

Propuestas para mitigar el cambio climático en América Latina: caso Betétiva, Boyacá, Colombia

Néstor Perico-GranadosE-MAIL: Nestor.perico@uniminuto.edu.co

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Evelyn Carolina Medina-NaranjoE-MAIL: Evelyn.medina-na@uniminuto.edu.co

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Carolina Tovar-TorresE-MAIL: Carolina.tovar@uniminuto.edu.co

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO

Néstor Rafael Perico-MartínezE-MAIL: nr.perico10@uniandes.edu.co

Universidad de los Andes

RESUMEN

Es una investigación mixta con entrevistas a profundidad, rejilla de observación y diario de campo, con base en las propuestas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, y sobre su potencial desarrollo para Boyacá, Colombia. Se desarrollan las propuestas de la entidad y se precisan en cinco proyectos, que contribuyen a la sostenibilidad social, económica y ambiental: trinchos y terrazas; reforestación; reservorios; tajamares para regulación de aguas, y construcción de distrito de riego. Se ponen las posturas de unos líderes regionales, quienes quieren contribuir en la construcción de las obras, con la mano de obra no calificada. Se observaron las posibilidades de recursos para iniciar los diseños, construir unas de ellas e iniciar las otras en el periodo del 2024 al 2027.

PALABRAS CLAVE: *Cambio climático, Plan de desarrollo, Reforestación, Reservorios, Trinchos y terrazas*

Proposals to mitigate climate change in Latin America: Case Betétiva, Boyacá, Colombia

ABSTRACT

It is a mixed investigation with in-depth interviews, an observation grid and a field diary, based on the proposals of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, and on its potential development for Boyacá, Colombia. The entity's proposals are developed and specified in five projects, which contribute to social, economic and environmental sustainability: trenches and terraces; reforestation; reservoirs; cutwaters for water regulation, and construction of an irrigation district. The positions of some regional leaders are put forward, who want to contribute to the construction of the works, with unskilled labor. The resource possibilities were observed to start the designs, build some of them and start the others in the period from 2024 to 2027.

KEYWORDS: *Climate change, Development plan, Reforestation, Reservoirs, Trenches and terraces*

01 INTRODUCCIÓN

La investigación es útil a los ingenieros, profesionales, funcionarios municipales y a quienes tengan interés en mitigar el cambio climático y promover la sustentabilidad del planeta con sostenibilidad ambiental, social y

económica. En la tercera década del siglo XXI está la humanidad en la obligación de proponer acciones concretas para generar inflexiones y cambiar positivamente el rumbo para disminuir los efectos del calentamiento global (González-Gaudiano et al., 2022). Se requiere pasar a la acción y dejar de lado los diagnósticos apocalípticos del calentamiento global de la academia y de los gobiernos. Tuvo como objetivo la investigación hacer un análisis de los cinco principales aspectos, que a juicio de expertos de la Gobernación de Boyacá and FAO (1988) contribuyen a incrementar la producción, la productividad y los ingresos de los campesinos y a la vez aportan significativamente a mitigar el cambio climático, en una cuenca específica del río Chicamocha, denominada la cuenca de la quebrada de Otengá, en el municipio de Betétiva, Boyacá en Colombia. Tiene la virtud que se desarrolló con mucha participación de las comunidades, en varios cursos y talleres, en el diagnóstico y en las propuestas que se exponen.

Al respecto, contribuye la investigación en proponer elementos claves para la planeación de la inversión con acción estratégica de los recursos municipales y las transferencias, así como los que se puedan apalancar de otras instituciones y del gobierno nacional, para que los resultados se vean reflejados en la salud, bienestar y mejoramiento de todas las personas, especialmente las más vulnerables. La investigación parte de un caso específico, pero se puede extender a todas las poblaciones de media ladera que en América Latina se acercan al 50%, que requieren conservar los suelos y regular el agua. Al respecto, para Saldi and Petz (2015) la cantidad de cultivos, la producción y la productividad se llevan a cabo en función de la cantidad de agua disponible. Igualmente, si se trabaja comunitariamente los lazos entre vecinos se fortalecen y se ayudan en las actividades productivas y para ello son necesarios cimentar sólidos procesos educativos (Saldi & Petz, 2015).

En este sentido, en 1985 el Secretario de Planeación del departamento de Boyacá propuso un Proyecto a la FAO por un monto de 180 000 \$US. Hoy pueden ser cerca de 800 millones de pesos colombianos de 2024. En la investigación participaron cuatro técnicos internacionales: Jean Claude Griesbach de Francia, Doctor en Edafología, Hidrogeomorfología y Climatología; Julio Rea, de Bolivia, Magíster en Agronomía; José Munaiz de España, Magíster en desarrollo económico; Hernán Caycho, de Perú, Magíster en Sociología rural. El equipo lo completaron cuatro colombianos de calidades similares para construir conocimiento y transferencia de tecnología (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). Por las circunstancias de meteorización y erosión acentuadas, la producción es cada vez menor y la migración a las ciudades para buscar mejores oportunidades de vida se acentúa. En el año 1988 existían cuatro mil habitantes y hoy según el DANE solamente existen dos mil novecientos en el territorio en estudio. La población escolar igualmente cada vez se disminuye y los riesgos para cerrar centros escolares se avecinan, si antes no se hacen acciones concretas para que las personas tengan mejores oportunidades en el municipio.

