

# Nature-Based Solutions (NbS) case Arbeláez, Cundinamarca, Colombia

Castiblanco-Venegas Yeismy Amanda, Doctora en Comunicación, Lenguajes e Información<sup>1</sup>, Rincón-Arias Carlos Andrés, Magister en Geografía<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, yeismy.castiblanco@campusucc.edu.co

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Colombia, caarincon@unal.edu.co

**Abstract**– *The project conducted in the Vereda Tiscince, Arbeláez, Colombia, aimed primarily at implementing Nature-Based Solutions for water harvesting. To carry out this initiative, a soil study was conducted, which included mapping, followed by the implementation of practices such as the creation of infiltration trenches and the establishment of a water retention area.*

*Preliminary results from the project reveal a significant impact on the environment, as evidenced by the landscape analysis, which facilitated water infiltration through capillary rise. This process has notably contributed to soil improvement, creating favorable conditions for the growth of fruit trees and native plants.*

*A notable aspect of the project is the positive response observed in local biodiversity, with the presence of macroinvertebrates and birds. Finally, reflections are proposed that, within the context of environmental governance, emphasize the importance of collaboration among various stakeholders, including institutions, communities, and businesses, to achieve comprehensive and sustainable water resource management from a local and applied perspective, thus strengthening the foundations of democratic administration and environmental mandates.*

**Keywords**– *Nature-Based Solutions; Water Harvesting, Peasant Knowledge; Holzer Lakes*

**Resumen:** *El proyecto realizado en la Vereda Tiscince, Arbeláez, Colombia, tuvo como objetivo principal la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza para la recolección de agua. Para llevar a cabo esta iniciativa, se realizó un estudio del suelo, que incluyó mapeo, seguido de la implementación de prácticas como la creación de trincheras de infiltración y el establecimiento de una zona de retención de agua.*

*Los resultados preliminares del proyecto revelan un impacto significativo en el medio ambiente, evidenciado por el análisis del paisaje, que facilitó la infiltración de agua mediante la subida capilar. Este proceso ha contribuido notablemente a la mejora del suelo, creando condiciones favorables para el crecimiento de árboles frutales y plantas nativas.*

*Un aspecto notable del proyecto es la respuesta positiva observada en la biodiversidad local, con la presencia de macroinvertebrados y aves. Finalmente, se proponen reflexiones que, en el contexto de la gobernanza ambiental, enfatizan la importancia de la colaboración entre diversos actores, incluidas instituciones, comunidades y empresas, para lograr una gestión integral y sostenible de los recursos hídricos desde una perspectiva local y aplicada, fortaleciendo así las bases de la administración democrática y los mandatos ambientales.*

**Palabras clave:** *Soluciones Basadas en la Naturaleza; Recolección de Agua; Conocimiento Campesino; Lagunas Holzer*

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se ha desarrollado en la Vereda Tiscince del municipio de Arbeláez, región de Sumapaz, departamento de Cundinamarca, en la zona Andina de la República de Colombia. Se encuentra en una altura entre 1250 y los 1300 metros sobre el nivel del mar. Con una temperatura media de 22 C°. En términos ecológicos, se emplaza el bosque-subandino que se constituye como una zona de transición entre el bosque tropical y los ambientes de alta montaña, lo que permite una gran biodiversidad.

En las zonas rurales colombianas, es común encontrar prácticas de agricultura; ganadería intensiva/extensiva; proyectos industriales como minería a grande o baja escala, así como legal e ilegal; extracción de hidrocarburos; y explotación forestal, que llevan a la pérdida de cobertura vegetal original, generado procesos de fragmentación del paisaje, pérdida de biodiversidad, de suelos y contaminación de los cuerpos de agua como humedales, nacimientos, ríos y quebradas.

