



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de investigación

*Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de
Manabí*

The infiltration ditches in the use of water in the rural sector of of Manabí

As valas de infiltração no uso da água no setor rural de Manabí

Ing. José Octavio Cevallos-Castro^I
jcevallos3673@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1284-7845>

Ing. Rolando León-Aguilar PhD.^{II}
rolando.leon@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9335-2598>

Correspondencia: jcevallos3673@utm.edu.ec

***Recibido:** 25 julio de 2021 ***Aceptado:** 14 de agosto de 2021 * **Publicado:** 30 de agosto de 2021

- I. Ingeniero Civil, Investigador independiente, Ecuador.
- II. Profesor Titular Principal de la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

Con el sistema de captación de aguas de lluvia las personas en las zonas rurales en épocas de sequía, disponen de este recurso para cultivos, cría de ganado y quehaceres domésticos. Para las zonas rurales de poca precipitación en la provincia de Manabí, es indispensable la captación de precipitaciones, mediante la técnica de zanjas de infiltración. Las zanjas de infiltración son sistemas de bajo coste, excelentes para retener el agua de lluvia y permitir que se infiltre lentamente en el suelo, por lo que se recomiendan en zonas con escasas precipitaciones. Este artículo tiene como objetivo principal describir el funcionamiento de las zanjas de infiltración como una alternativa en el aprovechamiento de agua, en el sector rural de la provincia de Manabí en el Ecuador. En cuanto a la metodología empleada es un artículo científico de carácter descriptivo, de tipo documental desde una visión crítica reflexiva de la temática abordada. Esta investigación refleja la importancia de la aplicación de la técnica de zanjas de infiltración para la conservación y aprovechamiento del agua proveniente de la lluvia para el establecimiento de cultivos, y otros usos que se traduce en el aumento de la productividad, además de ser un método efectivo del buen manejo de los recursos naturales en zonas rurales de Manabí.

Palabras clave: Captación; retención; suelo; acequias; productividad.

Summary

With the rainwater harvesting system, people in rural areas in times of drought have this resource for crops, livestock and household chores. For rural areas with little rainfall in the province of Manabí, it is essential to capture rainfall, using the technique of infiltration ditches. Infiltration trenches are low-cost systems, excellent for retaining rainwater and allowing it to slowly infiltrate into the ground, which is why they are recommended in areas with low rainfall. The main objective of this article is to describe the operation of infiltration ditches as an alternative in the use of water, in the rural sector of the province of Manabí in Ecuador. Regarding the methodology used, it is a scientific article of a descriptive nature, of a documentary type from a reflective critical vision of the topic addressed. This research reflects the importance of the application of the technique of infiltration ditches for the

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

conservation and use of rainwater for the establishment of crops, and other uses that translates into increased productivity, in addition to being a method effective management of natural resources in rural areas of Manabí.

Key words: Catchment; retention; floor; ditches; productivity.

Resumo

Com o sistema de captação de água da chuva, a população da zona rural em época de estiagem tem esse recurso para as lavouras, o gado e os afazeres domésticos. Para áreas rurais com pouca chuva na província de Manabí, é fundamental a captação de chuvas, utilizando a técnica de valas de infiltração. As trincheiras de infiltração são sistemas de baixo custo, excelentes para reter a água da chuva e permitir que ela se infiltre lentamente no solo, por isso são recomendados em áreas com baixa pluviosidade. O objetivo principal deste artigo é descrever a operação de valas de infiltração como alternativa no uso da água, no setor rural da província de Manabí, no Equador. Quanto à metodologia utilizada, trata-se de um artigo científico de natureza descritiva, do tipo documental a partir de uma visão crítica reflexiva do tema abordado. Esta pesquisa reflete a importância da aplicação da técnica de valas de infiltração para a conservação e aproveitamento da água da chuva para o estabelecimento de lavouras, e outros usos que se traduz em aumento de produtividade, além de ser um método eficaz de manejo dos recursos naturais no meio rural. de Manabi.

Palavras-chave: Captação; retenção; chão; valas; produtividade.

Introducción

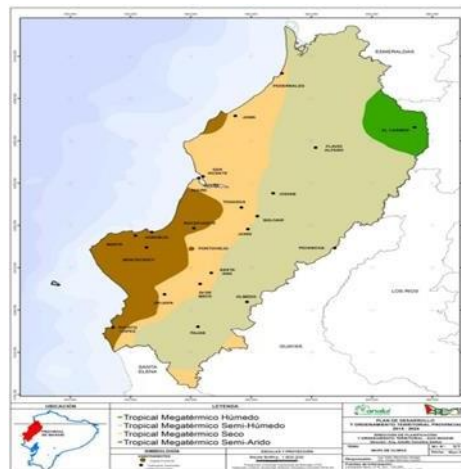
La provincia de Manabí, se ubica en la región centro costera de Ecuador, y en la parte más saliente del continente suramericano sobre el Océano Pacífico, limita al norte con la provincia de Esmeraldas, al sur con Santa Elena, al este con Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos y Guayas y al oeste con el Océano Pacífico. Está conformada por 22 cantones y 53 parroquias rurales(Consejo Provincial de Manabí,2016).