Uno de los resultados del estudio fue el diagnóstico sobre erosión y recuperación de suelos para mejorar la agricultura y alimentación, en la cuenca de la quebrada de Otengá, desde el sitio de Las Puente hasta Cosgua, en la desembocadura en el río Chicamocha, del municipio de Betétiva. Este es un municipio que tiene en promedio dos mil cuatrocientos metros sobre el nivel del mar, con quince grados de temperatura y setecientos milímetros de lluvia al año en promedio, con una deforestación casi total y por consiguiente muy pocas fuentes de agua disponibles (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). Para Suárez-Díaz (2012) la prevención disminuye hasta en un 95% los desastres naturales y en este sentido, con respecto al cambio climático, siempre es mejor invertir en prevenir, dado que se pueden evitar pérdidas humanas, ambientales y económicas.

En los resultados se definieron unos aspectos claves para recuperar el agua y otros para recuperar los suelos. Con base en los análisis detallados de los expertos se encontró que con la ejecución del proyecto se incrementa en promedio entre el cien y el ciento treinta por ciento en producción, productividad e ingresos, para una población cercana a tres mil novecientos habitantes (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). En una visita de exploración y reconocimiento se observó que las condiciones siguen iguales, con tendencia al deterioro, dado que no se ha adelantado ningún tipo de proyectos de la naturaleza que se describe. ¿En este propósito se pregunta sobre las posibilidades de desarrollo de las propuestas para recuperar los suelos y regular el agua de forma natural y artificial? La metodología usada fue mixta dado que se utilizan cifras, estadísticas y a la vez se trabaja con entrevistas, diario de campo y rejillas de observación. Entre las propuestas que concretó la comisión de la FAO están las analizadas a continuación.

02 PROPUESTAS ANALIZADAS

En desarrollo de esta investigación, con base en las visitas, las entrevistas a profundidad y el diario de campo se encontraron que las personas del centro poblado y de las veredas coinciden con lo formulado por el proyecto de la Gobernación de Boyacá and FAO (1988) y privilegian los proyectos que pueden generar empleo, recursos económicos para su sostenibilidad y obras específicas que contribuyen a la sostenibilidad ambiental: trinchos y terrazas; reforestación con árboles nativos, frutales y exóticos; construcción de reservorios; ampliación de tajamares para desarrollar regulación de las aguas y construcción de un distrito de riego. Se ponen en citas y referencias a cuatro entrevistados, por espacio, pero se tomaron a doce personas, líderes de la comunidad. Con la implementación de estos proyectos se incrementa la humedad relativa, las áreas cultivadas, la disponibilidad del agua, su regulación natural y artificial y con ello se disminuyen las posibilidades de incendios provocados por el calentamiento global. Igualmente, con la regulación del agua se evitan en un alto porcentaje las avenidas torrenciales que causan fallecimientos de personas, pérdidas de animales y de enseres. Sin embargo, hasta entrada la tercera década del siglo XXI no han existido los recursos y la voluntad política para ponerlos en marcha. Con la nueva disponibilidad de presupuestos nacionales y de transferencias existe una buena opción para su ejecución total o parcial.

Al respecto, según González-Gaudio et al. (2022) aunque se hicieran todas las acciones necesarias para frenar el cambio climático, con base en los daños causados ya van a producir efectos negativos muy importantes a corto, mediano y largo plazo, con más impacto que los actuales. Entonces, el camino es educar en el cambio climático, hacer todo lo necesario y posible para evitar que se siga incrementando, pero a la vez desarrollar las actividades para la adaptación al mismo y a sus efectos. En este sentido, una de las rutas críticas es promover los estudios, diseños e implementación de las obras para la regulación natural del agua como la siembra y cuidado de árboles nativos y la construcción de reservorios y represas para almacenar el agua lluvia. Las obras hechas de forma apropiada disminuyen las posibilidades de incendios forestales y a la vez disminuyen los eventos de inundaciones y avalanchas.

Entre las acciones que deben promover los gobiernos y la academia para incentivar los procesos de sostenibilidad están los Bonos de carbono y las compensaciones voluntarias. Entre los primeros están la siembra y conservación de árboles, reciclar, reutilizar y procesar los residuos sólidos orgánicos. También se necesitan soluciones para mediano y largo plazo, pero se requiere que se inicie desde hoy mismo, con acciones educativas continuas y en los diferentes escenarios. En estos aspectos, conviene transformar los modos y los medios de producción para derivar en la construcción de un planeta fundamentado en la economía verde, con procesos, abonos e insumos naturales, producción y consumo centrado en la naturaleza, como procesos naturales renovables.

