativa de agua en las regiones áridas y semiáridas alrededor del mundo. Muchos investigadores han desarrollado y aplicado diversas metodologías y criterios para identificar sitios y técnicas adecuados para la cosecha o recolección de agua de lluvia (RWH).

En este sentido, la Asociación AESMEVI ejecutó estrategias de manejo eficiente del recurso agua, implementando sistemas de riego, sistemas de cosecha y almacenamiento de aguas, sistemas de reciclaje de aguas y láminas de riego, logrando así la generación de impactos positivos en sus cultivos, la conservación del recurso agua y una mejor administración de este recurso natural.

Como propósito de este proyecto de innovación para hacer frente a la escasez de agua, se han propuesto las siguientes estrategias:

1. Determinación de la oferta y demanda hídrica de cada uno de los beneficiarios.
2. Implementar sistemas de reciclaje de aguas usadas en lavamanos, duchas y cocina, para ser utilizadas en neficiarios. sistemas de riego y disminuir los niveles de contaminación del entorno.
3. Implementar sistemas de almacenamiento de aguas (reservorios de 20.000 a 50.000 lit)
4. Establecer sistemas de cosecha de aguas lluvias.
5. Implementar sistemas de riego eficientes por microaspersión según requerimientos hídricos.
6. Establecer requerimientos hídricos de los cultivos, etapa fenológica y condiciones edafoclimáticas.

Metodología

Área de Impacto del Proyecto

El proyecto se desarrolló en el Municipio de Molagavita, ubicado en la provincia de García Rovira, departamento de Santander, a 130 Km de su capital Bucaramanga y a 29 kilómetros de Málaga capital de la provincia. Tiene 197 Km² de extensión territorial y su posición geográfica se encuentra a 6° 40'

25.34" de latitud norte y a 72° 48' 33.97" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Implementación de la solución

El proyecto se desarrolló con 36 productores agrícolas integrantes de la Asociación Esperanzas para un Mejor Vivir – AESMEVI, quienes a través del uso de la metodología investigación acción participante IAP, identificaron su problema más relevante: la escasez de agua para la producción agrícola, a la cual se dirigió la solución generando estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático. En el desarrollo se contemplaron tres etapas:

Etapa 1 – Caracterización y diagnóstico de beneficiarios del proyecto

- Selección de los beneficiarios del proyecto.
- Medición del área de cada predio y delimitación de lotes a utilizar en la solución.
- Determinación de la oferta hídrica de cada predio.
- Determinación de las condiciones edafoclimáticas de la zona del proyecto.
- Determinación de la demanda hídrica de los cultivos existentes

en los predios pertenecientes a los beneficiarios seleccionados.

Etapa 2 – Ejecución de la solución con los beneficiarios del proyecto

- Instalación del sistema de reciclaje de aguas servidas producidas en lavadero, cocina, duchas y lavamanos.
- Instalación del sistema de cosecha de aguas lluvias.
- Construcción del sistema de reservorios.
- Instalación del sistema de riego.
- Determinación del tiempo, frecuencia y caudal de riego para cada cultivo.

Etapa 3 – Apropiación social del conocimiento

- Socialización de procesos de ciencia y tecnología.
- Incorporación de espacios de participación ciudadana.
- Generación de procesos de intercambio y transferencia de conocimiento
- Generación de procesos de gestión del conocimiento.
- Construcción del plan de sostenibilidad del Proyecto.

Resultados y discusión

Etapa 1 – Caracterización y diagnóstico

Para el desarrollo del proyecto fueron seleccionados 36 productores agrícolas que pertenecen a AESMEVI, cuyos predios tienen extensión promedio de 3,5 hectáreas las cuales están ubicadas en 13 veredas de 19 que tiene el municipio (Purnio, Hobo, Toma de Agua, Lagunitas, Jaimes, Centro, Llano de León, Potrero de Rodriguez, Llano de Molagavita, Rincón, Pantano Grande, Caney e Higuerones). La

oferta hídrica que se maneja en promedio en los beneficiarios del proyecto es de 6.690 litros por día (Ver Tabla1).

Los predios se ubican en pisos altitudinales de clima frío y clima medio, con régimen de precipitación bimodal que oscila entre 1100 a 1800 mm, cuyos picos de lluvias se presentan en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. Los menores niveles de precipitación se presentan en las márgenes al río Chicamocha y los mayores niveles se presentan en la parte fría y muy fría del páramo del almorzadero (Ver Figura 1).

Tabla 1.

Etapa 1 – Caracterización y diagnóstico

No. de productores	No. de Veredas	Área Promedio Fincas (Ha)	Área Promedio Lotes frutales (Ha)	Tipo de Frutales	Oferta Hídrica promedio por productor en litros por día
36	13	3.5	0.5	Durazno, aguacate, lulo, guayaba, cítricos	6690.9

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2 – Ejecución

Realizada la etapa diagnóstica se inició la ejecución con la implementación en el predio de cada beneficiario del proyecto de los cinco componentes

del proyecto, reservorios, sistema de colecta de aguas lluvias, sistema de cosecha de aguas lluvias, sistema de reciclaje de aguas grises y sistema de riego por microaspersión.

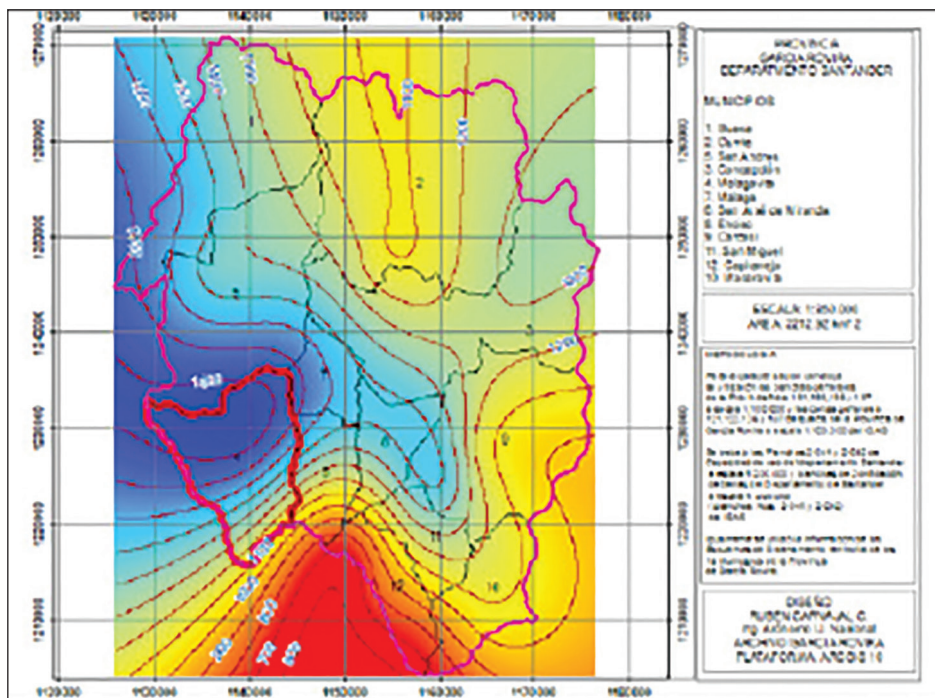


Figura 1. Mapa de Isoyetas de la Provincia de García Rovira

Para el establecimiento y construcción de los 36 reservorios de 20 mil litros de capacidad se seleccionó un espacio dentro del predio para construirlo con 4 m de largo por 5 metros de ancho y 1.2 m de profundidad.

Se impermeabilizó con geotextil y geomembrana y se dejó una salida de 1,5 o 2 pulgadas. Los 36 productores participaron en la construcción haciendo uso de la metodología mano vuelta o día devuelto. En la figura 2, se observa el proceso de construcción

Se establecieron 36 sistemas de riego por microaspersión de media hectárea en cultivos de aguacate, cítricos, durazno, lulo y guayaba. Se usó manguera de 16 y 38 mm y materiales PVC como collarines de 1,5 a 0,5 pulgadas, adaptadores machos doble rosca de 0,5 pulgadas, llave roscada de 0,5 pulgadas, acople PVC a manguera de 0,5 pulgada, microaspersor de 40 a 60 litros/hora, microconector, microtubo de 10 a 12 mm. En la Figura 3 se presenta el sistema de riego instalado y los accesorios utilizados.