El sector industrial y el agrícola son los principales usuarios de agua, consumiendo el 22% y el 70% del total, respectivamente [27]. Ambos sectores emplean tecnologías poco eficientes, lo que resulta en grandes cantidades de agua desperdiciada. Específicamente en la región del Sumapaz, ubicada en el altiplano andino de la región central de Colombia, las actividades económicas que tienen mayor impacto en el recurso agua son la agricultura convencional y la ganadería intensiva; estas a su vez, representan las principales formas de producción tanto externa, de comercialización de productos, como interna, de abastecimiento familiar [3].

Respecto a las actividades agrícolas, muchas de estas asociadas a sistemas de monocultivo, recurren al uso constante de fertilizantes y pesticidas de origen industrial para el control de plagas y el mejoramiento de los cultivos, así como al uso

indiscriminado de agua y la deforestación que cumpla con características de monocultivo [16].

Muchos de los subproductos asociados a la agricultura, son vertidos directamente sobre los cuerpos de agua debido al lavado por escorrentía, o por la infiltración a las aguas subterráneas, lo que manifiesta la saturación de metales pesados y otros compuestos que afectan directamente su calidad y potabilidad.

Respecto a la ganadería intensiva se presentan varios efectos que vinculan al suelo y a las aguas. Por un lado, la potrerización y homogenización de los ecosistemas [14], lo que atrae el descapote de varios sectores elevando la temperatura entre uno y dos grados centígrados en comparación con zonas de bosque primario y/o secundario.

Por otro lado, la compactación de los suelos debido a la huella de bovino, disminuye la capacidad de infiltración del agua pluvial y de escorrentía por generación superficial que determina la erosión o pérdida parcial del suelo [14], causando la disminución de los caudales subterráneos y la pérdida de nutrientes por lavado y por ende en la productividad y aceleración de procesos erosivos que pueden devenir en movimientos masales.

Finalmente, el nulo manejo de las excretas del ganado genera por la acción de las aguas de escorrentía una gran cantidad de bacterias coliformes fecales que se disuelven directamente en las aguas superficiales como quebradas, lagunas y humedales, donde se colectan las aguas para el riego y el consumo humano, generando problemas graves de salubridad [17].

Es así como ésta alta presión antrópica produce la reducción de las funciones y beneficios de los ecosistemas, lo que, sumado a un precario sistema de purificación y tratamiento de las aguas, genera una insostenibilidad del recurso en el espacio y en el tiempo, lo que produce escenarios constantes de racionamiento y aparición de enfermedades de salud pública asociadas a aguas no potabilizadas [6].

A nivel internacional se impone el paradigma de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), estas buscan resolver los conflictos y riesgos ambientales a partir de las propias funciones y beneficios que aportan los ecosistemas. Este nuevo enfoque de intervención busca diseñar estrategias que potencien, en este caso, la capacidad de producción, depuración y almacenamiento de agua, partiendo de los mismos procesos de los sistemas naturales y realizando arreglos espaciales con uso mínimo de infraestructuras industriales o sintéticas.

Por lo anterior, y como una forma de hacer frente a las problemáticas de agua en la ruralidad, se propone realizar desde las SbN un ejercicio de zanjas de infiltración y de zona

de retención y captación de agua, para asegurar la producción de agua en un predio ubicado en la vereda Tiscince del Municipio de Cundinamarca, Colombia, acercándonos a repensar una soberanía hídrica.

## II. MARCO TEÓRICO

Los problemas de agua en el mundo son parte de los desafíos planetarios que se afrontan como humanidad. Según información proporcionada por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), más de mil millones de individuos en todo el globo habitan en regiones con escasa disponibilidad de agua. Proyecciones indican que para el año 2025, esta cifra aumentará de manera significativa, afectando a más de 3,500 millones de personas que podrían enfrentar la escasez de este recurso vital [27]. La demanda mundial de agua continúa su crecimiento, anticipándose un aumento del 20% al 30% por encima de los niveles actuales para el año 2050, principalmente en los sectores industrial y doméstico. Alrededor de 4,000 millones de personas experimentan una grave escasez de agua al menos un mes al año, y esta situación se agravará debido al impacto climático y al incremento en la demanda [28].