2.1. Elaboración de trinchos y terrazas

Son obras para recuperar los suelos, disminuir los sedimentos y mejorar la productividad. Se construyen con madera, guadua, metales u otros elementos de forma horizontal sostenidos por soportes verticales (Villadiego-Lorduy, 2020). Su efecto es el de transformar las laderas del terreno erosionado en terrazas con mínima pendiente para evitar que el agua siga lavando los finos y nutrientes y de esta manera se pueda seguir aprovechando el suelo para los procesos productivos. Así se evita que se siga el proceso de meteorización y queden descubiertas las estructuras rocosas y se tornen totalmente improductivas (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). Los trinchos y las terrazas en un principio sostienen el terreno, pero luego la misma vegetación se encarga de construir su retención con los esfuerzos que generan las raíces, al tiempo que se incrementa la fertilidad del suelo (Salazar-Gutiérrez & Hincapié-Gómez, 2013). Este tipo de obras se pueden construir con aportes gubernamentales y con la mano de obra comunitaria y para una mayor efectividad se necesita de procesos educativos constantes con la comunidad (Salazar-Gutiérrez & Hincapié-Gómez, 2013). Los trinchos y el terrazo se pueden desarrollar con el propósito de recuperar los suelos, pero la inversión tiene mayor rentabilidad si los terrenos recuperados se van a utilizar en procesos agrícolas. De lo contrario si solamente se pretende recuperar los suelos, la mejor inversión es llevar a cabo reforestación con especies nativas o exóticas de rápido crecimiento, como Nogales, Cedros, Nacederos, Robles, entre otros (Salazar-Gutiérrez & Hincapié-Gómez, 2013).

Al respecto, en Betéitiva las pendientes del terreno oscilan entre treinta y sesenta grados, con un promedio de cuarenta y cinco, en las siete veredas. Entonces, son terrenos aptos para promover el diseño y la construcción de trinchos y de terrazas tanto para la recuperación de los suelos como para la siembra de diferentes productos agrícolas y de frutales (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). Con muy pocas variantes y con bajas excepciones las características son parecidas en la totalidad de los municipios del departamento de Boyacá y más del cincuenta por ciento de las poblaciones de América del Sur, dado que el Continente lo atraviesa de Sur a Norte la estructura montañosa de Los Andes. En este sentido, es esencial como lo plantean Santana-Castro and Prehn-Garcés (2023) iniciar acciones concretas, dado que con el transcurrir del tiempo los eventos catastróficos, como incendios, remociones en masa e inundaciones, en Latinoamérica, generados por el cambio climático se incrementan en intensidad y en frecuencia. Entonces, es un deber proponer políticas públicas para comenzar a resolver estos problemas.

Al respecto, con estas obras los municipios pueden incrementar las áreas productivas para mejorar la seguridad alimentaria de estos países y contribuir parcialmente con mitigar el cambio climático. En este sentido, Pérez (2024), Cely and Cely (2024) y Vargas (2024) plantean que dadas las ventajas que ofrecen los trinchos y las terrazas, que permiten volver a la producción y productividad que se conoció en años anteriores, ellos están dispuestos a colaborar con mano de obra no calificada para adelantar estas obras y como líderes saben que los miembros de la comunidad harán lo mismo. La condición que ellos ponen es que el municipio o el gobierno nacional pongan la maquinaria y los materiales necesarios. Al respecto, los diseños son muy sencillos y para presentar el proyecto para obtener financiación del gobierno nacional, el municipio, a través de sus funcionarios pueden elaborar las memorias, los planos y demás requisitos que solicitan.

2.2. Reforestar con árboles nativos preferiblemente

Los árboles contribuyen en disminuir la presencia de CO₂ en el ambiente, lo convierten en oxígeno y acumulan carbono, y con ello ayudan a mitigar el calentamiento global y el cambio climático. Según Navarro-Navarro and Moreno Vázquez (2016) ellos prestan grandes beneficios ecológicos y servicios ambientales como la regulación de la temperatura, provee sombrío a otras especies vegetales y animales y regula los vientos. Ellos ayudan a formar suelo con las hojas que se desprenden, se convierte en humus y con ello almacenan el agua lluvia para convertirse en escorrentía en forma de quebradas o ríos y en agua subterránea que alimenta los acuíferos, que luego salen en los manantiales o llamados ojos de agua (Peirone-Cappri et al., 2020; Perico-Granados et al., 2021). Para la Gobernación de Boyacá and FAO (1988) es necesario en la cuenca reforestar con árboles nativos, exóticos y con frutales. Igualmente, ellos contribuyen en el aumento de la resistencia al corte de los suelos, en cerca del sesenta por ciento, para evitar deslizamientos y remociones en masa cuando se reforesta con Nacederos, Nogales u otros de raíces similares (Salazar-Gutiérrez & Hincapié-Gómez, 2013).