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

En relación a las características meteorológicas en la provincia de Manabí, se consideran dos grandes sub zonas climáticas: la cálida- fresca-seca extendida desde el Puerto de Manta hasta la isla Puná y hacia el interior, hasta la cordillera Costanera, con tierras secas y áridas, con vientos continuos procedentes del mar y la segunda sub zona climática es cálida-ardiente-húmeda comprendiendo los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera Occidental. (Consejo Provincial de Manabí,2016).

La climatología de la provincia de Manabí es tropical mega-térmico y se puede observar en la figura 1, donde en las zonas áridas y semiáridas, las precipitaciones son escasas y de frecuencia irregular. Actualmente se están presentando sequías, y están ocurriendo en distintas zonas del mundo, por consiguiente, han definido que son riesgos para los seres humanos y animales en las zonas rurales, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO ,2000).

Figura 1: Climatología de la provincia de Manabí.



Fuente: Consejo Provincial de Manabí,2016.

La escasa disponibilidad de recursos hídricos en las regiones de pocas precipitaciones como son las zonas áridas y semiáridas pone en riesgo el componente económico productivo de éstas zonas en la provincia de Manabí como es la agricultura bajo riego y la ganadería, por lo que se hace indispensable los sistemas de captación de agua de lluvia para esta zona, como alternativa en el aprovechamiento de este recurso.

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

A pesar de que las prácticas y las obras de captación de agua de lluvia son un poco onerosas, en las zonas rurales se hacen comunes y posibles hacia los productores de bajos ingresos de zonas semiáridas de la región (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (FAO, 2000). Esta organización destaca que es importante la utilización de éste sistema ya que el aumento de rendimiento de estas prácticas ya se debe considerar “no sólo como un medio realista y práctico para obtener el aumento de producción, sino también para lograr el alivio de la pobreza de los productores rurales de esas zonas” (p. 1).

Para las zonas rurales de poca precipitación en la provincia de Manabí, es indispensable la captación de agua de lluvia. Siller y Barrera (2011) indican que los sistemas de captación de agua de lluvia son actualmente apreciados y la definen como “una fuente alternativa de agua de buena calidad. Los sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia utilizan técnicas muy simples y de bajo impacto ambiental” (p. 15). Además, Vistoso y Martínez (2020) expresan que es indispensable prolongar los recursos suelo y agua, ya que ambos son necesarios y forman una gran diversidad de servicios ecosistémicos, favoreciendo a su vez a la seguridad alimentaria de los productores.

Urrutia (2016) explica que “las obras de infiltración captan el flujo superficial y facilitan su infiltración en el suelo. Pueden tener una capacidad de almacenamiento no despreciable, con lo que además de reducir el escurrimiento total, también contribuyen a la disminución del caudal máximo” (p.4). Entre los sistemas de captación de agua de lluvia se encuentra el sistema de drenaje de aguas superficiales que se construyen tomando en cuenta los ideales del desarrollo sostenible y de acuerdo a su clasificación en el control de origen se encuentran las zanjas de infiltración (Solórzano y Quiroz, 2021). Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013), también explican que existen varios tipos de sistemas de captación de agua de lluvia y entre los cuales se encuentra el sistema de zanjas de infiltración, que es la captación de escorrentía superficial generada en áreas más grandes, unas ubicadas contiguas a la siembra y otras apartadas del área de cultivo.

Asimismo, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013), explica el principio hidrológico de la captación de aguas en el uso de un área productora

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

de escorrentía superficial, es decir, la pendiente del terreno es más elevada, el suelo delgado y preferiblemente áreas rocosas, entre otros, la escasa o nula cobertura vegetal es necesaria, para que produzca un volumen considerable de flujo superficial hacia las zanjas. Este sistema también se emplea para proporcionar estructuras de almacenamiento, como depósitos o presas temporales.

Este artículo tiene como objetivo principal describir el funcionamiento de las zanjas de infiltración como una alternativa en el aprovechamiento de agua, en el sector rural de la provincia de Manabí en el Ecuador, ya que las zanjas de infiltración también llamadas acequias son sistemas de captación de agua de bajo coste, excelentes para retener el agua de lluvia y permitir que se infiltre lentamente en el suelo, por lo que se recomiendan en zonas con escasas precipitaciones.

Metodología

Este artículo científico es de carácter descriptivo, de tipo documental desde una visión crítica reflexiva de la temática abordada, ya que a partir de la investigación documental se generan nuevos conocimientos con fundamento a otros estudios ya realizados en la zona sobre las zanjas de infiltración en el aprovechamiento del agua.

Análisis y discusión de los resultados

Las zanjas de infiltración como una alternativa para el aprovechamiento de agua

Las zanjas de infiltración son excavaciones en un terreno, empleadas la mayoría de las veces en zonas de baja precipitación donde se acumula el agua de lluvia, para que infiltre más agua en la tierra, abasteciendo de humedad a la vegetación ubicada en los bordes de ellas, en los periodos de lluvias escasas (FAO,2011). Por otro lado, Pizarro et al., (2004) aclaran que las zanjas de infiltración, son “canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos, al aumentar la infiltración del agua en el suelo” (p. 7).

Yaguana, (2015), indica que las zanjas de infiltración son “excavaciones en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen en el terreno siguiendo las curvas de nivel” (p.1).