Los desafíos que se presentarán en las próximas décadas están asociados al crecimiento demográfico proyectado por la UNFP [27] en más de 9.5 millones de personas. Este aumento representa una mayor demanda de servicios, industria y urbanización, factores que contribuirán a la contaminación y la disminución de los cuerpos de agua a nivel mundial.

Por otra parte, los efectos del cambio climático también influyen en los ciclos hidrológicos, generando impactos significativos. La reducción y recarga de acuíferos se verá aún más afectada, ya que parte de la precipitación queda retenida y se evapora en el suelo y la vegetación, sin llegar a ríos u otras fuentes de agua superficiales o subterráneas [21]

Estos datos indican que la presión sobre los ecosistemas acuáticos está en constante aumento debido a factores como la creciente contaminación, la crisis climática y el uso desmedido de este recurso vital. A continuación, se detallan algunos de los desafíos y riesgos que la humanidad enfrenta ante los problemas relacionados con el agua en las próximas décadas:

Colombia, con sus abundantes recursos hídricos de 2.132 km<sup>3</sup> y una disponibilidad de 46.000 m<sup>3</sup> por persona, se destaca entre los países con mayores fuentes de agua, atribuido principalmente a la presencia del Amazonas y sus numerosos afluentes, así como diversos cuerpos de agua a lo largo del territorio nacional [20]. No obstante, el país no escapa a los desafíos globales en la gestión del agua, lo que impacta directamente en la cantidad y calidad del suministro de agua potable para la población.

Particularmente, las comunidades rurales enfrentan dificultades significativas en el acceso al agua debido a la falta de infraestructuras adecuadas y a la débil capacidad institucional. Las limitaciones en la movilización de recursos nacionales y las asignaciones presupuestarias contribuyen a obstaculizar la garantía del derecho humano esencial al agua y al saneamiento básico.

En regiones como el Sumapaz, que incluye el municipio de Arbeláez y las cuencas de la zona Andina, se experimentan serios problemas de disminución de caudales, con descensos superiores al 10% en épocas de verano [7]. Además, la calidad del agua en el Sumapaz se ve comprometida por la presencia de coliformes totales, bajo contenido de oxígeno disuelto y vertimientos incontrolados de aguas residuales y residuos sólidos, resaltando la urgencia de abordar estos desafíos en la gestión hídrica [7].

Es fundamental desarrollar y comprender procesos comunitarios para la gestión colectiva del agua, un recurso vital. La formación en su manejo y conservación es crucial para la sostenibilidad y para desafiar modelos de desarrollo tradicionales [17]. Prácticas como la siembra de agua, dentro de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), son esenciales para recolectar aguas pluviales y recargar acuíferos, mejorando la resiliencia agrícola y la seguridad alimentaria [13]. La gestión sostenible del agua es clave para mitigar los efectos del cambio climático y garantizar su disponibilidad para la agricultura en áreas vulnerables.

### Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) constituyen estrategias que se apoyan en los ecosistemas y sus funciones para abordar desafíos ambientales, como el cambio climático, la soberanía alimentaria, la seguridad hídrica y los riesgos naturales [26], son cruciales, siendo la conservación y gestión de los sistemas hídricos un ejemplo valioso con beneficios ambientales, sociales y económicos, como el control de inundaciones, retención de sedimentos, absorción de contaminantes, captura de carbono y proporcionando hábitat para la flora y fauna [23].

Para la Unión Europea son acciones inspiradas en la naturaleza que son rentables y ofrecen beneficios ambientales, sociales y económicos a través de intervenciones adaptadas localmente, destacando la eficiencia en el uso de recursos [15]. La Unión Internacional de Conservación Natural subraya principios fundamentales, basados en la conservación de la naturaleza y la biodiversidad, con implementación autónoma o integrada a nivel local y de paisaje, priorizando la diversidad biológica y cultural con la participación transparente y activa de las comunidades [15].