Las recomendaciones que hace la entidad es que se haga con nativos como Frailejones en las partes altas de más de dos mil novecientos metros. También con Romero, Guargueros, Mortiños, Alisos, Sauces, Mangles, Robles, Guayacanes, Cedros, Chicalás, Alcaparros, entre otros. Ellos contribuyen a la producción de humus (suelo) y a la retención, regulación e infiltración del agua, en las partes altas y pendientes de más de 45 grados para obtener recarga en acuíferos y quebradas. El agua no brota de la tierra, dado que ella sale por los acuíferos y que se ha infiltrado en los afloramientos en las partes altas. En este sentido, en los páramos y sitios altos vírgenes tiene hasta dos metros de capa vegetal con 1,8 m³ de agua por cada metro cuadrado y que se infiltra o baja en forma de escorrentía regulada (Perico-Granados et al., 2021).

Igualmente, la FAO recomienda sembrar árboles exóticos como la Acacia, el Eucalipto y el Pino para fijar el nitrógeno del aire en el suelo y así permite generar nuevos productos. Estos árboles ayudan a retener el suelo y contribuyen al crecimiento de sotobosque que construyen suelo y con su uso disminuye la presión en los árboles nativos. Sin embargo, le da un lugar especial a la reforestación con frutales para cumplir con casi los mismos propósitos. Adicionalmente, estos árboles contribuyen a la seguridad alimentaria de la región, genera empleo y produce ingresos económicos importantes (Navarro-Navarro & Moreno Vázquez, 2016).

Entonces, un segundo proyecto es reforestar con árboles nativos, con frutales y en unos casos para recuperar suelos con exóticos. Para Ponce-Vega (2015) es una forma de sembrar el agua en las partes altas y luego

cosecharla en los manantiales y ojos de agua. Al respecto, los gobiernos definen recursos para este tipo de obras y específicamente en el gobierno nacional existen recursos para que se puedan apalancar con proyectos cerca de 50 billones de pesos por cada uno de los cuatro años, específicamente para agricultura y alimentación (Congreso de Colombia, 2023). En las entrevistas se encontró que los habitantes pueden poner la mano de obra para la siembra de los árboles y se pueden comprometer a sembrar y cuidar cinco árboles nativos por cada árbol frutal que se les entregue (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024; Vargas, 2024).

Igualmente, Pérez (2024), Cely and Cely (2024) y Vargas (2024) proponen que se hagan talleres y cursos con los estudiantes, padres de familia y profesores del colegio, para que exista mayor responsabilidad en su cuidado posterior. Igualmente plantean que se exima del Impuesto predial por diez años, para quienes siembren entre el cuarenta y cincuenta por ciento de sus predios con árboles nativos, que siempre es deseable que se haga en los terrenos de sus predios con mayor pendiente. El Municipio puede sobre esos árboles redimir los bonos de carbono. En este sentido, los funcionarios del municipio pueden elaborar un mapa con los predios de las partes altas y cabeceras de drenajes para precisar la cantidad de árboles nativos que se pueden sembrar en esos sitios, toda vez que son terrenos erosionados y sobre los cuales paralelamente se pueden presentar también para bonos de carbono. El municipio puede presentar los formularios de este proyecto.

2.3. Reservorios

Los reservorios son depósitos de agua hechos artificialmente para usar el líquido en riego de cultivos o para uso doméstico. Se pueden hacer para uso comunitario o para uso individual y puede tener diferentes formas y tamaños. Están los diseñados desde cinco, diez y veinte metros cúbicos, aunque en diferentes países se han construido hasta de cincuenta mil metros cúbicos, con construcción y uso comunitario (Marcos & Álvarez, 2016). Según Ponce-Vega (2015) estas obras hidráulicas en conjunto con sus complementos en América Latina se han construido desde antes de la llegada de los españoles y se hicieron para riego y para consumo, en unos casos con cubiertas para disminuir la evaporación.

Es importante precisar que Zubieta et al. (2020) expresan la preocupación al ver las tendencias negativas frente a las cantidades de agua en el altiplano, con el transcurrir del tiempo, con disminuciones de 0,7 milímetros de lluvia por cada año, incremento de las temperaturas con 0,04 grados centígrados en el mismo periodo y evapotranspiración que aumenta cerca de 70 milímetros en los periodos secos. Entonces, una opción con carácter de urgente para disminuir el estrés hídrico es la construcción de reservorios para almacenar las aguas lluvias y regular su afluencia. Se requiere iniciar ya, dado que de lo contrario se siguen desertificando los terrenos, con todas las consecuencias que de ello se derivan.