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

Se emplean para contener la escorrentía de las lluvias y recoger agua para los pastos, árboles y cultivos situados debajo de ellas. Generalmente se usa en todas las altitudes de las zonas tropicales y subtropicales secas. A su vez Mamani, (2017), señala que las zanjas de infiltración son “canales sin desnivel construidos en laderas, los cuales tienen por objetivo captar el agua que escurre, evitando procesos erosivos de manto, permitiendo la infiltración del agua en el suelo” (p.19).

Por su parte, Rocha et al., (2019) manifiestan que las zanjas de infiltración son canales que se realizan en las pendientes, cumpliendo la función de captar el agua proveniente de la escorrentía disminuyendo la erosión al infiltrar el agua en el suelo. Estas obras se construyen de forma manual o mecánica y se suelen situar en la parte media o alta de las laderas captando el agua proveniente de la parte alta. Así mismo, Erkossaet al., (2020) plantean que una zanja de infiltración, es una depresión excavada perpendicular a la pendiente del terreno, impide la erosión del suelo al retener y almacenar escorrentías y promueve la infiltración del suelo. Conjuntamente, Danacovaet al., (2021) manifiestan que la efectividad de las zanjas de infiltración a través de investigaciones muestra que se puede reducir la cantidad de erosión del suelo a valores permisibles.

Existen dos tipos de diseños básicos de zanjas de infiltración, Gutiérrez et. al., (2019) explican que uno de ellos es la zanja de infiltración completa, ésta consiste en que el escurrimiento superficial sólo sale por la misma zanja por infiltración, es decir, la obra se diseña para almacenar solo el volumen de escurrimiento superficial. En el caso de precipitaciones mayores a las de diseño (que puede ocurrir de acuerdo a fenómenos meteorológicos), el exceso de agua es rechazado superficialmente en la zanja. El otro tipo de diseño es la zanja de infiltración parcial o con tubería de drenaje, cuando la zanja no está diseñada para infiltrar completamente todo el volumen de escurrimiento superficial captado, o el tipo de suelo no es el adecuado, gran parte del volumen se desagua hacia otros elementos o a través de un sistema de drenaje, empleando una tubería perforada colocada junto a la parte superior de la zanja y acoplada a un sistema de conducción hacia aguas abajo, para evacuar el exceso de agua, conduciéndolo a cauces de ríos o a un estanque de almacenamiento para el aprovechamiento óptimo de agua.

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

Las zanjas de infiltración poseen muchas ventajas, tienen un efecto tangible para la estabilización del terreno, que almacenan humedad para la vegetación, aunque no detienen completamente los procesos erosivos (Rocha et al., 2019). Además, contribuye al desarrollo sustentable, con relación al desarrollo social, económico y ambiental, haciendo recuperar suelos improductivos, impactando efectivamente en los ingresos de las familias que trabajan comunalmente, además permitiendo la cohesión social, ya que tienen un costo bajo en su construcción y es fácil ponerla en funcionamiento.

A su vez, las zanjas de infiltración también ayudan a impedir la sobresaturación de aguas y la pérdida de cultivos por lluvias (Cardona, 2015), es decir, tiene doble función, para épocas de sequías y de intensas lluvias ya que también es un método útil como medida para afrontar la sobresaturación de lluvia en el suelo y el arrastre que posee el exceso de éstas. Asimismo, reducen el caudal máximo de agua, disminuyen el volumen escurrido, incrementa el manto de agua subterránea y mejoran la calidad del efluente (Gutiérrez et al., 2019).

Estas zanjas de infiltración son muy útiles en cualquier estación del año. Es aplicable en casi toda la provincia de Manabí, para el aprovechamiento de agua a pesar de que predomina el comportamiento climatológico mega término húmedo en el 70% del territorio en la zona central longitudinal hacia el interior (Consejo Provincial de Manabí, 2016). Es necesario destacar que las zanjas de infiltración son obras fáciles y sencillas de mantener, se integran de manera apropiada a la red de drenaje natural, son poco visibles, comprometiendo sólo un área delgada del suelo en la superficie. (Gutiérrez et al., 2019).

Requisitos del sitio para la captación de aguas de superficiales a partir de las zanjas de infiltración en la provincia de Manabí

Para la aplicación de la técnica de zanjas de infiltración para el aprovechamiento de las aguas con un fin determinado (agricultura, ganadería, captación de agua, forestación) se debe cumplir con los siguientes requisitos de acuerdo a Perretet al., (2000).

- El lugar donde se implementarán las zanjas deben presentar una inclinación para que la escorrentía se desplace desde la extensión de captación hasta la colección, para ello, la pendiente del terreno no debe ser mayor a 45%.

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

- Las superficies de producción de agua deben tener una profundidad apta para poder mantener la humedad en el perfil del suelo, permitiendo el desarrollo radicular de los cultivos a establecer.
- La intensidad de las precipitaciones son muy importantes conocerlas ya que de ella depende cantidad de agua captada. Perret et al., (2000) revelan que en lluvias intensas “la energía cinética de las gotas es considerada cuando choca con la superficie del suelo. Esto causa el rompimiento de la agregación del suelo, así como una dispersión de las partículas, que rellenan los poros superficiales” (p.19),esto trae como consecuencia que estos poros se obstruyan creando un revestimiento compactado superficial que disminuye la capacidad de infiltración.
- En relación a las características del suelo que debe presentar el terreno donde se va a emplear las zanjas de infiltración, es necesario conocer la porosidad, y ésta depende de la textura y estructura del suelo, por lo que también va a influir en la capacidad de infiltración. El tipo de suelo va a presentar una curva característica de infiltración en relación al tiempo. Perret et al., (2000) muestran en la tabla 1, cifras estimadas de tasas de infiltración de acuerdo a los diversos tipos de suelos, indicando que el suelo con superior tasa de infiltración es el suelo arenoso y el de menor infiltración el suelo franco-arcilloso.