#### a. Zanjas de Infiltración

Se trata de excavaciones en el terreno dispuestas en canales con formas rectangulares o trapezoidales, destinadas a frenar el flujo de agua de las lluvias y almacenarla para uso en pastizales o cultivos. Al reducir la pendiente, disminuyen los riesgos de escorrentías extensas, protegiendo el suelo de la erosión en periodos lluviosos [24]. Así mismo, favorecen la infiltración y recarga de manantiales subterráneos, presentándose como estrategia para controlar la erosión en laderas con pendientes entre el 10% y el 40%, al promover el rápido crecimiento de plantas que estabilizan el terreno y protegen el suelo.

#### b. Zona de retención y captación de agua (Lagos de Holzer)

Son áreas compactas donde se encuentran diferentes inclinaciones, facilitando la retención gradual del agua de lluvia. Esta agua se infiltra de manera progresiva, restableciendo el equilibrio hídrico y recargando los depósitos de agua subterránea a través de superficies semipermeables [19]. Se configuran como pequeñas estructuras, empleando los materiales extraídos durante la excavación, con el propósito de permitir la infiltración del agua en el suelo y restablecer el balance hídrico.

Adoptan una configuración sinuosa, trazando su construcción de acuerdo con las curvas de nivel y en la dirección del viento, con el propósito de generar movimiento y oleaje que favorezca la oxigenación del agua. Alfred Yeomans, citado por Cobo [8] propone ubicar estas zonas de recarga en lugares óptimos, guiándose por las características del paisaje, como la línea de drenaje, las curvas de nivel y la línea divisoria o parteaguas. Este enfoque geométrico facilita la gestión del agua, mejora la irrigación natural del territorio y recarga los acuíferos de manera superficial; contribuye al mantenimiento de los cauces, especialmente en los alrededores de los acueductos municipales.

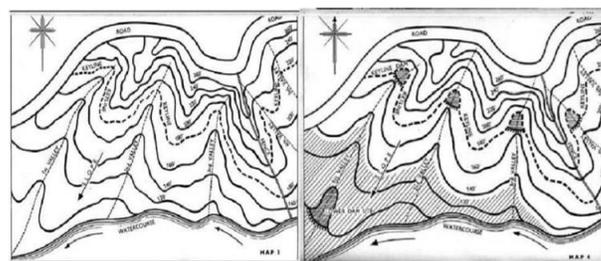


Figure 1. Antes y después de la aplicación de un sistema de zonas de retención de agua según Yeomans Fuente: Cobo, 2014.

#### c. Cercas Vivas

Una cerca viva es aquella que en vez de usar, postes de madera, guadua o cemento, se utilizan arboles vivos. Se pueden usar especies maderables, frutales o forrajeras que generen a su vez beneficios económicos, sin embargo, para el fin de este proyecto, se sugiere trabajar con especies nativas y

de rápido crecimiento, que puedan brindar alimento a especies animales, estableciéndose como corredores biológicos [20].

También sirven como cortafuegos y de aislamiento de cualquier actividad que afecte al ecosistema hídrico como la deforestación, el pisoteo humano y bovino, los vertimientos, etc. Es importante diseñar las cercas vivas en principio a la conectividad biológica.

#### d. Barreras Vivas

Es una SbN basada en la siembra de cultivos muy densos, en curvas de nivel que permiten el control de la erosión y actúa como barrera para el escurrimiento del agua lluvia. Al reducir la velocidad del agua de escorrentía, favorece la infiltración y la humedad del terreno [10]. De igual manera sirven como filtros vivos que retienen los sedimentos y residuos vegetales u orgánicos como el estiércol, semillas y otros, contribuyendo a la mejora en la calidad del recurso.