Los suelos apropiados para construir reservorios son los arcillosos porque disminuyen las posibilidades de infiltración y como consecuencia los costos, dado que se evitan los geotextiles para el recubrimiento. En las entrevistas se encontró que los habitantes pueden colaborar en la mano de obra para los canales de llamada, desarenadores, vertederos y en la cerca para la seguridad de personas y animales. Igualmente, en poner el terreno que se requiera para su construcción. Existen varios reservorios construidos por sus habitantes y han comprobado su gran utilidad para recoger agua y usarla de diferentes maneras. Sin embargo, igual que en la construcción de los trinchos el municipio o el gobierno nacional pongan la maquinaria y los materiales. Ellos se comprometen al mantenimiento de los desarenadores y demás obras que lo requieran (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024; Vargas, 2024).

En las visitas y en las entrevistas los habitantes observan que los terrenos de todas las veredas son aptos para reservorios, tanto como en los demás municipios asentados en la Cordillera de Los Andes, porque están a media ladera, evitan cortes innecesarios y facilitan compensación de terraplenes y se puede incrementar los volúmenes para almacenar con menor costo. Se encontró que con la experiencia que los habitantes tienen saben que sus terrenos son apropiados porque tienen un alto contenido de arcillas, aspectos que disminuye la posibilidad de infiltraciones (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024). Los entrevistados consideran que sí se requiere de más talleres y cursos para el trabajo en equipo y para que desde la construcción y en el proceso de la administración de los reservorios siempre haya claridad, cooperación, colaboración y armonía. Al respecto, los diseños de los reservorios son relativamente sencillos, que de igual forma que los proyectos anteriores los pueden hacer el

municipio directamente o puede elaborar los términos de referencia para su elaboración.

2.4. Tajamares múltiples a lo largo de la quebrada de Otengá

En la quebrada de Otengá hoy solamente se desvía el caudal medio y mínimo sin regular una gota de agua lluvia. Adicionalmente, con el paso del tiempo disminuyen los caudales medios y mínimos, pero en los periodos de lluvias se incrementan los máximos porque los tiempos de concentración son menores, dado que hay cada vez menos vegetación que ayude a la infiltración y a la retención del agua (Zubieta et al., 2020). Entonces, una opción técnica es embalsar el agua lluvia, con tajamares o presas de mayor altura y con ello se regula y se aprovecha para las épocas de pocas lluvias. Se complementan los proyectos con riego por aspersión o por goteo, porque el que se hace por inundación es el más ineficiente y dañino para las tierras y para su productividad. En estos embalses se pueden usar las descargas de fondo, para regular con válvulas mecánicas y para conducir a las tuberías que permitan ampliar el área de aprovechamiento de cultivos.

Los embalses con descarga de fondo evitan la colmatación de sedimentos, pero también se pueden construir desarenadores en cada uno aguas arriba para el mismo propósito. A estas obras es necesario hacer el mantenimiento periódico. En el trayecto visitado permite hacer cerca de diez a doce presas con las alturas adecuadas para regular un buen porcentaje de las aguas lluvias. Entonces, con la elaboración de los proyectos como presas, con las especificaciones técnicas, es posible incrementar de forma sustancial las áreas para cultivos y para frutales y con ello se genera empleo, ingresos para sus habitantes y se están haciendo obras muy importantes que contribuyen a mitigar el cambio climático.

Se encontró que los habitantes del municipio son conscientes que los nuevos proyectos de riego se lleven a cabo por aspersión o por goteo para evitar el de inundación, que se sigue usando hasta el momento. Ellos expresan que se pierde mucha agua, como se hace hoy, y daña las tierras. En cambio, si se lleva por tubería y se hace el riego de las formas señaladas se ahorra agua y se incrementa en un alto porcentaje las áreas que se pueden regar (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024). Al respecto, se ha encontrado que en promedio se inunda el terreno cerca de tres metros, para que el agua avance y por aspersión se riegan los diez centímetros necesarios para los cultivos, pastos y forrajes. Cuando el proceso se hace por goteo el rendimiento se multiplica mucho más para frutales como: tomate de árbol, feijoa, chirimoyas, uchuvas, aguacates y guayabas, entre otros árboles que se pueden cultivar en varios sitios del municipio. Entonces, se incrementa el cultivo y consumo de frutales y se pueden montar agroindustrias. En los casos que sea indispensable hacer la conducción por canales, deben estar revestidos en concreto para evitar las infiltraciones.