Tabla 1: Cifras estimadas de tasas de infiltración según el tipo de suelo

Textura	Tasa de infiltración mm/hora
Suelo arenoso	50,00
Suelo franco-arenoso	25,00
Suelo franco	12,00
Suelo franco-arcilloso	7,00

Fuente: Perret et al. (2000)

La provincia de Manabí presenta suelos francos, debido a la combinación de arena, limo, grava y arcilla otorgando texturas diferentes a suelos de la provincia (Consejo Provincial de Manabí,2016), siendo un suelo bueno para la construcción de las zanjas de infiltración. Sin embargo, hay que evitar

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

los suelos arcillosos, porque una tasa de infiltración baja conduce a mucha escorrentía superficial en el área de captación, produciendo inundación en el área de cultivo (FAO, 2000).

Toran y Jedrzejczyk (2017), plantean que para que una zanja de infiltración sea efectiva y logre su objetivo se deben hacer varias pruebas con materiales naturales de la zona. En sus estudios experimentaron con varios tipos de acequias como fueron zanjas rellenas de grava, rellenas de grava con un filtro de hojas y zanjas llenas de arena, siendo en su caso que la zanja de infiltración compuesta de grava central con filtro de hojas drenaba más lentamente durante las pruebas. Esto demuestra que dependiendo del tipo de suelo y material de la zona se puede dar el uso correcto a esas acequias.

- Otro factor determinante para la capacidad inicial de infiltración es la humedad inicial que tenga el terreno al momento de las precipitaciones, es decir, cuando el suelo está seco y muy compacto la capacidad de infiltración decrece, ya que implica altas tasas de escorrentía superficial, lo cual es provechoso para el área de captación (Perretet al., 2000). Esto se produce cuando se forman costras, es un problema común en zonas áridas y semiáridas, ya que provocan altas escorrentías superficiales y bajas tasas de infiltración (FAO, 2000).
- Para finalizar los requisitos del sitio para la captación de aguas superficiales es la cubierta vegetal que tenga el terreno a construir las, esto quiere decir que, depende de la vegetación, también depende de la cantidad de captación de aguas, ya que cuando existe pastos, arbustos, árboles y cultivos, estas superficies absorben el agua superficial y reducen la escorrentía.

Construcción de zanjas de infiltración para el sector rural de la provincia de Manabí

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

La construcción de la zanja de infiltración plantea conocer ésta técnica sencilla y económica de captación y almacenamiento de agua de lluvia para ser empleado en actividades agropecuarias y hasta para quehaceres domésticos especialmente en los lugares que carecen de agua para dichos fines. Sin embargo, explica Locatelliet. al., (2020) que el establecimiento de zanjas de infiltración “causa una alteración inicial en el suelo que puede tener impactos negativos, como un aumento de la erosión. Por lo tanto, se deben comparar en un balance crítico las zanjas con otras intervenciones menos agresivas del ecosistema” (p.2).

Gutiérrez et al., (2019) cita a Pizarro et al.,(2013) donde explican que el principio fundamental para el diseño de una zanja de infiltración es que la cantidad de precipitación “que cae en la zona de aportación debe ser menor que la que capte y absorba la zanja, o sea que la capacidad de esta no debe ser sobrepasada por el total de aportaciones que a ella converja” (p.61). Por tal motivo, el diseño hidrológico de zanjas de infiltración debe considerar las condiciones locales como: el clima, las precipitaciones, los suelos y otros requerimientos para el dimensionamiento. Las variables de diseño fundamentales son la intensidad de las precipitaciones y la capacidad de infiltración del suelo.

La aplicación de las zanjas de infiltración cada día se hace necesario para que se aplique en aquellas regiones donde el manejo del agua es escasa y costosa, sobre todo en las zonas rurales(Paredes, 2018). En la provincia de Manabí, existen diversos climas, texturas, tipo de suelo y la cantidad de precipitaciones también depende de la ubicación, por ello es que dependiendo exactamente del sitio de construcción se debe hacer un diseño específico de zanjas de infiltración. La provincia de Manabí posee una gran diversidad de comportamientos climatológicos: Tropical seco a tropical húmedo, con precipitaciones que varían entre 750 y 1.750mm; un clima mega térmico húmedo, con precipitaciones hasta 2.000mm; mega térmico semiárido, con precipitaciones inferiores a 500mm y tropical mega térmico seco, con precipitaciones que varían entre 500 y 750mm.Además, predomina los suelos francos (Consejo Provincial de Manabí,2016).