### III. METODOLOGÍA

En una finca ubicada en la vereda Tiscince, en la parte baja de Arbeláez, se llevó a cabo la construcción de una zona de infiltración con la colaboración de los campesinos locales. La finca, que abarca una superficie de 3 hectáreas, se dedica a la producción de alimentos para uso doméstico, sin fines comerciales. Este terreno no cuenta con nacedores de agua y recibe el servicio a través de un acueducto comunitario, lo que restringe su uso.

El terreno es semiseco y, durante las épocas de verano, no retiene la humedad necesaria en el suelo, lo que ralentiza la cosecha de los frutales. Los propietarios han señalado que la finca enfrenta problemas recurrentes de sequía, lo que impide que todos los árboles frutales produzcan frutos; solo unos pocos logran resistir las adversidades climáticas.

Para el desarrollo de la zona de retención de agua como método para la recarga superficial de acuíferos se basó en dos metodologías. La primera para la zonificación y ubicación del arreglo espacial a partir del Diseño Hidrológico del Terreno (DHT) con el sistema Keyline o Línea Clave propuesto por el permacultor Alfred Yeomans; la segunda, relacionada con el establecimiento del sistema de retención de agua, se usó el sistema de Seep Holzer, con algunas variaciones relacionadas con las particularidades del terreno.

#### 1. Zonificación y ubicación para el establecimiento del sistema

Partiendo de las consideraciones de la metodología Keyline se identificaron los tres modelados principales a tener en cuenta como son la cresta principal longitudinal y las dos

crestas primarias transversales para configurar la unidad primaria del terreno [9].

Se realizó salida de campo identificando las principales geoformas y se comparó con la información cartográfica disponible en la base de datos nacional y con levantamiento topográfico del terreno zonificando un lugar propicio para la construcción de la zona de retención al margen del valle primario como se ve en la siguiente imagen:

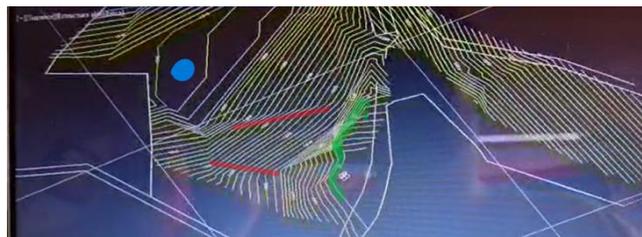


Figure 2. Modelo de elevación finca San Luis. La línea verde indica la cresta principal, las líneas rojas las crestas primarias. El polígono azul identifica la zona de retención. Fuente. Elaboración propia.

#### 2. Construcción de la zona de retención de agua

Para identificar las dimensiones de la zona de retención de agua se usó el aparato “A” o Agro nivel, pues permite a detalle la construcción de obras para la conservación de suelos teniendo en cuenta las curvas de nivel, así como la determinación de la pendiente. Una vez determinada la pendiente y el punto de la zona de retención, se procede a preparar el suelo mediante la poda artesanal del pasto. Este procedimiento permite una mayor precisión en la lectura de las curvas topográficas, facilitando así la identificación de los puntos óptimos para la profundización y expansión del terreno.



Figure 3. Construcción de la zona de retención de agua y las zanjas de infiltración.

La excavación se realizó de manera escalonada siguiendo un sistema de terrazas con el fin de que la parte más profunda conserve el agua más fría y las terrazas superiores más expuestas a la insolación del sol permitan el intercambio térmico y así el movimiento del agua.

La primera excavación se profundizó a 90 cm, con un ancho de 1.40 m y un largo de 1.30 m. La segunda escala se dimensionó con una profundidad de 1.20 m (tomando como base los 90 cm de la primera escala), con un ancho de 3 m y un largo de 2.80 m. La tercera escala, siguiendo las dimensiones anteriores, tiene una profundidad de 1.50 m, un ancho de 6.0 m y un largo de 4.90 m. Finalmente, en los bordes se permite una última escala que se amplía con 30 cm de ancho y largo, por 30 cm de profundidad.