Con la construcción de estas obras se pueden ampliar las opciones para montar pisciculturas, desde la parte alta, en el sector de Las Puentes, como lo plantea el estudio de la Gobernación de Boyacá and FAO (1988). Se hacen con obras de desvío, con el caudal necesario, de acuerdo al tamaño de la piscifactoría (Gobernación de Boyacá & FAO, 1988). Entonces, para tener estas nuevas oportunidades es urgente sembrar el agua en las partes altas, con reforestaciones, principalmente con árboles nativos y promover su regulación natural y artificial. Quienes participaron en las entrevistas en todas las posibles obras para diseñar y construir insisten en necesidad de trabajar con las comunidades, con talleres y cursos para cimentar mucho más el trabajo en equipo, la colaboración y la solidaridad (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024). En este sentido, dada su especialidad el municipio puede hacer los términos de referencia para que se pueda contratar los estudios y los diseños que corresponden.

2.5. Distrito de Riego del río Chicamocha

Por las circunstancias descritas de la erosión y sus consecuencias doscientos cincuenta usuarios han emprendido una labor asociativa, con legalización de sus documentos, para promover y construir un distrito de riego. En el estudio preliminar se toma el agua del río Chicamocha, cerca al sitio de la Higuera y allí lleva un caudal medio de seis metros cúbicos. Con base en los potenciales usuarios, para cerca de mil doscientas hectáreas, para distintos cultivos y con el tipo de suelo se prevén mil litros por segundo de caudal para tomar. En predios de La Higuera se puede construir la laguna de oxidación para el tratamiento del agua, dado que supera los límites establecidos en Sólidos suspendidos, Coliformes totales y Fósforos totales, datos tomados de la estación San Isidro, sobre el río Chicamocha, cerca al sitio mencionado (Perico-Granados et al., 2024).

En el mismo estudio preliminar se propone una estación de bombeo y una conducción de cerca de ochocientos metros en tubería de excelente calidad, enterrada para evitar daños por la presión del bombeo. Existen ofrecimientos para ceder los lotes para las diferentes obras de bombeo y tanque de almacenamiento y los permisos para enterrar la tubería. El tanque tiene unas dimensiones preliminares de $50 \times 50 \times 2,5 = 6\,250 \text{ m}^3$. La propuesta se complementa para llevar el agua en tubería de distribución y desarrollar el proyecto por aspersión, en unos casos y en otros, como los frutales, por goteo. Así será posible volver a sembrar trigo, cebada, alfalfa, maíz y frutales como la uchuva, tomate de árbol, feijoa y en las partes más cálidas, guayaba, aguacate Hass, chirimoya, entre otros.

Para este proyecto, como para todos los analizados con los habitantes, ellos tienen interés en colaborar con la mano de obra no calificada, por parte de los usuarios potenciales de cada obra (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024). Entonces, la tarea prioritaria es la de elaborar los estudios y los diseños de las obras descritas, con sus actuales funcionarios y otras por delegación contractual. Se necesita en el municipio un técnico con capacidad gerencial que apoye al alcalde, de tiempo completo y conocimientos para ello, para orientar los proyectos. Para cumplir con su plan de gobierno en agosto deberá estar llevando los proyectos a los ministerios respectivos y al Departamento de Planeación, para obtener su aprobación. De esta manera, el municipio contribuye a la sustentabilidad con sostenibilidad social, económica y ambiental y con una inversión relativamente pequeña puede apalancar recursos que le representan cerca del diez mil por ciento.

2.6. Talleres y cursos para el trabajo en equipo y líneas de inversión

La totalidad de los entrevistados proponen la ejecución de cursos y talleres para promover el trabajo en equipo, para la colaboración de la construcción de las obras analizadas y con mayor razón para su administración y funcionamiento (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024). El trabajo de los expertos de la Gobernación de Boyacá and FAO (1988) tuvo un componente importante en talleres con todas las comunidades, tanto para el diagnóstico como para la formulación de propuestas. Sin embargo, dado que muchos de los integrantes de sus comunidades ya no están, quienes hoy participan y vivieron esos momentos, si están muy interesados en que se lleven a cabo nuevamente los talleres descritos, porque facilitan mucho el trabajo en equipo, la participación y el compromiso con todo el proceso.

El gobierno nacional en el plan de desarrollo tiene varias líneas de inversión para el sector rural y que quieren fortalecer los procesos agrícolas e incrementar la seguridad alimentaria (Congreso de Colombia, 2023). Entre estas se encuentran el Desarrollo social: educación rural; Infraestructura y adecuación de tierras; Producción agropecuaria y Economía solidaria y cooperativa; Conservación de la biodiversidad y restauración de los ecosistemas para la resiliencia climática; Inclusión productiva y financiera de pequeños y medianos productores rurales; Promoción de la agroindustria sostenible y de la agricultura y ganadería regenerativa; Compra, acceso, ordenamiento, regularización y uso productivo del suelo rural; Agua potable y saneamiento básico; Acceso físico y económico para la disponibilidad y adecuación de los alimentos, y Ordenamiento territorial alrededor del agua y gobernanza para la resolución de conflictos territoriales, sociales, productivos, ambientales, y la adaptación climática. Con la sumatoria de los diferentes rubros se acerca a sesenta billones de pesos anuales (Congreso de Colombia, 2023). Entonces, es un deber de los municipios elaborar los estudios y diseños para apalancar los recursos del presupuesto nacional y que el sector rural requiere.