De acuerdo con el Consejo Provincial de Manabí (2016), en su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Manabí 2015-2024 cuenta con una extensión de 19.427,60 Km², representando el 7,36% del territorio nacional del Ecuador. En relación al relieve, la altura es variable, se extiende a partir de

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

la línea costera hasta la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes a una altitud de 1.200m, siendo su amplitud mayor aproximada de 180km. Esta provincia es una zona de piedemonte caracterizada por relieves homogéneos, con pendientes inferiores al 25%. A lo que respecta el centro-este y en el sur de la provincia, compuesta de una gran llanura cuyo relieve presenta superficies planas y ligeramente onduladas talladas por estrechas gargantas de alrededor de 50m de profundidad.

En relación a la temperatura del aire registra una media de 22,3°C a 23,40°C, máxima media de 34,2°C a 29,20°C y mínima media de 19,19°C a 18,70°C, el verano comprendido desde junio a diciembre es menos caluroso gracias a la corriente fría de Humboldt, aunque la temperatura no es uniforme en toda la provincia (Consejo Provincial de Manabí, 2016).

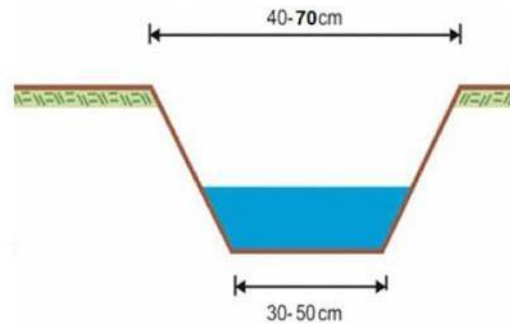
La cantidad de agua que se puede almacenar en las zanjas va a depender de la intensidad de la precipitación, su duración (tiempo), del área del terreno que capta la lluvia, el grado(%) de pendiente, del tipo de suelo y de la vegetación (Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo, 2015).

Wang y Guo (2020), revelan que para aseverar que se infiltre una porción lo suficientemente alta de la escorrentía de una ladera contribuyente, las acequias habitualmente se diseñan para suministrar suficiente capacidad de almacenamiento para que la escorrentía de una tormenta de diseño de cierta profundidad pueda almacenarse e infiltrarse transitoriamente.

Para el diseño hidrológico de zanjas de infiltración, explican Gutiérrez et al.,(2019) se debe hacer el dimensionamiento de éstas, la cual consiste en determinar la extensión de la zanja (largo, ancho y profundidad) y sus elementos principales, como la tubería de drenaje, para el caso de zanjas de infiltración parcial. Para la longitud de la zanja está impuesta de acuerdo al trazado y a la topografía de la misma. Con respecto al ancho, éste es variable y puede ser elegido libremente, cuando no se cuenta con profesionales que realicen su diseño. Generalmente, su ancho superior oscila entre 40 y 70 cm, y su ancho inferior entre 30-50 cm (Vásquez, et al.,2014), como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Dimensiones de ancho de una zanja de infiltración realizada manualmente

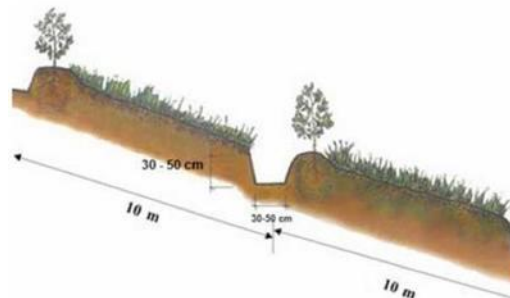
Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí



Fuente: Vásquez, et al., 2014

De acuerdo a las superficies topográficas se realiza el diseño de distanciamiento entre zanjas. Cuando la pendiente del terreno es suave estas zanjas se construyen entre ellas cada 10 a 15m. Ahora, cuando las laderas tienen grandes pendientes, generalmente las zanjas se construyen más estrechas. Frecuentemente la inclinación de ladera recomendable para la construcción de las zanjas de infiltración está comprendida entre el 2 y 45%, apoyándose en las curvas de nivel (Fernández, 2010). Para el dimensionamiento de la profundidad depende de la naturaleza del terreno, es decir, de la capacidad de absorción del suelo y de la profundidad del manto de agua subterránea, comprende entre 30 a 50 cm de la superficie (ver figura 3).

Figura 2. Corte transversal de la ladera, con plantación



Fuente: Vásquez, et al., 2014

Al momento de la construcción de la zanja se debe considerar un gradiente del 1%, la cual sirve para desviar el exceso de agua, y se le conoce como zanja de desviación. Esta zanja se recomienda cuando

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

se está en suelos pesados y arcillosos. Para el diseño de la zanja sin gradiente, es decir, que sea de 0%, es la usada para infiltrar el agua. Estas zanjas se deben construir sobre suelos francos arcillosos (Instituto Internacional de Reconstrucción Rural, 1996).

Por otra parte, para el diseño Flores (2012) acota que la escorrentía superficial disminuye dependiendo de la tasa de infiltración (mm/hora); contrariamente, el distanciamiento entre zanjas aumenta de acuerdo a esta variable (mm/hora). Para periodos de retornos altos, el distanciamiento entre zanjas comienza a disminuir debido a que los volúmenes de escorrentía a infiltrar son mayores, para lo cual se deben realizar más obras de infiltración por hectárea.