Figura 2. Proceso de Construcción reservorios de 20000 litros

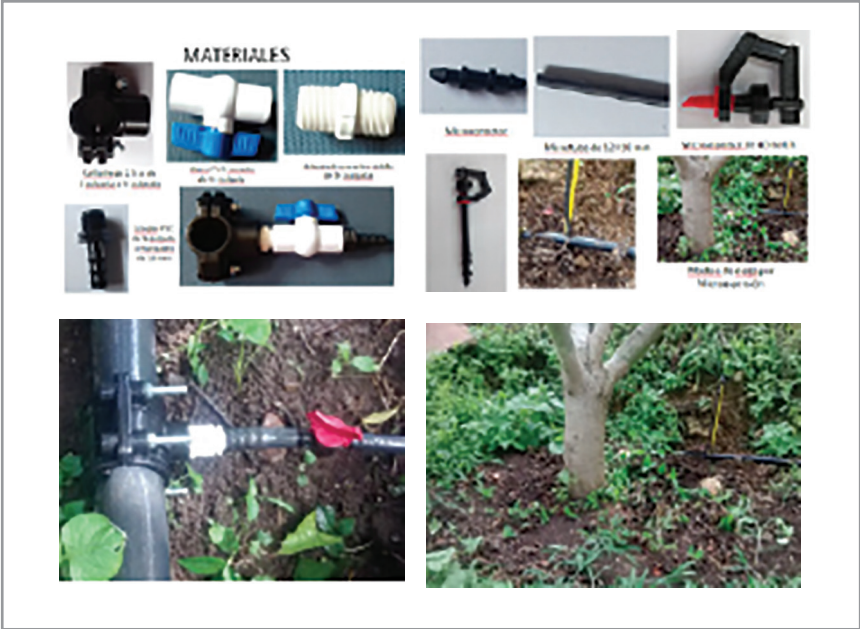


Figura 3. Proceso de Construcción sistema de riego

Fuente: Elaboración propia

Para el sistema de cosecha de aguas lluvias se instalaron canales elaborados con lámina de zinc para lo cual puede usarse lisa o corrugada. El almacenamiento consta de un tanque plástico de 1.000 litros y un sistema

de salida que conduce el agua al reservorio o directamente al sistema de riego. La Figura 4 presenta el sistema instalada en casa de uno de los beneficiarios.



Figura 4. Proceso de construcción sistema de cosecha de aguas lluvias

Fuente: Elaboración propia

En total se instalaron 32 sistemas de reciclaje de aguas grises provenientes de lavamanos, lavadero, ducha y cocina, las cuales fueron destinadas para ser usadas en el sistema de riego. Se construyeron tanques con dimensiones de 4m de largo por 1m de ancho y 0,7m de alto, en bloque y frisados en cemento, en las que se delimitaron 5 compartimentos separados con desnivel para la caída del agua escalonadamente. Allí se colocó el buchón o jacinto de agua,

que hace las veces de depurador al filtrar y absorber todo el contenido orgánico y de esta forma dejar el agua más apta para el riego de los cultivos (Ver Figura 5).

La solución planteada a los beneficiarios del proyecto es la de garantizar los requerimientos hídricos de los cultivos en épocas de verano y minimizar el estrés hídrico de las plantas como mecanismo de adaptación y mitigación al cambio



Figura 5. Proceso de construcción sistema de reciclaje de aguas grises

Fuente: Elaboración propia

climático. La Figura 6 muestra una representación de la solución propuesta por el Representante Legar de AESMEVI.

Para el logro de esta solución se plantea inicialmente conocer la oferta y demanda hídrica del cultivo. Parte de este ítem está relacionado directamente con la demanda hídrica; si ésta es mayor que la oferta, es necesario entonces generar sistemas de gestión del agua (cosecha de aguas

lluvias, sistemas de almacenamiento, reciclaje de agua y sistemas de riego eficientes).

En los sistemas instalados, para un manejo eficiente del riego se calculó la demanda hídrica de cada cultivo en litros por riego cada dos o tres días, determinándose para el durazno 120 litros, aguacate 110 litros, cítricos 80 litros, lulo 18 litros y guayaba 25 litros).

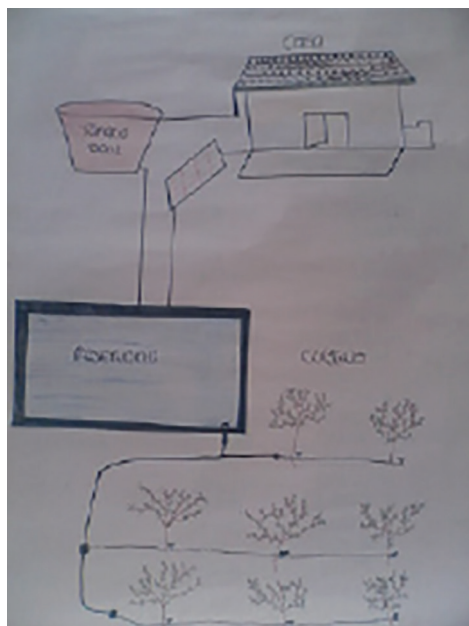


Figura 6. Solución propuesta por el Representante Legal de AESME-VI (Asociación esperanzas para un mejor vivir)

Etapas 3 – Apropiación social del conocimiento

En esta etapa, durante el proceso de construcción de la solución del problema los productores llevaron su bitácora, una especie de agenda en la que cada productor, a criterio propio, registró diariamente los sucesos relacionados con el proyecto. Como parte de la expresión particular de cada integrante, se generaron espacios de comunicación a través de coplas, cuentos y narraciones, así como también la edición de videos y manuales prácticos para gestionar y comunicar los logros del proyecto.

Conclusiones

La escasez del recurso hídrico es una preocupación en todos los campos de la producción, siendo de especial interés en el ámbito rural teniendo en cuenta el bajo nivel tecnológico de este sector. El reciclaje, la cosecha de aguas lluvias y los sistemas de riego eficientes son estrategias que permiten el incremento de la oferta hídrica y su utilización en la producción primaria.

Teniendo en cuenta que los núcleos familiares son pequeños, el tratamiento del agua residual de cocina, ducha, lavamanos y lavadero resulta sencillo y de bajo costo siendo una solución viable y de gran beneficio ambiental. De igual manera, el almacenamiento de las aguas lluvias en reservorios aumentan la disponibilidad del recurso y su aprovechamiento con la implementación de sistemas de riego acordes a la fenología y condiciones edafoclimáticas de los cultivos.

Con la implementación de un sistema de gestión del recurso hídrico como la experiencia desarrollada con la asociación rural del municipio de Molagavita AESMEVI, mejoran las posibilidades para la sostenibilidad de la producción y la generación de valor ambiental. En general, lo clave es la apropiación por parte de la comunidad de la importancia de

hacer del agua un manejo eficiente. Con prácticas como las descritas se desarrolla el concepto de economía circular del agua con el que se espera mejorar los modelos productivos rurales.

Referencias

- Adhama, A., Riksen, M., Ouassar, M. & Ritsema, C. (2016). Identification of suitable sites for rainwater harvesting structures in arid and semi-arid regions: A review. *International and water conservation research*, 4 (2), 108-120. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.03.001>
- Adedeji, O., Reuben, O. & Olatoye, O. (2014). Global Climate Change. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2, 114-122. <http://dx.doi.org/10.4236/gep.2014.22016>
- Braga, B., Chartres, C., Cosgrove, W., Veiga da Cunha, L., Gleick, P., Kabat, P.,...Xia, J. (2014). *Water and the Future of Humanity Revisiting Water Security*. China: Springer.
- Bouma, J., Hegde, S.E. & Lasage, R. (2016). Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 163, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.012>
- Cai, W., Borlace, S., Lengaigne, M., van Rensch, P., Collins, M., Vecchi, G.,...Jin, F. (2014). Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. *Nature Climate Change*, 4, 111-116.
- Chartzoulakis, K. & Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 88-98. <http://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>
- Cook, C. (2016). Drought planning as a proxy for water security in England. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 21, 65-69. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2016.11.005>
- Cumbre de Johannesburg (2002). *Conclusiones finales de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburg*. Recuperado de: <http://www.proteger.org/cierre-cumbre-mundial-johannesburgo-2002/>

- Oganización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012). *Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security*. Roma: FAO.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, N., Basra, S. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29(1), 185–212. doi:10.1051/agro:2008021
- Feller, U. (2016). Drought stress and carbon assimilation in a warming climate: Reversible and irreversible impacts. *Journal of Plant Physiology*, 203, 84–94. <http://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.04.002>
- Gray, S. B. & Brady, S. M. (2016). Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*, 419 (1), 64–77. <http://doi.org/10.1016/j.ydbio.2016.07.023>
- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Guti, J. R. & Mohren, G. M. J. (2001). El Ni ñ o effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution*, 16 (2), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)02052-8](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)02052-8)
- Lindh, M., Zhang, L., Falster, D., Franklin, O. & Brännström, Å. (2014). Plant diversity and drought: The role of deep roots. *Ecological Modelling*, 290, 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.05.008>
- Luo Xiao-San, D., Muleta, Z., Haoye, T., Zhen, Z., Shuanghe, S., Byong-Lyol L. (2017). Inclusive development and agricultural adaptation to climate chang. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 24, 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.02.004>
- Majeed, S., Gupta, N., Nazir, M., Mahajan, R., Malik, F. A., Sofi, B.,...Salgotra, R. K. (2017). Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. *Plant Gene*, 11, 154–159. <http://doi.org/10.1016/j.plgene.2017.04.003>
- Mancosu, N., Snyder, R. L., Kyriakakis, G. & Spano, D. (2015). Water Scarcity and Future Challenges for Food Production. *Water*, 7, 975–992. <http://doi.org/10.3390/w7030975>
- Mckersie, B. (2015). Planning for food security in a changing