03 ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS

Los proyectos relacionados contribuyen a la sustentabilidad, específicamente a la sostenibilidad social, económica y ambiental: trinchos y terrazas; reforestación con árboles nativos, frutales y exóticos; construcción de reservorios; ampliación de tajamares para desarrollar regulación de las aguas y construcción de un distrito de riego. Todos se enmarcan dentro de las propuestas que desarrolló en sus cursos y talleres y luego dejó como recomendaciones el Convenio de la Gobernación de Boyacá y la Gobernación de Boyacá and FAO (1988). Igualmente, los proyectos están dentro de las opciones que enmarca el Plan de desarrollo (Congreso de Colombia, 2023). Según González-Gaudiano et al. (2022) además de educar sobre el cambio climático es una necesidad urgente

formar para la adaptación al mismo, específicamente con acciones concretas, que permitan a las personas tener un bienestar, a pesar de los cambios por el calentamiento global.

Las propuestas de construcción de trinchos y reforestaciones con árboles nativos, frutales y exóticos fueron analizados y recomendados en el estudio de la Gobernación de Boyacá and FAO (1988). Para Salazar-Gutiérrez and Hincapié-Gómez (2013) las terrazas y los trinchos son una de las mejores soluciones para disminuir la formación de cárcavas, el arrastre de sólidos y la desertificación de los terrenos y paralelamente mejoran la producción. En el mismo sentido, la siembra de árboles, especialmente vernáculos y frutales, es una necesidad impostergable, dado que es la forma apropiada para sembrar el agua y cosecharla en diferentes momentos por escorrentía, manantiales, embalses, reservorios y distritos de riego (Navarro-Navarro & Moreno Vázquez, 2016; Peirone-Cappri et al., 2020). Igualmente, los árboles permiten disminuir las posibilidades de inundaciones por la regulación e infiltración que ellos generan sobre el agua (Perico-Granados et al., 2021).

Según Marcos and Álvarez (2016) los reservorios y los tajamares son un mecanismo muy importante para almacenar el agua, a pesar que se han utilizado hace mucho tiempo, hoy siguen vigentes. Igualmente, para Ponce-Vega (2015) ellos contribuyen a la gestión del recurso, especialmente para aliviar el estrés hídrico que produce su ausencia en las épocas de pocas lluvias. También, Saldi and Petz (2015) plantean que los reservorios se deben privilegiar frente al uso del agua subterránea, tanto por costos como por facilidad para su explotación, pero especialmente porque permite que le llegue a muchas más personas. Igualmente, Suárez-Díaz (2012) y Santana-Castro and Prehn-Garcés (2023) expresan que es un deber gestionar el riesgo para evitar los desastres que causan, cuando los eventos se producen y las obras descritas permiten regular el agua tanto de forma natural con las reforestaciones, como artificial con la construcción de las obras.

Estos proyectos junto a la construcción de distritos de riego permiten incrementar la seguridad alimentaria y ayudan a la recuperación del ambiente para el bienestar de las personas (Villadiego-Lorduy, 2020). De la misma forma, es una manera de tomar precauciones ante las posibilidades de disminución con valor absoluto de las lluvias y el incremento de la temperatura, a lo largo del tiempo, desde las mediciones con el calentamiento global (Zubieta et al., 2020). Entonces, son acciones que comprometen al alcalde y a los secretarios del municipio, concejales y líderes de la población. En las entrevistas se encontró que las personas están dispuestas a poner la mano de obra no calificada y el municipio, a través de los proyectos que consiga los recursos, pongan la maquinaria y los materiales (Cely & Cely, 2024; Pérez, 2024).

04 CONCLUSIONES

Los estudios elaborados por el Convenio de la Gobernación de Boyacá y por la FAO fueron hechos de manera rigurosa y se consultó a las diferentes comunidades tanto para elaborar los diagnósticos, como para hacer las propuestas de las obras que se deben implementar, para mitigar el cambio climático, incrementar la producción y la productividad y los ingresos de las personas. Entonces, es un análisis que lleva a unas propuestas que se deben poner en práctica lo antes posible.

Los trinchos, las reforestaciones y los reservorios son acciones que en un alto porcentaje los puede emprender por administración directa el municipio y sus resultados pueden ser aportes como cofinanciación para apalancar con más facilidad el complemento de estas mismas obras como los tajamares y el distrito de riego. Al respecto, el municipio puede convocar a los usuarios y motivar y aprovechar el interés de ellos para emprender la construcción de estas obras.