Hay que considerar, que al momento de diseñar una zanja de infiltración, los ingenieros deben tomar en cuenta tanto las restricciones en el sitio como las características de proyecto para mejorar el largo plazo de la obra hidráulica. Para que las zanjas de infiltración obtengan un mejor rendimiento, es indispensable que lo realice un profesional de la ingeniería. Gutiérrez et al., (2019) recomiendan este sistema de zanja de infiltración de acuerdo con los siguientes pasos:

- Determinar el área aportante: esta área aportante se calcula con la adición de superficies impermeables que drenaran hacia la zanja de infiltración. Se debe determinar un coeficiente de escurrimiento del conjunto, es decir, la media ponderada de los coeficientes respectivos por el área de cada zanja.
- Elegir una lluvia de diseño de la zona: para ello es recomendable optar por la lluvia de diseño para un período de retorno de 10 años (10 % de probabilidad de lluvia). Se sugiere manipular las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF).
- Determinar la tasa de infiltración del terreno: se debe estimar la tasa de infiltración del terreno en el cual se implantará la zanja, mediante una clasificación del suelo o ensayos en el mismo terreno.
- Determinar el volumen afluente acumulado de agua lluvia (Vafl): para ello se debe precisar el volumen a infiltrar acumulado para una precipitación obtenida con el período de retorno de diseño, además del formado por las intensidades medias, según la curva IDF correspondiente.

En la ecuación (1) se muestra el volumen acumulado de agua de lluvia (en metros cúbicos) para un determinado tiempo t (horas):

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

$$V_{\text{afl}}(t) = 1,25 \times 0,001 \times C \times A \times I_t \times t$$

Ecuación (1)

Donde:

C : es el coeficiente de escorrentía superficial del área total aportante,

A : es el área (metros cuadrados),

I_t : es la intensidad de la lluvia (mm/hora) del período de retorno de diseño,

t = es el tiempo acumulado en horas.

El valor de V_{afl} está en función de t y se denomina curva de recarga.

El valor 1,25 es un factor de seguridad para considerar la precipitación que cae antes y después, la cual no son incluidas en las curvas IDF.

- Determinar el volumen infiltrado (V_{inf}): éste se estima en función de la capacidad de infiltración del suelo, además del área total de percolación de la zanja y del tiempo de percolación, igual al tiempo de duración:

$$V_{\text{afl}}(t) = 0,001 \times C_s \times f \times A_{\text{perc}} \times t$$

Ecuación (2)

Donde:

C_s : es el factor de seguridad,

f : es la capacidad de infiltración del suelo en condiciones de saturación (mm/hora),

A_{perc} : es el área total de percolación de la zanja en metros cuadrados y

t : es el tiempo de percolación medido en horas.

En relación al cálculo del área de percolación (A_{perc}) se puede determinar a partir de la ecuación (3):

$$A_{\text{perc}} = 2 \times h \times (L + b)$$

Ecuación (3)

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

Donde:

h : es la altura de la zanja,

L : es la longitud,

b : es el ancho de la zanja.

Determinar el volumen de almacenamiento (V_{alm}): se determina como la máxima diferencia positiva entre el volumen afluente acumulado de agua lluvia (V_{afl}) y el volumen acumulado infiltrado (V_{inf}), para cada caso para una duración t de la tormenta de diseño, según la curva IDF. Este volumen total de la zanja de infiltración está dado por la ecuación (4):

$$V_{zanja} = L \times b \times h \quad \text{Ecuación (4)}$$

Gutiérrez et al., (2019) manifiestan que es mejor optimizar la estabilidad de la zanja, para ello se debe rellenar de material pétreo de porosidad p . Para calcular el volumen de almacenamiento de la zanja de infiltración se determina con la ecuación (5):

$$V_{alm} = p \times V_{zanja} \quad \text{Ecuación (5)}$$

El volumen infiltrado (V_{inf}) utilizado para calcular el volumen de almacenamiento (V_{alm}) siempre va a depender de la dimensión de la zanja, por lo cual se debe determinar por aproximaciones sucesivas, manejando las variables de diseño el valor del largo de la zanja L , estimando valores conocidos de b y h ya que pueden estar condicionados por restricciones constructivas y del terreno.

Estimar el tiempo total de infiltración: se debe considerar el tiempo total de infiltración para la precipitación de diseño, además del tiempo para el cual el volumen acumulado contribuido por la lluvia (V_{afl}) es equivalente al volumen acumulado infiltrado (V_{inf}). Se recomienda que el tiempo total de infiltración sea menor de 24 horas para la lluvia de diseño.

Pendiente de fondo de la zanja: es indispensable que el fondo de la zanja debe ser horizontal. en tal caso de que el terreno muestre una pendiente a lo largo de la zanja, la altura de éste debe ser la del

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

extremo de menor profundidad. Si se presentan estos casos es mejor fraccionar la zanja a lo largo en tramos de longitud máxima dada por la ecuación (6):

$$L_{\max} = H / (2 \times S) \quad \text{Ecuación (6)}$$

Donde:

H : es la profundidad de la zanja

S : es la pendiente del terreno en tanto por uno.

Material de relleno de la zanja: Gutiérrez et al., (2019) indican que, para optimizar las condiciones de estabilidad y durabilidad de las paredes de la zanja, se debería rellenar con un material pétreo. Este material para la zanja debe ser un agregado limpio, tipo ripio, limpio, con un diámetro uniforme variable entre 3,5 cm y 7,5 cm.