- climate. *Journal of Experimental Botany*, 66 (12), 3435–3450. <http://doi.org/10.1093/jxb/eru547>
- DeNicola, E., Aburizaiza, O., Siddique, A., Khwaja, H. & Carpenter, D. (2015). Climate Change and Water Scarcity: The Case of Saudi Arabia. *Annals of Global Health*, 81(3), 342-353. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.005>
- Ihuoma, S. & Madramootoo, C. (2017). Recent advances in crop water stress detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 141, 267-275. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.07.026>
- Scheben, A., Yuan, Y., & Edwards, D. (2016). Current Plant Biology Advances in genomics for adapting crops to climate change. *Biochemical Pharmacology*, 6, 2–10. <http://doi.org/10.1016/j.cpb.2016.09.001>
- Tijerina, L. (1999). Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. *TE-RRRA*, 17 (3), 237-245.
- Udias, A., Pastori, M., Malago, A., Vigiak, O., Nikolaidis, N. P. & Bouraoui, F. (2018). Science of the Total Environment Identifying efficient agricultural irrigation strategies in Crete. *Science of the Total Environment*, 633, 271–284. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.152>
- Yuhui, W., Denghua, Y. A. N., Junfeng, W., Yi, D., & Xinshan, S. (2017). Effects of Elevated CO₂ and Drought on Plant Physiology, Soil Carbon. *Pedosphere: An International Journal*, 27(5), 846–855. [http://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60458-2](http://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60458-2)

Plataforma de avistamiento para tortugas en la playa Bobalito, El lechugal, Necoclí - Antioquia, utilizando iluminación especial y energía alternativa: propuesta de manejo y conservación

Turtle viewing platform at Bobalito beach, El lechugal, Necoclí - Antioquia, using special lighting and alternative energy: proposal for management and conservation

Recibo: 10.07.2018 Aceptado: 09.08.2018

Para Citar:

Támara, N., Obregón, M., Pulgarín, A., Sánchez, L., Álvarez, S., & Mazo, I. (2017). Plataforma de avistamiento para tortugas en la playa Bobalito, El lechugal, Necoclí - Antioquia, Utilizando iluminación especial y energía alternativa: propuesta de manejo y conservación. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 85-98. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1642>

Néstor Támara

Presidente de la Asociación de Conservación Ambiental y Ecoturística (ACAETUR) Necoclí, Vereda el Lechugal; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; estorsancheztamara@sena.edu.co

Mónica Obregón Barrios

MCs. En ciencias agrícolas; Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

Hernán Pulgarín Arcila

Esp. En Tecnológica en seguridad industrial; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; hernan24098@hotmail.com

Lina María Sánchez Cardozo

MCs. en Acuicultura y Ecología Acuática Tropical; Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y turístico; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; linamariasanchezcardozo@gmail.com

Slim Camilo Álvarez Alarcón

MCs. en Biotecnología; Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y turístico; Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; scalvares@sena.edu.co

Isabel Cristina Mazo

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA; isabelmazo@misena.edu.co

Resumen

En el municipio de Necoclí-Antioquia, vereda El Lechugal, existe una playa “Bobalito”, la cual es reconocida a nivel nacional e internacional por ser el sitio privilegiado para el desove de cuatro especies tortugas entre ellas: Tortuga Verde (*Chelonia mydas*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Cabezona (*Caretta caretta*) y la Tortuga Caná (*Dermochelys coriácea*), las tortugas las cuales son especialmente admiradas, cuidadas y conservadas, por medio de la Asociación de Conservación Ambiental y Ecoturismo ACAETUR, pobladores, instituciones y personas interesadas en la biodiversidad, ya que, éstas especies se encuentran catalogadas dentro la lista rojas de conservación (IUCN- The IUCN Red List of Threatened Species, 2018). De esta manera, el SENA a través de la convocatoria de COLCIENCIAS: “Ideas para el cambio” tuvo como objetivo diseñar y crear un sistema de avistamiento ecológico para el turista inexperto, utilizando energías alternativas y materiales de la zona, que contribuyera a la labor de la comunidad en procesos como la observación, admiración, conservación del sitio y de todo el proceso biológico y monitoreo realizado por ACAETUR, puesto que, el proyecto involucra la comunidad como el impulsor número uno en el cuidado de las especies que allí habitan , el empeño por desarrollar la implementación del ecoturismo y la conservación de la biodiversidad para su desarrollo económico y social. El proyecto ha adquirido en la región gran acogida por parte de los turistas y comunidad, ya que se han mejorado las técnicas de avistamiento, métodos de seguimientos, zona de capacitación y mejora en los servicios prestados por ACAETUR, las cuales permiten un turismo responsable y amigable con el medio ambiente. Esta zona hace parte del distrito Regional de Manejo Integrado “Ensenada de Rio negro, bajos aledaños y Ciénega de Marimonda y El Salado en Necoclí, área protegida que no solo brinda avistamiento de tortugas marinas, sino también, recorridos para el avistamiento de aves, mamíferos y reptiles.

Palabras clave: recurso hidrico, cosecha, cambio global.

Abstract

In the municipality of Necoclí-Antioquia, village El Lechugal, there is a beach “Bobalito”, which is recognized nationally and internationally for being the privileged site for the spawning of four species of turtles including: Green Turtle (*Chelonia mydas*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Cabezona (*Caretta caretta*) and the Caná Turtle (*Dermochelys coriácea*), the turtles which are especially admired, maintained and conserved, through the Association of Environmental Conservation and Ecotourism ACAETUR, residents, institutions and interested persons in biodiversity, since, these species are cataloged within the red list of conservation (IUCN- The IUCN Red List of Threatened Species, 2018). In this way, the SENA through the call of COLCIENCIAS: “Ideas para el Cambio” aimed to design and create an ecological sighting system for inexperienced tourists, using alternative energy and materials from the area, to contribute to the work of the community in processes such as observation, admiration, conservation of the site and of the entire biological process and monitoring carried out by ACAETUR, since, the project involves the community as the number one driver in the care of the species that live there, the Endeavor to develop the implementation of ecotourism and the conservation of biodiversity for its economic and social development. The project has acquired great acceptance in the region by tourists and the community, since sighting techniques, tracking methods, training area and improvement in the services provided by ACAETUR have been improved, which allow responsible tourism and environmental friendly. This zone is part of the Regional Integrated Management District “Ensenada de Rio Negro, lowlands and Ciénega de Marimonda and El Salado in Necoclí, a protected area that not only provides sightings of sea turtles, but also, tours for the sighting of birds, mammals and reptiles.

Keywords: turtles, biodiversity, environment, ecological tourism.

Introducción

Antioquia es un departamento de Colombia que posee 425 Km de playa, siendo el segundo departamento del país con zona costera, los cuales están repartido en los municipios de Arbolete, San Juan, Necoclí y Turbo, (Cámara de comercio Urabá, 2017), estos municipios por su cercanía al mar crean un corredor turístico muy llamativo, en especial, el municipio de Necoclí, el cual cuenta con playas inexploradas, como el caso de la playa “Bobalito”, la cual es reconocida a nivel nacional e internacional por ser el sitio privilegiado para el avistamiento de 4 especies tortugas marinas: Tortuga verde (*Chelonia mydas*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Cabezona (*Caretta caretta*) y la tortuga Caná (*Dermochelys coriácea*), las tortugas son especialmente admiradas por propios y extranjeros ya que se consideran especies migratorias o transfronterizas, debido al movimiento estacional y cíclico de los animales relacionado con los cambios periódicos del clima o la disponibilidad del alimento, o bien para asegurar la reproducción.

Esta migración implica movimientos periódicos de un sitio a otro y de regreso al primero (Ruelas, Santana, & Urbán, 2009).

Las diferentes especies de tortugas llegan cada año, entre mayo y octubre, a depositar sus huevos, que también eran capturados por pescadores antes del proceso de concientización y de la declaratoria de zona protegida. La vereda Lechugal está a unos veinte kilómetros de la zona urbana y es otro paraíso de fauna y flora de los muchos que tiene la región urabaense (El Universal, 2015).

Tal biodiversidad en conjunto con atractivos turísticos, le proporciona un alto potencial para la observación de tortugas, actividad en constante crecimiento en varias regiones del mundo y que está ligada al ecoturismo. Este se orienta a zonas con potencial científico y cultural (e.g. áreas protegidas), y permite conservación al fomentar la participación directa y el beneficio a corto plazo de los pobladores locales. La observación de tortugas es una herramienta muy útil para la conservación de ecosistemas así como una oportunidad de generar desarrollo sostenible (Asociación Calidris, 2016).

La comunidad de El Lechugal a lo largo de su historia ha creado conciencia en los pobladores para su manejo y conservación a través del apoyo de instituciones y personas interesadas en la biodiversidad y la importancia del proceso que ahí se gesta.

De esta manera el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA y Asociación de Conservación Ambiental y Ecoturismo - ACAETUR asumió el reto de COLCIENCIA para participar en la convocatoria Ideas para el Cambio COLOMBIA-BIO con el objetivo de diseñar y crear un sistema de avistamiento ecológico para el turista inexperto, investigador y lugareños, utilizando energías alternativas y materiales que llegan con el oleaje de playa, que permita la observación, admiración y conservación del sitio y de todo el proceso biológico, de gran importancia para las especies, involucrando la comunidad con grandes necesidades y empeño en la implementación del ecoturismo y la conservación de la biodiversidad para su desarrollo económico y social.