En la zona baja de la excavación se construyó un muro de contención con dimensiones de 40 cm de ancho por 1.80 m de profundidad, correspondiente al nivel de la terraza más profunda de la excavación. Posteriormente, se realizó la impermeabilización artesanal utilizando la tierra negra previamente separada de la excavación. Este material se compactó en la zanja, garantizando así la retención de la escorrentía y del agua pluvial.

### 3. Construcción de zanjas de infiltración

En una zona productiva del predio, se construyeron dos zanjas de infiltración con dimensiones de 40 cm de ancho y 5 metros de largo, separadas por un camellón de 10 cm en la parte baja del cultivo. Estas zanjas están diseñadas para captar tanto el agua pluvial como el agua de riego, con el objetivo de incrementar la infiltración y mantener la hidratación del suelo, preservando así sus propiedades fisicoquímicas y favoreciendo la sostenibilidad agrícola. Este enfoque permite una gestión eficiente del agua, mejorando la retención hídrica y promoviendo la resiliencia del suelo frente a condiciones climáticas variables.

## V. RESULTADOS PRELIMINARES

La zona de retención alcanzó su nivel óptimo dos semanas después de su construcción y ha mantenido su capacidad de retención hídrica de manera constante, sin secarse en ningún momento. Este hecho evidencia que tanto la ubicación como el diseño de la estructura fueron apropiados.

A partir del primer mes, se observó la presencia de diversos macroinvertebrados, insectos acuáticos, libélulas y abejas. La aparición de estos organismos es de gran importancia ecológica, ya que actúan como bioindicadores de la calidad del agua, particularmente en relación con su nivel de oxigenación. La presencia sostenida de estos bioindicadores sugiere que el agua en la zona de retención mantiene condiciones favorables para la vida acuática, lo que refuerza la efectividad del sistema de retención y su impacto positivo en el ecosistema local.



Figure 4. Zona de retención – lagos Holzer

Este paisaje acuático se ha transformado en una importante zona de alimentación y baño para diversas especies de aves, lo que a su vez facilita el proceso de dispersión de semillas. Este fenómeno contribuye a la regeneración y diversificación de la vegetación local.

Desde el punto de vista del paisaje, los propietarios han observado una notable mejora en la vitalidad de las estructuras herbáceas, arbustivas y arbóreas. Varias especies que llevaban tiempo sin florecer, como ciertos cafetales y árboles nativos, han comenzado a hacerlo nuevamente. Además, la humedad del suelo ha aumentado no solo en el área circundante a la zona de retención, sino también en las zonas altas de la cresta principal del terreno. Esta mejora en la humedad contribuye a la recuperación y sostenibilidad de la vegetación en áreas previamente afectadas por la sequía.

## VI. REFLEXIONES FINALES

La gobernanza ambiental, fundamental para el desarrollo territorial y la gestión de recursos naturales, se caracteriza por la colaboración de múltiples actores, incluyendo propietarios de predios, autoridades municipales y organismos multilaterales [4]. Este enfoque promueve una estructura de gestión pública más horizontal y participativa, en contraste con los modelos jerárquicos tradicionales. En el contexto del desarrollo sostenible, se resalta el equilibrio entre crecimiento económico y equidad social propuesto por Moreno, según lo citado por [4].

En el proyecto de la Vereda Tiscince, en Colombia, la gobernanza ambiental se entiende como un entramado de procesos, mecanismos y organizaciones que incluyen a actores políticos, empresas, comunidades y sociedad civil, con el objetivo de influir en los resultados medioambientales [22]. Este enfoque subraya la importancia de la cooperación entre actores institucionales, sociales y empresariales para una gestión integral del recurso hídrico, abordándolo desde una perspectiva local y práctica. Esto no solo asegura el éxito a

largo plazo, sino que también promueve una producción sostenible de agua que beneficia tanto a las poblaciones como a los ecosistemas.