Luego de la construcción de las zanjas de infiltración, es indispensable las actividades de mantenimiento de ellas, realizándose permanentemente, sobre todo cuando la zanja se haya llenado después de un ciclo de precipitaciones. Para ello es necesario limpiar la acequia obteniendo los sedimentos acumulados, depositándolo en las proximidades de los cultivos para aprovechar su fertilidad, también hay que impedir que el ganado circule por los bordes de la zanja o ingresen en ella, debido que se pueden derrumbar los laterales, o usar como alimento las variedades que protegen los canales (FAO, 2011).

Además, hay que considerar que las zanjas de infiltración para el aprovechamiento de aguas para cultivo o ganado deben estar colocadas en áreas abiertas, como es el caso de las zonas rurales a campo abierto ya que puede ser difícil de implementar si el área es muy limitada, de igual manera tener en consideración que las acequias no se construyan en áreas inestables o en pendientes pronunciadas (Vermont, 2018). También es importante que se realicen estudios de impacto ambiental (Torres, 2017), a pesar de que las ventajas superan las desventajas y que las zanjas de infiltración es una alternativa para el aprovechamiento de agua en las zonas rurales de Manabí.

Conclusiones

La implementación de las zanjas de infiltración resulta ser un método efectivo del buen manejo de los recursos naturales de las áreas rurales de la provincia de Manabí, con el propósito de mejorar el aprovechamiento sustentable del agua como un recurso indispensable. Este método empleado mancomunadamente dentro de las zonas rurales es el principio de desarrollo de las capacidades y potencialidades de los actores locales, donde la participación social y por ende el intercambio de saberes son pilares elementales en la ejecución de este sistema de captación de agua.

Luego de la descripción sobre el tema existen muy pocos estudios sobre las zanjas de infiltración en las zonas rurales de Manabí, los cuales serían útiles de realizar para integrar las investigaciones existentes. También escasean estudios que consideren cómo las acequias afectan la infiltración de agua y los flujos de agua subterráneos. Además, hay que considerar realizar la mayor cantidad de estudios al terreno donde se construirán las zanjas para determinar la efectividad de éstas, además de evaluar las mejores alternativas para su óptimo aprovechamiento.

El diseño de una zanja de infiltración debe estar bien calculado, para un periodo de retorno ya que depende en gran medida de la precisión en la determinación de los volúmenes de esorrentía y la capacidad de infiltración, es decir, que el diseño de las acequias debe ajustarse a la capacidad de infiltración del suelo, por ello es necesario realizar estudios de suelos y geología ya que si la infiltración del suelo es baja, las zanjas podrían colmatarse por lo que se necesitaran zanjas de mayor tamaño.

Esta investigación refleja la importancia de la aplicación de la técnica de zanjas de infiltración para la conservación y aprovechamiento del agua proveniente de las precipitaciones para el establecimiento de cultivos, y otros usos que se traduce en el aumento de la productividad en las zonas rurales de la provincia de Manabí. De acuerdo a los estudios ya realizados demuestra que las zanjas de infiltración traen beneficios positivos a la vegetación más que efectos negativos. El almacenamiento de saturación del suelo acrecienta solo en los alrededores de la zanja de infiltración, y los nutrientes del terreno fértil pueden acumularse dentro de las sequias y en las periferias directas.

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

Para finalizar, las zanjas de infiltración producen múltiples ventajas, entre ellos están los impactos ecológicos, y son el aumento de la humedad del suelo, el incremento de la cantidad de agua aprovechable para cultivos, ganadería, y para quehaceres de los hogares, optimización de la recolección de agua, aumento en la recarga de agua subterránea, y desarrollo en la diversidad vegetal y cobertura de la superficie. Entre los impactos socioeconómicos de emplear las zanjas de infiltración es el aumento del rendimiento de los cultivos, incremento de la producción y calidad de forraje y el incremento del área de producción.

Se recomienda la implementación de sistemas de monitoreo continuo en lugares de implementación, y cooperar con otras comunidades rurales en relación a resultados para ampliar la base de conocimiento sobre los impactos de las zanjas de infiltración y no olvidar que deben restaurar y proteger la cobertura vegetal para que el proyecto de las acequias sea lo más sostenible posible y menos perturbador para el ecosistema de Manabí.

Referencias bibliográficas

1. Cardona, A. (2015). Las zanjas de infiltración evitan la sobresaturación de aguas y la pérdida de cultivos por lluvias. <https://acortar.link/i2HM3>
2. Consejo Provincial de Manabí (2016). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Manabí 2015-2024. <https://acortar.link/T6YuJ>
3. Danacova, M., Vyleta, R., Hlavcova, K., Kohnova, S., and Szolgay, J. (2021). Case study of integratingecosystemmanagememntintospatialplanning in rural environment, EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-5260, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-5260>, 2021.
4. Erkossa, T., Geleti, D., Williams, T., Laekemariam, F. y Hailelassie, A. (2020). Restauración de tierras de pastoreo para aumentar la producción de biomasa y mejorar las propiedades del suelo en la cuenca del Nilo Azul: efectos de las zanjas de infiltración y resiembra de ChlorisGayana. Agricultura renovable y sistemas alimentarios, 1-9. doi: 10.1017 / S1742170519000425. <https://acortar.link/wedHCY>