Ubicación geográfica

La Playa bobalito, se encuentra a 300 Km de la ciudad de Medellín, a hora y media por la carretera del municipio de Apartado hasta Necoclí transitando por la ruta 90, y a 40 minutos del casco urbano de Necoclí, hasta la vereda El Lechugal, comunidad de pescadores y pequeños agricultores, su ubicación geográfica está dada por latitud 74°0'21.389 S longitud 40°42'46.021"E

Entidades participantes

- Asociación de Conservación Ambiental y Ecoturismo ACAETUR
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
- COLCIENCIAS

El presente trabajo se realizó en compañía del SENA, COLCIENCIA y la asociación ACAETUR, el desarrollo del proyecto se ejecutó en el municipio de Necoclí – Antioquia vereda El Lechugal, quienes desde el 2014 realizan estudios con las tortugas marinas en la Playa Bobalito. El SENA, cuando conoce la convocatoria Ideas para el Cambio Colombia Bio, ve en ella una oportunidad para darle solución a las necesidades de la población para mejorar el trabajo que desarrollaban en pro de la conservación, protección y monitoreo de las 4 especies tortugas marinas avistadas en la playa Bobalito (Figura 1): Tortuga Verde (*Chelonia mydas*), Carey (*Eretmochelys imbricata*), Cabezona (*Caretta caretta*) y la Tortuga Caná (*Dermochelys coriácea*).



Figura 1. Playa Bobalito,

a. Zona Norte

b. Zona Sur

Fuente: Elaboración propia

Se procedió a realizar visitas y entrevistas sobre aspectos fundamentales de la asociación para conocer de primera mano el trabajo que realizaba esta comunidad, sus necesidades y sobre todo, la actitud de la asociación para el trabajo en equipo, asimilar nuevas estrategias y tecnologías; partir de la línea base establecida de la interacción Comunicad-Asociación ACAETUR, se procedió a realizar la socialización de la convocatoria, deberes, obligaciones y los beneficios que se podrían lograr para el desarrollo de la conservación, protección y ecoturismo de investigación basado en el avistamiento de tortugas.

Néstor Sánchez Tamara presidente de ACAETUR y Orlando Morelo Quintana Vocal de la asociación, son fundadores y líderes de la comunidad, quienes han logrado un cambio significativo en su historia, promoviendo la conservación de las tortugas y dejando atrás la captura de estas, para la obtención de alimentos o materia prima y otros productos derivados del caparazón de los animales, en una comunidad de pescadores artesanales por excelencia.

La iniciativa de la asociación comienza con Orlando, el vocal de la empresa basada en su historia.

Somos una comunidad de pescadores de un largo historial: padres, abuelos y demás antepasados, viviendo del mar y de la tierra, campesinos desde siempre, viviendo de lo que tenemos alrededor, y en ciertas épocas del año capturando del mar desde peces hasta tortugas, las cuales eran de alto valor por su carne y caparazón; años tras año, el número de animales capturados se reducía, una mañana en la playa encontré unas cabezas de tortuga y se me ocurrió la idea de acercarme ante entes gubernamentales para conseguir apoyo, fue así, como me promovieron la idea de la formación de una asociación de conservación y así comenzó todo.

A partir de la formación de la asociación los integrantes han sido beneficiarios de capacitaciones nacionales e internacionales y apoyo económico para 6 miembros, sus actividades se han enfocado en marcar las especies de tortugas

marinas que lleguen en los 14 Km de playas, protección de las tortugas, etiquetado y cuidado de los nidos, traslado de nidos si las condiciones lo ameritan, y monitoreo de playa, (Figura 2).



Figura 2. Actividades de la asociación.

- a. Etiquetas de nidos
- b. Protección de nidos

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de desarrollo Plataforma de avistamiento para tortugas en la playa Bobalito, El Lechugal, Necoclí - Antioquia, utilizando iluminación especial y energía alternativa, comenzó con reuniones periódicas y continuas a la comunidad donde el equipo de trabajo planteo diferentes soluciones, para lograr cubrir las necesidades que plasmaban los integrantes de la asociación, reflejados en el objeto social y los términos de la convocatoria: investigativo, ecoturístico, amigable al ambiente e innovador.

Socialización y apropiación

La vereda el Lechugal es una comunidad conformada por 445 habitantes, reflejadas en 89 familias, de los cuales 28 socios con sus familias conforman ACAETUR, con los cuales se desarrolló unas series de capacitaciones y actividades de socialización de la convocatoria, donde se explicaba el paso a paso y el desarrollo del proyecto desde su inicio. La apropiación social del conocimiento permitió que toda la comunidad pudiera ser beneficiada de los diferentes cursos y capacitaciones

complementarias que se ofrecieron por parte del SENA, así como la capacitación pedagógica a los niños y educadoras de la institución educativa de la vereda con el objetivo de que el proyecto no sólo beneficiara a la asociación con la construcción de la plataforma, sino que, de los cursos complementarios se beneficiara todos aquellos que quisieran participar del conocimiento en los diferentes temas como lo era el turismo, emprendimiento, gastronomía rural, construcción, manejo de residuos sólidos, automatización,

mantenimiento de paneles solares, atención al cliente, artesanías en madera y ebanistería (Figura 3) Los más expectantes, alegres y entusiastas con las capacitaciones fueron los niños, de lo cual se podría decir que detrás de ellos se fue sumando poco a poco el resto de familia. Los niños en la comunidad ya tienen conciencia plena del cuidado del medio ambiente, de la fauna especialmente de las tortugas marinas, ellos no hacen parte de esa generación que tuvo en el menú el plato de tortuga



Figura 3. Capacitaciones a la comunidad y asociación ACAETUR

- a. Capacitación SENA de monitoreo.
- b. Capacitación de liderazgo y trabajo en equipo.
- c. Capacitación de Gastronomía.
- d. Capacitación de Ebanistería

Fuente: Elaboración propia

Implementación de la estrategia

El propósito principal del proyecto según las necesidades de la comunidad con la construcción de la cabaña o plataforma fue que tuviera todas las comodidades y fuera un lugar seguro, se utilizaría energía solar y algunas tecnologías para el cuidado y control de los nidos. La estrategia fue simple, la cabaña debía tener varios fines enumerados en su orden:

Primero, que este fuera un centro de operaciones para todas las labores que los integrantes de ACAETUR desarrollan en la playa, como el monitoreo nocturno, capacitaciones a grupos de turistas y comunidad en general, así como brindar servicios básicos de atención a los visitantes y donde guardar sus equipos de trabajo

Como segundo, que este fuera un sitio ideal para desarrollar turismo científico, e investigación científica a visitantes nacionales y extranjeros que llegaran a observar, marcar y monitorear tortugas.

Tercero, que fuera un ejemplo piloto para que habitantes de la zona tuvieran un prototipo y un ejemplo durante las capacitaciones sobre temas de energía renovable y limpia (energía solar), captación, manejo y uso del agua lluvia, ebanistería con madera reciclada y construcción que

les permitiera replicar en sus hogares y ver en este tipo de tecnología una opción para el mejoramiento de la calidad de vida.

Para el establecimiento de la plataforma en la playa, se contó con CORPOURABA como aliado del proceso, logrando solicitar a través de ellos los permisos requeridos. así mismo, ante la Dimar se realizaron los trámites para los permisos de construcción en playa con materiales removibles, y por último los permisos de la alcaldía, quienes también fueron nuestros aliados con el departamento de planeación municipal

Impacto ambiental y social de la solución

El proyecto plataforma de avistamiento para las tortugas en la playa El bobalito representa una oportunidad para que la comunidad aproveche el privilegiado sitio como oferta de ecoturismo, a su vez, implemente planes y programas de manejo y conservación de la biodiversidad de gran importancia en la subregión y el municipio de Necoclí; de esta manera se contribuye con la protección de 4 especies de tortugas todas en riesgo de entrar en vía de extinción según el experto de la Corporación Ambiental Regional- CORPOURABA Jairo Guillermo Vásquez Arango, biólogo marino quien afirma “Urabá, y

concretamente Necoclí, queda así con la única playa en el mundo donde se identifica la presencia de cuatro especies de tortugas marinas de ocho especies que hay en estado crítico de conservación”.

De las ocho, al golfo de Urabá y el mar Caribe antioqueño llegan las especies la *Chelonia mydas* (tortuga verde), la *Eretmochelys imbricata* (tortuga carey), la *Caretta caretta* (tortuga cabezona) y la *Dermochelys coriácea* (tortuga caná). “Tenemos el privilegio de que la tortuga Caná que es la más grande del mundo llegue a esta playa, esta tortuga puede medir hasta 2,10 metros de largo y pesar 800 kilos (casi el peso de un novillo), lo que convierte nuestra la playa en la única en el mundo visitada por cuatro especies de tortugas marinas” (El Universal, 2015).