Además, la implementación de estas estrategias contribuye a mejorar el almacenamiento de agua en el suelo, optimizando la humedad mediante procesos de ascenso capilar. Este mecanismo facilita la retención del agua en el suelo, asegurando que la humedad se mantenga disponible para la vegetación y contribuyendo a la resiliencia ecológica y la sostenibilidad del entorno.

## REFERENCIAS

- [1] Baptiste, B. L., et al. (2008). El poder de la carne. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10554/42392>.
- [2] Barrios, A.C. Diagnóstico ambiental de la cuenca hidrográfica del Río las Ceibas
- [3] Bermúdez, C. E., Arenas, N. E., & Moreno Melo, V. (2017). Caracterización socio-económica y ambiental en pequeños y medianos predios ganaderos en la región del Sumapaz, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 199-208.
- [4] Calvo, G., Perex-Hoyos, O., Romero-Amaya, M., (2020). Miradas cruzadas sobre el enfoque territorial de la responsabilidad social, la gobernanza y la sostenibilidad. *Revista Opera*, núm. 26, 2020. Universidad Externado de Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67562988002>
- [5] Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Sumapaz. Caracterización económica y empresarial de las provincias de cobertura de la CCB. Bogotá, Colombia. Recuperado de [https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2890/6234\\_caracteriz\\_e\\_mpresarial\\_sumapaz.pdf;sequence=1](https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/2890/6234_caracteriz_e_mpresarial_sumapaz.pdf;sequence=1)
- [6] Cano, J. R. M., Falcón, V. V., & Martínez, B. S. (2021). Enfermedades transmitidas por el consumo de agua de mala calidad. *Universidad y Sociedad*, 13(S2), 513-520. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2341/2311>
- [7] Cobo, C. (2014). Alimento Humano. Viabilidad y encaje del diseño permacultural como sistema agrícola sostenible. ICTA. Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de <https://n9.cl/9nyb6>
- [8] Corporación Autónoma Regional. (2015). Diagnóstico, prospectiva y formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Sumapaz. Informe POMCA-002UT. Recuperado de <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac68d4a8bf96.pdf>
- [9] Cortés, H. y Ramírez, J. (2013). Diseño hidrológico del terreno (sistema Keyline) en parcelas agrícolas con precipitación limitada. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado de: [https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros\\_html/disenio-hidrologico-del-terreno/files/assets/common/downloads/publication.pdf](https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/disenio-hidrologico-del-terreno/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
- [10] Cubero, D. (julio de 1999). Las Barreras Vivas y su Aplicación en la Agricultura Conservacionista. XI Congreso Nacional Agronómico y III Congreso Nacional de Suelos: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Recuperado de <https://onx.la/3672f>
- [11] David. (2018). Sepp Holzer "El Agricultor Rebelde". Permautosuficiencia. <http://permautosuficiencia.blogspot.com/2018/11/sepp-holzer-el-agricultor-rebelde.html>
- [12] Flores-Malagón, A. (2008). Dime qué comes y te diré quién eres. El poder de la carne. Historias de ganaderías en la primera mitad del siglo XX en Colombia, 369-439.
- [13] Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and society*, 15(4).
- [14] Fondo Nacional Del Café. Cenicafe. 2012. Herramientas de manejo del paisaje para la conservación de la biodiversidad. Avances técnicos Cenicafe # 416. Manizales. Colombia. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt04161.pdf>
- [15] Fundación CONAMA. (2018). Soluciones basadas en la naturaleza. Memorias Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid. Recuperado de [http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/10\\_fina1.pdf](http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/10_fina1.pdf)