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

5. FAO (2000). Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia experiencias en América Latina. <http://www.fao.org/3/ai128s/ai128s00.pdf>
6. FAO (2011). Prácticas de Conservación de Suelos y Agua para la Adaptación Productiva a la Variabilidad Climática. <http://www.fao.org/3/as431s/as431s.pdf>
7. FAO (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>
8. Fernández, E. (2010). La gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco de desarrollo sostenible. <https://n9.cl/v9ze>
9. Flores, J. (2012). Diseño de zanjas de infiltración en zonas no aforadas usando SIG. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n2/v3n2a2.pdf>
10. Gutiérrez, O.; Castro, D. y Barcia, S. (2019). Zanjas de infiltración: opción para mitigar la erosión hídrica en la playa Rancho Luna. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, VOL. XL, No. 1, Ene-Abr 2019, p. 58-72. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1680-0338-riha2-40-01-58.pdf>
11. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural (1996). Manual de prácticas agroecológicas de los Andes Ecuatorianos. <https://acortar.link/fTOFB>
12. Locatelli, B.; Homberger, M.; Ochoa, B.; Bonnesoeur, V.; Roman, F.; Drenkhan, F. y Buytaert, W. (2020). Impactos de las zanjas de infiltración en el agua y los suelos: ¿Qué sabemos? TechnicalReport · May 2020. <http://hal.cirad.fr/cirad-02615502/document>
13. Mamani, E. (2017). Recarga artificial de acuíferos en función de las características geohidráulicas para incremento de la disponibilidad hídrica en el manantial Collana – Cabanilla. Repositorio UNA – PUNO. <https://acortar.link/BC8LU2>
14. Paredes, G. (2018). Evaluación de las propiedades físicas de suelos, en prácticas conservacionistas mediante zanjas de infiltración y plantaciones de Pinu Radiata en la comunidad de Rondobamba, distrito de Pachas, provincia de Dos de Mayo.

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

15. Perret, S.: Wrann, J. y Andrade, F. (2000). Aplicación de técnicas de captación de aguas lluvia en predios de secano para forestación. <https://acortar.link/E9blg>
16. Pizarro, R.; Flores, J.; Sangüesa, C. y Martínez, E. (2004). Zanjas de infiltración. ISBN 956-299-555-0. <https://acortar.link/6KuqJL>
17. Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chiborazo. (2015). Guía Técnica para cosechar el agua de lluvia. https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf
18. Rocha, M.; Ávila, C. y Medina, J. (2019). Sistemas Hidro-Ecológicos Como alternativa de control de riesgo de inundaciones en Villavicencio. <https://acortar.link/smzon>
19. Siller, D. y Barrera, A. (2011). Sistema de captación de agua de lluvia. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/38271/RUA6%20pag%2014-19.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
20. Solórzano, C. y Quiroz, L. (2021). Estrategia de la gestión de cuencas hidrográficas para la mitigación de inundaciones en la ciudad de Chone, Provincia de Manabí. Pol. Con. (Edición núm. 56) Vol. 6, No 3, marzo 2021, pp. 637-658 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v6i3.2393 <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2393>
21. Toran, L. y Jedrzejczyk, C. (2017). Monitoreo del nivel del agua para evaluar la efectividad de las zanjas de infiltración de aguas pluviales. Geociencias ambientales y de ingeniería (2017) 23 (2): 113–124. <https://pubs.geoscienceworld.org/aeg/eeg/article-abstract/23/2/113/521185/Water-Level-Monitoring-To-Assess-the-Effectiveness?redirectedFrom=fulltext>
22. Torres, L. (2017). Diseño del mejoramiento y ampliación de los sistemas de agua potable y saneamiento básico rural del caserío de Cachimarca, distrito de Cochorco, provincia de Sánchez Carrión, departamento de la Libertad. Repositorio Institucional. Universidad César Vallejo, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22735>

Las zanjas de infiltración en el aprovechamiento de agua en el sector rural de Manabí

23. Urrutia, H. (2016). Comparación de costos y tiempo de construcción para el uso de zanja de infiltración con distintas alternativas de rellenos en diferentes tipos de suelos. Universidad Católica de la Santísima Concepción. <http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1052/Hans%20Robert%20Urrutia%20Mart%c3%adnez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. Vásquez, A.; Vásquez, I. y Vásquez, C. (2014). Cosecha de agua de lluvia y su impacto en el proceso de desertificación y cambio climático. <https://acortar.link/jrIIU>
25. Vermont (2018). GUIDE TO STORMWATER MANAGEMENT for Homeowners and Small Businesses. https://dec.vermont.gov/sites/dec/files/wsm/erp/docs/2018-06-14%20VT_Guide_to_Stormwater_for_Homeowners.pdf
26. Vistoso, E. y Martínez, J. (2020). Importancia agrícola de la implementación de las zanjas de infiltración. Instituto De Investigaciones Agropecuarias – Informativo. N° 230 - Año 2020. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/3978/NR42054.pdf?sequence=1>
27. Wang, J., Guo, Y. (2020). Proper Sizing of Infiltration Trenches Using Closed-Form Analytical Equations. *Water Resour Manage* 34, 3809–3821 <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02645-x>
28. Yaguana (2015). Zanjas de infiltración como alternativa para la retención de agua en zonas secas. <http://www.utn.edu.ec/ficayaemprende/?cat=174&print=print-search>

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).