De esta manera ambientalmente el impacto es muy favorable ya que en Colombia, Antioquia, Necoclí y la playa El bobalito se presenta una oportunidad única para conservar y aprovechar la biodiversidad implementando soluciones innovadoras desde la una infraestructura sostenible con iluminación especial a través de energía solar, que permita el avistamiento del espectáculo sin perturbar las especies, al contrario se exige total respeto y compromiso con su conservación y permitir a

turistas conocer la importancia de este proceso de desove para las tortugas, para la comunidad y para la biodiversidad de Colombia y del mundo.

Durante el proceso de construcción, lentamente se levanto y fue tomando forma lo que algún día fue tan solo una idea, El presidente y vocal de ACAETUR fueron los integrantes más comprometidos con el proceso donde, junto al grupo, se propusieron estar todos los días al pie de la construcción hasta que se terminara, un sueño que se estaba realizando, el cual era tener un lugar donde trabajar más afondo la conservación. Además de ello se implementaron labores de limpieza y planeación de mejora del lugar de construcción y la playa de alrededor, ya que, la contaminación que arrojaba el mar es muy grande e impide la llegada de las tortugas, como gran cantidad de botellas de todo tipo, artículos de desecho de plástico, bolsas, zapatos, partes eléctricas y residuos orgánicos como la madera de descarte que baja del río Atrato.

La comunidad adopto por si sola como actividad propia, cada determinado tiempo, hacer una actividad de limpieza de la playa, toneladas de botellas y plástico que separaban y arrumaban para luego vender a alguna empresa de reciclado (Figura 4).



Figura 4. Actividad de separación y reciclado de los residuos sólidos no biodegradables

Fuente: Elaboración propia

Se delegaron diferentes grupos para desarrollar diferentes tareas tales como, limpieza de la playa, traslado del material reciclable, pintar la madera de la construcción, sembrar algunas palmas y jardín, cortar parte de las malezas que se encontraban y daban un mal aspecto a la zona, adecuar el lugar arreglando las camas y hamacas, aprender a manejar los equipos de purificación de agua, mantenimiento del pozo, cuidado de las baterías y del inversor y revisión y mantenimiento de los equipos de primeros auxilios.

Infraestructura y capacidad instalada

La plataforma de 153 m² en madera, es un centro adecuado para la recepción y educación de turistas, niños, jóvenes, comunidades y academia en general en temas de tortugas y toda la biodiversidad que ofrece la zona con

su área de conservación declarada (Distrito de manejo integrado), la cual está conformada por una cocineta, un baño, dos dormitorios con capacidad para 15 personas, comedor, salón de reuniones, oficinas y área de muestra artesanal; iluminada con energía solar, consta de un filtro de aguas lluvia y pozo séptico según normatividad ambiental (Figura 5).

Además, el proceso de construcción incluyó establecer estructuras adecuadas para la señalización y monitoreo de los nidos usando geoposicionamiento y señales, según requerimientos ecológicos de las tortugas.

Se entregó a la comunidad manuales de uso, manejo y mantenimiento para que pudieran tener indicaciones para el buen uso y cuidado de los equipos que se instalaron (Figura 6).



Figura 5. Plataforma de avistamiento para tortugas en la playa Bobalito, El lechugal, Necoclí – Antioquia

- a. Antes de la convocatoria Cambio Colombia Bio
- b. Después de la convocatoria Cambio Colombia Bio

Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Infraestructura lista para recibir turistas y comunidad en general

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Del proyecto se ha hablado mucho en la región, ya muchas personas se han desplazado, lo están viendo como un turismo de aventura, incluso llegan

en bicicleta, de a poco la comunidad a ido manejando los precios de sus servicios, en la época cuando no llegan tortugas han implementado las caminatas ecológicas, recorridos con avistamiento de aves y algunos

animales, están aprovechando la selva que los rodea como una oportunidad de ingresos.

Ya son algunos vecinos, incluso de otras veredas que ha aprendido como elaborar su propio purificador de agua y mejorar la salud de su entorno familiar, como tener energía, iluminación y otras comodidades en sitios lejanos donde no llega el servicio de energía; Ellos mismos se han apropiado del conocimiento y ya manejan mejor sus negocios alrededor del turismo, han aprendido

a elaborar artesanías y a cobrar por ellas.

El turismo científico ha aumentado, los extranjeros ya tienen un sitio donde quedarse en la playa, el trato que reciben, la atención es mejor, tiene un sitio para guarecerse, para hacer sus notas; algunas instituciones educativas hacen viajes pedagógicos ambientales con sus estudiantes, hay un lugar de encuentro, de estudio e incluso de descanso donde encontraremos un paisaje virgen como pocos en el país (Figura 7).



Figura 7. Playa Bobalito – Vereda El Lechugal – Necocli – Antioquia

Fuente: Elaboración propia

Referencias

- Asociación Calidris (2016). *Lineamientos para implementar aviturismo en las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves-AICA*. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humbolt.
- Cámara de Comercio Urabá (2017). *Información socioeconómica 2017, por una región fronteriza lideramos el desarrollo empresarial, Apartado Antioquia*. Recuperado de: <http://ccuraba.org.co/site/wp-content/uploads/2017/02/INFORME-SOCIOECONOMICO-2016.pdf>.

- Hallazgo de tortuga Golfina en Necoclí es de importancia mundial: Corpourabá. (20 de julio de 2015). *El Universal*. Recuperado de: <http://www.eluniversal.com.co/ambiente/hallazgo-de-tortuga-golfina-en-necocli-es-de-importancia-mundial-corporaba-200335>
- Ruelas, E., Santana, E. & Urbán, J. (2009) Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas. *Capital natural de México*, 2, 461-515.

“Tecnompost”, Un modelo de desarrollo sostenible para comunidades vulnerables de la ciudad de Neiva

“Tecnompost”, a sustainable development model for vulnerable communities in the city of Neiva, Colombia

Recibo: 30.06.2018 Aceptado: 09.08.2018

Para Citar:

Chavarro, A., & Oviedo, A. (2018). “Tecnompost”, Un modelo de desarrollo sostenible para comunidades vulnerables de la ciudad de Neiva. *Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, Ed. Esp. 99-112.
doi:<http://dx.doi.org/10.23850/2389-9573.1641>

Adrian Fernando Chavarro

MSc. en Ingeniería de Control Industrial;
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA;
achavarroc@sena.edu.co

Alberto Enrique Oviedo Buelvas

Ing. de sistemas; Servicio Nacional de
Aprendizaje SENA; aoviedob@sena.edu.co

Resumen

Neivayá es un barrio ubicado en la ciudad de Neiva, Colombia; que nació como invasión y que luego fue legalizado. Actualmente está caracterizado por ser una población vulnerable y desplazada por la violencia de los departamentos aledaños. En esta comunidad las tasas de morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias son relativamente altas, y la causa se fundamenta en el mal tratamiento de los residuos sólidos. Las condiciones económicas de la comunidad limitan el acceso a productos básicos de la canasta familiar, ocasionando hambre y desnutrición. Todos estos factores han generado una ruptura en el tejido social, viéndose reflejado en los conflictos comunitarios que constantemente afectan el equilibrio de la comunidad. “Tecnompost, una aplicación práctica en cultivos verticales para Neivayá”, es un proyecto que busca mitigar los impactos de la contaminación ambiental y aportar a la seguridad alimentaria a partir del tratamiento de los residuos orgánicos y no orgánicos. Este proyecto, propone un modelo de desarrollo sostenible que se fundamenta en la premisa de la reconstrucción del tejido social con la implementación de la ley de origen, la apropiación social del conocimiento y la tecnología, articuladas con el buen vivir que aportan nuestros pueblos indígenas para resolver conflictos comunitarios para ofrecer a la comunidad un bienestar colectivo.

Palabras clave: cultivos verticales, seguridad alimentaria, apropiación social del conocimiento, desarrollo sostenible.

Abstract

Neivayá is a neighborhood located in the city of Neiva, Colombia; that was born as an invasion and later was legalized. At the moment it is characterized for being a vulnerable population and displaced by the violence of the surrounding departments. In this community, the morbidity rates due to gastrointestinal and respiratory diseases are relatively high, and the cause is based on the poor treatment of solid waste. The economic conditions of the community limit access to basic products of the family basket, causing hunger and malnutrition. All these factors have generated a rupture in the social fabric, being reflected in the community conflicts that constantly affect the balance of the community. “Tecnopost, a practical application in vertical crops for Neivayá”, is a project that seeks to mitigate the impacts of environmental pollution and contribute to food safety from the treatment of organic and non-organic waste. This project proposes a model of sustainable development that is based on the premise of the reconstruction of the social fabric with the implementation of the law of origin, the social appropriation of knowledge and technology, articulated with the good living provided by our indigenous peoples for resolve community conflicts to offer the community a collective well-being.

Keywords: vertical crops, food security, social appropriation of knowledge, sustainable development.

Introducción

Una de las circunstancias más relevantes del desarrollo socioeconómico de los países en vías de desarrollo, es la falta de oportunidad que recalca en pobreza extrema y que influye en la calidad de vida de las personas.