A partir del plan de desarrollo y con el presupuesto del año 2024 se pueden poner los recursos para los diseños de los tajamares y del distrito de riego del río Chicamocha. Así se pueden apalancar los dineros necesarios con el gobierno nacional, a partir de los aportes que éste tiene dispuestos para la agricultura y la alimentación, específicamente para los sectores rurales. Entonces, las autoridades locales pueden convocar a las comunidades para precisar junto al concejo municipal las prioridades para las obras de producción de alimentos, regulación del agua y aportes a la sustentabilidad del planeta con sostenibilidad social, económica y ambiental.

05 REFERENCIAS

- Cely, O., & Cely, V. (2024). Entrevista a profundidad para conocer su perspectiva sobre las obras para la recuperación del suelo y del agua en betétiva [Entrevista].
- Congreso de Colombia. (2023). Ley 2294: Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022-2026 "colombia potencia mundial de la vida". <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/portalDNP/PND-2023/2023-05-04-plan-plurianual-de-inversiones-2023-2026.pdf>
- Gobernación de Boyacá & FAO. (1988). *Control de la erosión y recuperación y manejo de suelos en el departamento de boyacá* (tech. rep. No. TCP/COL/6754(A)). FAO.
- González-Gaudio, E., Bello-Benavides, L., & Ochoa-Martínez, C. (2022). Educación y comunicación para el cambio climático en la escuela complutense latinoamericana. un análisis del antes y el después del curso. https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/14078/1/XIICongreso_AEC_GonzalezGaudio.pdf
- Marcos, J., & Álvarez, S. (2016). Campos de camellones y jagüeyes en ecuador: Una visión integral desde la arqueología al presente socioambiental. *ISSN 1850-373X*. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-373X2016000100002
- Navarro-Navarro, L., & Moreno Vázquez, J. (2016). Cambios en el paisaje arbolado en hermosillo: Escasez de agua y plantas nativa. *Región y Sociedad*, 28(67). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252016000300079
- Peirone-Cappri, L., Torres, R., & Estrabou, C. (2020). Reforestar en áreas agrícola-ganaderas: Un estudio de caso evaluando el desempeño de dos especies nativas del espinal. *Bol. Soc. Argent.*, 55(4). <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n4.29183>
- Pérez, A. (2024). Entrevista a profundidad para conocer su perspectiva sobre las obras para la recuperación del suelo y del agua en betétiva [Entrevista].
- Perico-Granados, N., Acosta-Castellanos, P., Tovar-Torres, C., & Medina-Naranjo, E. (2024). Propuesta preliminar del distrito de riego en betétiva [Documento en prensa].
- Perico-Granados, N., Arévalo-Algarra, H., Reyes, C., Perico, C., Vera-Guarnizo, M., & Monroy, J. (2021). Sitios de inundaciones causadas por los ríos la vega y jordán, tunja (boyacá). *Tecnura*, 25(67). <https://doi.org/10.14483/22487638.15248>
- Ponce-Vega, L. (2015). Puquios, qanats y manantiales: Gestión del agua en el Perú antiguo. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 12(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722015000300002
- Salazar-Gutiérrez, L., & Hincapié-Gómez, É. (2013). Conservación de suelos y aguas. In *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (pp. 285–320, Vol. 1). Cenicafe. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4325/1/cenbook-0026_13.pdf
- Saldi, L., & Petz, I. (2015). Aguas ajenas, tierras extrañas. desigualdad hídrica al sur de la cordillera de los andes en mendoza (argentina) a principios del siglo xxi. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 12(75). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr12-75.aate>
- Santana-Castro, M., & Prehn-Garcés, C. (2023). Plan de contingencia ante el fenómeno de el niño en la ciudad de chone. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XLIV(2). <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/629/529>
- Suárez-Díaz, J. (2012). *Análisis geotécnico. tomo i. Erosión*. <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico/>
- Vargas, A. (2024). Entrevista a profundidad para conocer su perspectiva sobre las obras para la recuperación del suelo y del agua en betétiva [Entrevista].
- Villadiego-Lorduy, J. (Ed.). (2020). *Alternativas de sostenibilidad ambiental para comunidades en el departamento de córdoba*. UPB. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/7240>

Zubieta, R., Laqui, W., & Lavad, W. (2020). Modelación hidrológica de la cuenca del río ilave a partir de datos de precipitación observada y de satélite, periodo 2011-2015. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 9(5). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222018000500085&script=sci_arttext

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto de interés de alguna naturaleza.

ORCID de los autores

Néstor Perico-Granados	https://orcid.org/0000-0003-1768-793X
Evelyn Carolina Medina-Naranjo	https://orcid.org/0009-0001-2942-8516
Carolina Tovar-Torres	https://orcid.org/0000-0003-3019-9092
Néstor Rafael Perico-Martínez	https://orcid.org/0000-0003-1834-914X