- [16] Gasca García, J. E., & Gil Vélez, A. Contaminación de fuentes hídricas por el excesivo uso de agroquímicos en el cultivo de caña de azúcar en el municipio de El Cerrito-Valle del Cauca.
- [17] Guaimacuto Shantal. (2021). Viabilidad técnica de una planta de tratamiento sustentable de aguas servidas en instalaciones de cría de ganado porcino (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO).
- [18] Herrera-Franco, G., Martos Rosillo, S., Carrión-Mero, P., Morante Carballo, F., Briones-Bitar, J., Durán, A., ... & Gutiérrez-Ojeda, C. (2020). Siembra y Cosecha de Agua (SyCA), técnicas ancestrales que solucionan problemas del siglo XXI.
- [19] Holzer, S. 2015. Renaturalización: La permacultura de Holzer. México. ED.Trillas.
- [20] López, A. M., Espinosa, R., Lentijo, G. M., & Botero, J. E. (2013). *Herramientas de manejo del paisaje para la conservación de la biodiversidad*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- [21] Martínez-Austria, P. F. (2013). Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnología y ciencias del agua*, 4(5), 165-180.
- [22] Montoya-Dominguez, E., Rojas-Robles, R. (2016). Elementos sobre la gobernanza y la gobernanza ambiental. *En Gestión y Ambiente* 19(2), 302-317. Disponible en <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/58768/61121>
- [23] Marquet, A., Rojas, M., Stehr, A., Fariás, L., González, H., Muñoz, J., Wagemann, E., Rojas, C., Rodríguez, I., Hoyos, J. (2021). Soluciones basadas en la naturaleza. Comité Científico de Cambio Climático; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Santiago de Chile. ¿Recuperado de [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147776/Soluciones-Basadas-en-la-Naturaleza-Marquet\\_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/147776/Soluciones-Basadas-en-la-Naturaleza-Marquet_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [24] MINAGRI. 2014. Cartilla para la conservación del suelo: Zanjas de infiltración. Programa presupuestal 0089, Reducción de la degradación de los suelos agrarios. Ministerio de agricultura y riego. Lima, Peru. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/zanjas-infiltracion.pdf>
- [25] Moran, L., Villanueva, P. Varillas, O. (2018). Inventario de tecnologías de manejo de agua para la agricultura familiar. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7220/BVE18040308e.pdf;jsessionid=BB549EDFAE7D0F5072A94F735DCB3F92?sequence=1>
- [26] Peña, L., Onaíndia, M., Muñoz, O., Amaya, A., Fernández de Manuel, B., Ametzaga-Arregi, I. (2020). Soluciones basadas en la naturaleza frente al cambio climático: restauración de dunas y marismas. *Revista de Investigación Marina*, 27(1) pp. 69-72. Recuperado de: [https://www.ehu.es/cdsea/web/wp-content/uploads/2017/03/Articulos\\_Uhina\\_bea2020.pdf](https://www.ehu.es/cdsea/web/wp-content/uploads/2017/03/Articulos_Uhina_bea2020.pdf)
- [27] Planeta azul (2021). ¿Sabía que Colombia es uno de los 10 países con mayores reservas de agua dulce del mundo? Blogspot comunidadplanetaazul.org: Tomado de: <https://comunidadplanetaazul.com/sabia-que-colombia-es-uno-de-los-10-paises-con-mayores-reservas-de-agua-dulce-del-mundo/>
- [28] UNHCR ACNUR, (2019). Escasez de agua en el mundo: causas y consecuencias. párr 9- 14 [https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo- tc\\_alt45664n\\_o\\_pstn\\_o\\_pst/](https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo- tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/)
- [29] WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO). 2019. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París, UNESCO. Recuperado de: [https://www.acnur.org/publications/pub\\_sal/5c93e4c34/informe-mundial-de-las-naciones-unidas-sobre-el-desarrollo-de-los-recursos.html](https://www.acnur.org/publications/pub_sal/5c93e4c34/informe-mundial-de-las-naciones-unidas-sobre-el-desarrollo-de-los-recursos.html)