Existen factores sociales que afectan y están directamente relacionados con conflictos internos de cada país, que sumados a la falta de oportunidad, repercuten en el abandono, la pobreza, el desempleo, la desnutrición, violencia e inseguridad y demás, obligando a los gobiernos proponer acciones que busquen reducir la pobreza en sus habitantes.

Los objetivos del desarrollo sostenible planteados desde la Organización de las Naciones Unidas, buscan la desigualdad, el hambre, los recursos naturales, el trabajo digno, la equidad, y otros factores que deben ser tenidos en cuenta en los ámbitos de la sostenibilidad, procurando mejorar las condiciones del ser humano y de las generaciones que nos preceden.

Sin embargo son todavía muchas las comunidades que se encuentran cerca de las ciudades, que a pesar de las cercanías a los poblados, todavía no presentan las condiciones suficientes para ser categorizadas como sitios aptos para vivir

dignamente. Uno de estos ejemplos se encuentra en el sur de Colombia, en la ciudad del departamento del Huila.

Las altas tasas de morbilidad por enfermedades que afectan a mujeres y niños habitantes en el barrio marginal de la ciudad de Neiva, el cual está compuesto principalmente por familias con secuelas de penuria económica, multitud de estigmas familiares, sociales y políticos y frustraciones éticas profundas que necesariamente provienen de la persistencia del conflicto armado, la desigualdad social y la falta de oportunidades (Valenciano & Gutiérrez, 2016).

La marginalidad de su comunidad ubicada en una zona de difícil acceso, promueve la contaminación ambiental ocasionada por el no tratamiento de los residuos sólidos y las aguas negras. Las condiciones económicas, limitan el acceso a la canasta familiar, ocasionando hambre y desnutrición.

El proyecto busca un adecuado tratamiento de basuras y el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para aportar a la seguridad alimentaria y la disminución de índices de morbilidad del barrio Neiva Ya, así como la resolución de conflictos provenientes de las secuelas originadas por la marginalidad de la población, mediante prácticas tradicionales indígenas que permiten

fortalecer el tejido social a través de la articulación del conocimiento científico y tecnológico y aportar a la disminución de índices de pobreza mediante la creación de unidades productivas con el aprovechamiento de los residuos sólidos (Medrano & Caraballo, 2009); (Uribe, 2012). El proyecto está dirigido a población la vulnerable, habitantes de barrios subnormales con altos índices de pobreza, víctimas de desplazamiento y de conflicto armado.

La solución es una estrategia de reutilización de residuos (Ballestas, Blanco & Gil, 2016), aprovechado el material disponible de la comunidad para mejorar las condiciones la morbilidad asociada al manejo de las basuras, situación que mejora la calidad de vida de la comunidad del barrio NeivaYa. El sistema completo comprende un sitio de procesamiento de residuos orgánicos, los sistemas de cultivo implementados en varios puntos de la comunidad en donde se consideren pertinentes, así como los sitios de recolección de basuras.

Cultivos Verticales

Su implementación conlleva a entregar y recibir 30 soluciones que están compuestas de Una (1) Estructura metálica, forma sombrilla de 2,5 metros de altura, Cuatro (4) mangas verticales con sellado térmico y pintadas de blanco para disminuir temperatura interna, capacidad de

80 kg de compostaje con cascarilla de arroz húmedo y posibilidad de siembra de 32 plántulas por manga. Un (1) Mecanismo de riego automático. Instalaciones a servicio de agua y luz. Dos (2) semilleros para germinación de 128 orificios. Semillas para disposición de los cultivos(Ver Figuras del 1 al 8 y Ver Tabla 1)

Planta de compostaje

Junto con los cultivos verticales, también se dispuso de un sistema de compostaje compuesto por: Una estructura metálica, techado de 30 metros cuadrados de área y 2,5 metros en promedio de altura. Se encuentra encerrada con malla eslabonada para su protección, tiene piso de cemento, conexión a energía eléctrica, acueducto y alcantarillado.

Un recipiente para la recepción de los residuos que llegan inicialmente a la planta. Una trituradora con motor eléctrico de 3hp, con capacidad de trituración de 600 kg/hora de residuos orgánicos sólidos. Un recipiente que recibe el material triturado. Un (1) Compresor, Cuatro (4) Biorreactores con tubería interna, Un (1) Sistema Hidráulico para la gestión de lixiviados con tanques plásticos, Un (1) Sistema de lombricultura con dos (2) cajas de madera en forma de camarote y recubierta de plástico, Dos (2) cajas de madera para la maduración del compost.

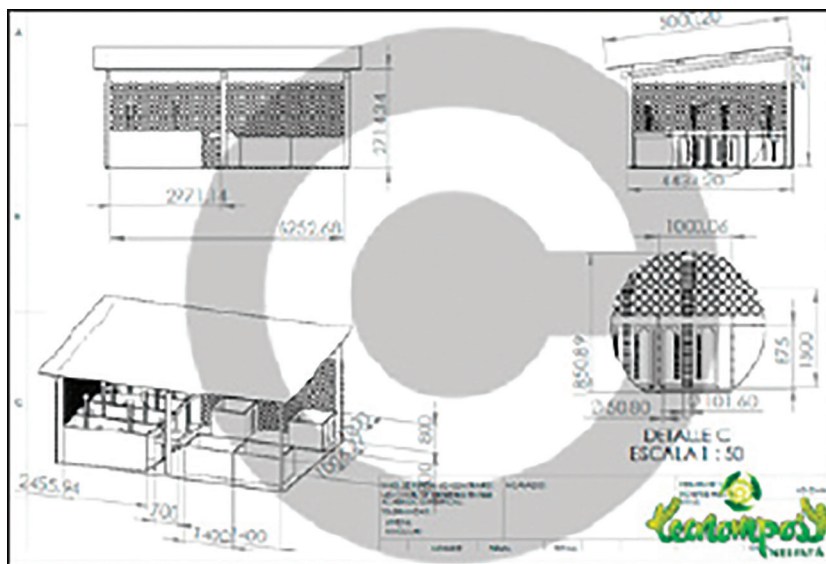


Figura 1. Diseño del sistema de compostaje o planta de compostaje, Proyecto Tecnompост. Diseño del Ingeniero Nicolás Rodrigo Morales, el Tecnólogo William Vicuña, y los aprendices Leonardo Barreiro y Diego Felipe Herrera

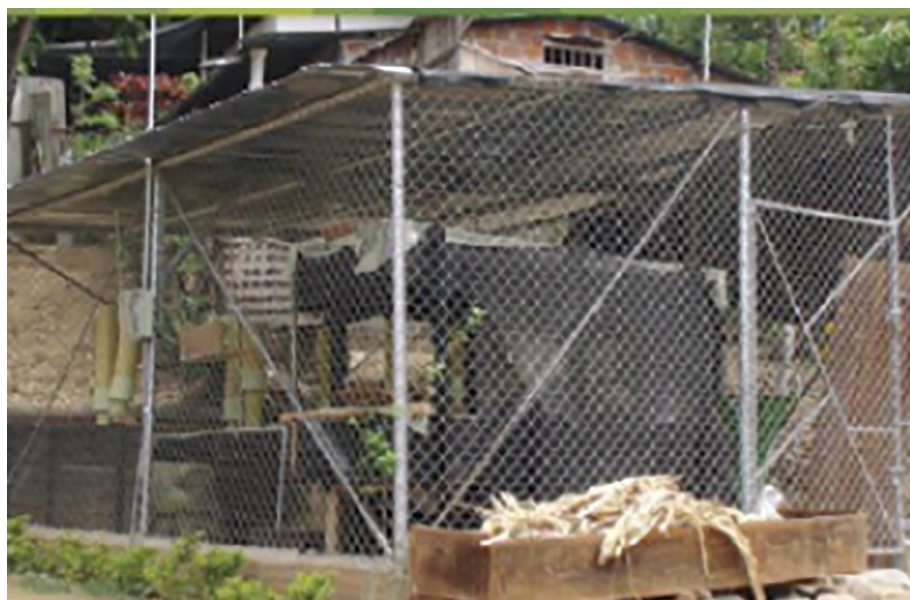


Figura 2. Montaje del sistema de compostaje o planta de compostaje, Proyecto Tecnompост.

Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS



Figura 3. Trituradora Mecanizada, Proyecto Tecnompost
Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS



Figura 4. Implementación de los bioreactores planta de compostaje, Proyecto Tecnompost.
Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS



Figura 5. Sistema de drenaje de lixiviados, planta de compostaje, Proyecto Tecnompost. Proyecto Tecnompost.

Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS



Figura 6. Cajones para lombricomposteo planta de compostaje, Proyecto Tecnompost.

Fuente: Proyecto Tecnompost



Figura 7. Cajones para maduración de compostaje
Fuente: Proyecto Tecnompост.

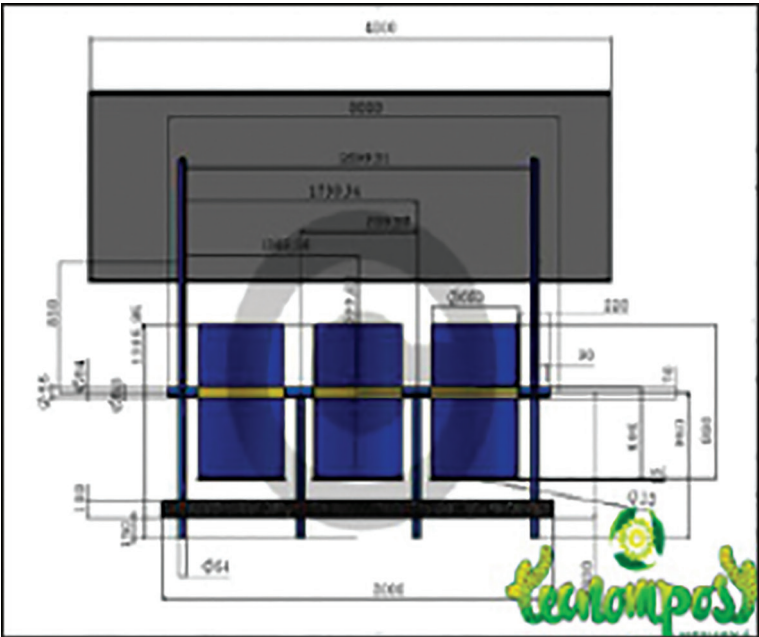


Figura 8. Diseño de los puntos de Recolección de Basuras o Puntos de Acopio para el Proyecto Tecnompост.
Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS

Tabla 1.
Referenciación geográfica para la ubicación de los puntos de recolección de basuras del barrio Neivaya propuestos

Definición	Coordenadas	Dirección
Punto a	N 02°56'43.0", w075°14'22.1"	Cl. 20 #61a-1, Neiva, Huila, 410003, Colombia
Punto b	N 02°56'43.4", w075°14'20.5"	Cra. 62 #20-1, Neiva, Huila, 410003, Colombia
Punto c	N 02°56'37.7", w075°14'10.9"	Cra. 62 #19-1 a 19-47, Neiva, Huila
Punto d	N 02°56'36.0", w075°14'19.8"	Cra. 64 #19-2, Neiva, Huila, 410003, Colombia
Punto de compostaje	N 02°56'41.0", w075°14'20.0"	Cra. 62 #19a-2 a 19a-68, Neiva, Huila, 410003, Colombia

Fuente: Elaboración propia

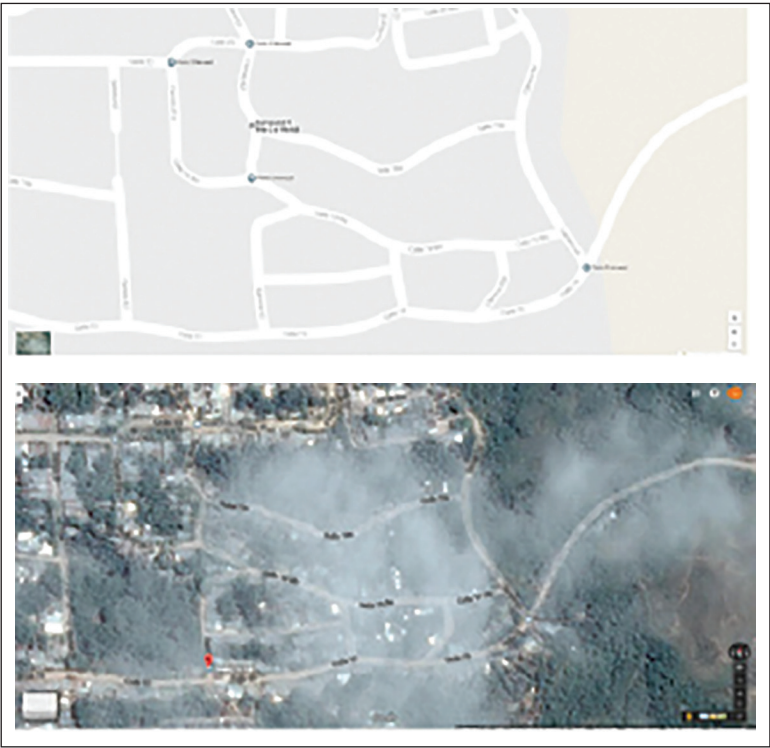


Figura 9. Mapa de ubicación de las instalaciones en el Barrio Neivaya

Metodología

El soporte metodológico se desarrolló teniendo en cuenta la diversidad cultural y la interacción entre conocimiento tradicional indígena y tecnológico, esto teniendo en cuenta que muchas personas de la comunidad son provenientes de departamentos como Caquetá, Putumayo, Amazonas, Tolima y Huila. Otro factor importante, fue comprender que los derechos fundamentales de estas familias fueron violentados a causa de la guerra, y que todas estas heridas internas se asentaron en un territorio que no era el propio, que fue necesario invadir, y lo más difícil, dejar la libertad y amplitud del campo, para habitar un espacio reducido en donde se dificulta satisfacer las necesidades básicas.

Después de tener claro la población fue necesario intervenir en la comunidad para ayudar a resolver los conflictos comunitarios y aportar en la reconstrucción del tejido social, con la implementación de los círculos de Palabra, en donde se comparte y se respeta la palabra hablada, y de esta forma garantizar el éxito del proyecto teniendo en cuenta que este se constituye en una economía comunitaria. Para este propósito nos apoyamos en el conocimiento tradicional de los pueblos originarios y la forma como estos toman

decisiones y resuelven sus conflictos de forma complementaria.

La metodología utilizada para trabajar con la comunidad fue basada en el conocimiento tradicional indígena, a través de círculos de palabra, mingas comunitarias, talleres de transferencia tecnológica, talleres de tejido, talleres para el uso de plantas medicinales, talleres para la separación y aprovechamiento de residuos orgánicos y no orgánicos, y talleres de cultivos verticales. La población de Neivaya está compuesta por 350 familias, para lo cual el proyecto benefició a 30 de ellas, las cuales interactuaron con más frecuencia en las actividades que se realizaron para las tareas de trabajo en comunidad y apropiación social del conocimiento. Inicialmente fue registrada una línea base para evidenciar las deficiencias en el manejo de residuos, y del uso de tecnología para el aprovechamiento de los mismos. Los habitantes conocen de las técnicas tradicionales de cultivo lo cual es una referencia para la transferencia de conocimiento en el uso de cultivos verticales.

Resultados

Los resultados que se obtuvieron son: Cuatro (4) puntos de acopio ubicados estratégicamente dentro del barrio que le permiten a la comunidad

recolectar y separar los residuos que se generan, una (1) planta de Compost que reutiliza los residuos orgánicos y acelera el proceso de descomposición para generar enriquecedor de suelos y abono orgánico, teniendo en cuenta el tratamiento de lixiviados a través de un sistema hidráulico para evitar malos olores, Treinta (30) cultivos verticales con riego automatizado para la siembra y cosecha de plantas alimenticias y medicinales para consumo propio y/o comercialización, creación de artesanías tejidas a partir del conocimiento tradicional

para fortalecer los lazos entre vecinos y generar oportunidades de comercialización, talleres sobre plantas medicinales en donde algunos médicos tradicionales indígenas dan a conocer la importancia de las plantas y como estas nos pueden servir para disminuir las enfermedades que hay dentro del barrio, recuperación de espacios contaminados por residuos a través de la tradicional Minga Comunitaria, y la conformación de líderes de cada proceso para fortalecer la apropiación social del conocimiento.



Figura 10. Fotografías de La planta de compostaje, Proyecto Tecnompост Ideas para el Cambio 2016

Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS, diseño del Ingeniero Nicolás Rodrigo Morales, el tecnólogo William Vicuña, y los aprendices Leonardo Barreiro y Diego Felipe Herrera



Figura 11. Fotografías de cultivos verticales, Proyecto Tecnompost Ideas para el Cambio 2016

Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS



Figura 12. Productos cosechados en los cultivos verticales, comunidad Neivaya

Fuente: Proyecto Ideas para el cambio 2016, SENA-COLCIENCIAS

Conclusiones

Como conclusión, el modelo de sostenibilidad presentado con este proyecto fue una excusa perfecta e integral en la que se fortaleció comunidad a través de la reconstrucción del tejido social mejorando la calidad de vida de las personas por el aporte a la seguridad alimentaria. Sin embargo, el aporte no fue solo del grupo que ejecutó el proyecto, la comunidad fue uno de los actores principales, ya que su conocimiento empírico en materias como construcción, soldadura, siembra y cosecha, tratamiento de plagas en cultivos aportó significativamente en el desarrollo de la solución.

La apropiación social del conocimiento es un eje fundamental para desarrollar proyectos en donde la tecnología puede aportar el desarrollo social y económico de las comunidades vulnerables, y que estos presenten una dinámica de sostenibilidad para producir cambios positivos en el entorno.

Referencias

- Ballestas, L., Blanco, L. & Gil, F. (2016). *Diseño de una campaña de reciclaje desde la fuente y aprovechamiento de los residuos sólidos en el barrio Villas de Aranjuez de Cartagena* (Tesis doctoral). Universidad de Cartagena, Colombia.
- Medrano, M. & Caraballo, Y. (2009). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta procesadora de residuos sólidos urbanos para la producción de compost en la ciudad de Cartagena* (Tesis de pregrado). Universidad de Cartagena, Colombia.
- Uribe, S. (2012). *Propuesta de proceso productivo para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos a través de la elaboración de abono orgánico en Isla Fuerte, Cartagena* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Valenciano, D. & Gutierrez, H. (2016). *Diseño del plan barrial de prevención, preparación y respuesta a emergencias para el barrio "NeivaYa" de la comuna 10 de la ciudad de Neiva*. (Tesis de pregrado). Corporación Universitaria Minuto de Dios, Neiva, Colombia.

DIRECTRICES PARA AUTORES

La Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación acepta trabajos inéditos. Todos los manuscritos deberán prepararse con un procesador de texto del tipo Microsoft office Word, se utilizará el tipo de letra Times New Roman, tamaño 12, con un interlineado doble o 2.0.

La Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación promueve la revisión anónima a doble ciego, por tal motivo el artículo debe presentarse ante el comité editorial de la revista, sin nombres del colectivo de autores.

Toda la información relacionada con los autores, la filiación institucional, el correo electrónico y el autor para correspondencia, debe ser condensada y/o diligenciada en los respectivos metadatos de la plataforma OJS, Open Journal System de la Revista Sennova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Los capítulos o secciones del artículo, se detallan a continuación:

Formato general del trabajo

Papel

- Tamaño carta/ papel 21.59 cm x 27.94 cm (8 1/2" x 11")

Espaciado

- Interlineado 2.0 y texto alineado a la izquierda, sin justificar.
- Sin espacio entre párrafos

Márgenes

- 2,54 cm/1 en toda la hoja
- Sangría: cinco espacios en la primera línea de cada párrafo
- Las tablas no tienen líneas separando las celdas

Título

Título en el idioma del texto: debe ser representativo del contenido. No exceder de 15 palabras.

Título traducido: si el título indicado está en español o portugués se agregará una traducción al idioma inglés. Si está en inglés se agregará una traducción al español o portugués.

Numeración de páginas

Debe realizarse en la parte inferior centrada en Times New Roman, tamaño 10.

Resumen – Abstract

Se debe condensar a manera de síntesis en un rango de 250 a 300 palabras, la información más relevante de la investigación (objetivo, metodología,

resultados y conclusiones). En él se describe el tipo de información y puntos principales que se encuentra en el trabajo de investigación,

Palabras clave – keywords

Identifican la temática desarrollada en el artículo sin repetir las palabras del título. Deben enunciarse entre cinco (5) y ocho (8), en español e inglés (Keywords). Se debe procurar que hagan referencia a los lineamientos de los Tesoros de la UNESCO.

Introducción

Es la carta de presentación del artículo de investigación o review, en ella se provee información suficiente para que el lector entienda el fundamento racional del estudio, es decir, el contexto del cual surge la investigación. Finaliza con el planteamiento del objetivo de la investigación.

Materiales y métodos

En este apartado se describe de manera sucinta cómo se hizo la investigación, el diseño del trabajo, la población o muestra y cómo se seleccionó, lugar y fechas inicial y final en que se realizó el estudio, así como los procedimientos, las variables y los métodos estadísticos utilizados para el análisis de los datos.

Resultados y discusión

Aquí se enuncian los hallazgos y las observaciones más relevantes mediante la presentación de datos concretos. Se destacan aquí también, los resultados más novedosos, así como su significado contrastado y/o comparado con los hallazgos reportados de otras investigaciones.

Conclusiones

Las conclusiones deben tener relación directa con el objetivo de la investigación y se exponen siempre respaldadas por los datos obtenidos. Se debe evitar incluir recomendaciones y finalmente, este apartado no aplica para los artículos de revisión o review.

Agradecimientos (opcional)

Se debe mencionar a las personas e instituciones que han prestado asesoría técnica, científica o estadística a la investigación y las fuentes de financiación

Referencias

La bibliografía debe citarse conforme se relacione con el cuerpo del documento, debe ir en orden alfabético y sin numeración alguna. Recuerde usar el estilo de la American Psychological Association (APA). Ejemplos de referencias.

Libro

Apellido, A. A. (Año). *Título*. Ciudad, País: Editorial.

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*, Barranquilla, Colombia: Crítica.

Capítulo de un libro

Apellido, A. A., y Apellido, B. B. (Año). Título del capítulo o la entrada. En A. A. Apellido. (Ed.), *Título del libro* (pp. xx-xx). Ciudad, País: Editorial.

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). Psychology of Liberation: Theory and applications. En J. L. Tapiero. (Ed.), *Electrones, neutrinos y quarks* (pp. 1-5). Barranquilla, Colombia: Crítica.

Artículos científicos

Apellido, A. A., Apellido, B. B. y Apellido, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen (número), pp-pp. doi: xx.xxxxxxx

Ejemplo:

Benitez, M. A. (2018). Psychology of Liberation: Theory and applications. *Electrones, neutrinos y quarks*, 2(1), 1-5. doi: <https://doi.org/10.23850/issn.2422-0582>

Periódico

Apellido, A. A. (Fecha). Título del artículo. *Nombre del periódico*, pp.

xx-xx

Ejemplo:

Benitez, M.A. (08 de febrero de 2018). Electrones, neutrinos y quarks. *El Espectador*, pp.1-2.

Tesis

Autor, A., & Autor, A. (Año). *Título de la tesis* (Tesis de pregrado, maestría o doctoral). Nombre de la institución, Lugar.

Ejemplo:

Benitez, M. A. & Tapiero, J. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*. (Tesis de maestría). Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.

Material electrónico

Apellido, A. (Año de publicación). *Título de la obra*. Recuperado de: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Ejemplo:

Benitez, M.A. (2018). *Electrones, neutrinos y quarks*. Recuperado de: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/recia>

Tablas

Las tablas son un recurso que debe permitir que el lector comprenda de manera fácil los datos que se van a contrastar. Se numerarán en forma consecutiva y con números arábigos. Se hará referencia a ellas desde el texto (Tabla 1, Tabla 2, etc.). Cada tabla deberá tener su propio título en la parte superior y en la

parte inferior la fuente (si es propia poner: Elaboración propia). En cada columna se indicará también el título de columna. Todas las tablas deben estar incluidas en el archivo de texto.

Tabla 1.
El título debe ser breve, pero claro y explicativo

Categoría	Categoría	Categoría	Categoría
Variable 1	XXXX	XXXX	XXXX
Variable 1	XXX	XXXX	XXXX
Variable 1	XXX	XXXX	XXXX
Variable 1	XXX	XXXX	XXXX

Fuente: Elaboración Propia

Figuras

Todas las ilustraciones (fotografías, diagramas, gráficos, dibujos, mapas, etc.) se designarán con el término figura y serán numeradas consecutivamente con números arábigos. Se hará referencia a ellas desde el texto (Figura 1, Figura 2, etc.). Cada figura deberá tener su propio título en la parte inferior al igual que la fuente (si es propia poner: Elaboración propia).

Todas las figuras deben estar incluidas en el archivo de texto. Las imágenes y fotos se reciben en alta definición y se deben enviar en un archivo aparte al del artículo o subir como un archivo complementario en la plataforma Open Journal System.

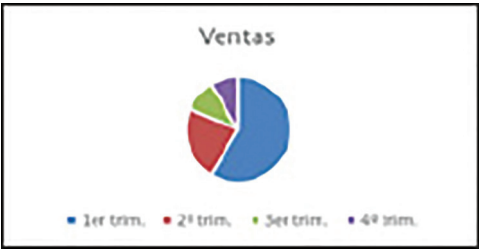


Figura 1. Titulo (Se debe indicar si la figura (imagen, gráfico) es propia o si se retomó de otra fuente. En caso de retomarse de otra fuente, se debe indicar autor, año y página (en la nota de figura) y posteriormente incluir la referencia completa en el apartado de referencias bibliográficas).

Unidades de medida

Se usarán las unidades del sistema métrico internacional. Las unidades se indicarán con los símbolos aceptados por la Oficina Internacional de Pesos y Medidas (<http://www.bipm.org/en/bipm/>), por ejemplo: cm, m, h, g, kg (centímetro, metro, hora, gramo, kilogramo). Nótese que son símbolos y no abreviaturas, de modo que no terminan en punto

Envío de manuscritos

El envío de documentos es responsabilidad del autor para correspondencia y se realiza exclusivamente a través de la plataforma Open Journal System. Los envíos deberán realizarse registrándose en la plataforma web, según se indica en los pasos a seguir del sistema.



Logros 2018:

- Número de grupos de Investigación categorizados: 73 con más de 2.500 investigadores.
- Número de grupos de semilleros: 392 con más de 4.500 aprendices.
- 580 contratos de aprendizaje SENNOVA.
- 166 artículos, libros y revistas publicados.
- 7 patentes apoyadas desde TecnoParque.
- 590 proyectos en ejecución vigencia 2018.
- 15 TecnoParques y 11 TecnoAcademias.
- Comisiones al exterior: 56 Instructores y 30 aprendices.
- 121 Empresas beneficiadas por el programa de Fomento para la vigencia 2018.
- 7.744 aprendices beneficiados en los Clubes de Ciencia 2018.