

Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias  
Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación  
Continua



Avance de proyecto de tesis  
**“Variación temporal y espacial de la humedad del suelo en dos  
parcelas típicas de fincas de café”**

Por:

**Licenciada Silvia Mercedes Nájera Abarca.**

Asesora:

**Dra. Marcia Lizeth Barrera de Calderón.**

**Maestría en Ciencias en Gestión Integral del Agua**

San Salvador, junio 2024

## 1 Introducción

En tiempos de cambio climático, variabilidad climática, deforestación, cambios en el uso de la tierra y población creciente, la disponibilidad de agua es cada vez más vulnerable tanto en términos de cantidad como de calidad (Vorosmarty *et al.*, 2010).

El volcán de San Salvador, que posee estrecha relación con el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), la cual está generando con su acelerado crecimiento poblacional un aumento en la impermeabilización de las zonas boscosas reduciendo la recarga de agua al acuífero que abastece a las comunidades aguas abajo. (Quiñonez, 2014). Para atender esta situación se están realizando algunos esfuerzos que ayudan a mejorar el uso y conservación de los servicios ecosistémicos para facilitar la adaptación a los impactos del cambio climático, de esto surge CityAdapt (<https://cityadapt.com/>), un proyecto de experimentación de la implementación de obras de conservación de suelos y agua como zanjas de infiltración, pozos de absorción y barreras vivas y muertas. Sin embargo, pese a estos esfuerzos aún no se ha medido la efectividad de dichas intervenciones en los distintos servicios ecosistémicos que ofrecen.


Este estudio se centra en evaluación del efecto de las zanjas de infiltración y variación del perfil de humedad del suelo, considerando distintos materiales geológicos, el tipo de vegetación, la pendiente y la textura del suelo, con los resultados se espera sustentar con datos los beneficios en suelo y agua que ofrecen las zanjas de infiltración en entornos boscosos característicos de zonas de recarga, tomando como sitio de estudio el Ecoparque El Espino del Volcán de San Salvador.

Con la investigación se busca responder a las siguientes preguntas: ¿Cuál es el comportamiento temporal de la humedad del suelo a distintas profundidades ante eventos de precipitación en parcelas con implementación de zanjas de infiltración y sin ellas, en condiciones similares de geología, pendiente y vegetación?

El apoyo en la instrumentación para el desarrollo exitoso de este proyecto fue posible gracias a la participación activa de FUNDASAL.

## 2 Avances del proyecto de tesis

COORDINACION




Presentacion  
del trabajo de  
campo  
2022

COOPERATIVA



Coordinacion  
con los actores  
locales.  
20 abril 2023

APROBACION DEL PROYECTO



Por Junta  
Directiva  
17 de  
noviembre  
2023

### Mediciones en campo

Esta investigación busca analizar comparativamente el comportamiento de la humedad del suelo ( $m^3/m^3$ ) en la época lluviosa y época seca subsiguiente, para lo cual se tendrá en cuenta la cantidad de lluvia (mm), tiempo (minutos); la temperatura del suelo, la altitud, la profundidad del sondeo, la existencia o no de zanjas de infiltración y la distancia al punto de muestreo, la pendiente del terreno, textura del suelo y tipo de vegetación y densidad de sombra en los puntos de muestreo.

Para la toma de datos de humedad del suelo se realizó la medición de dos parcelas de 50x50 metros, una de ellas en la parte alta del parque a una altitud media de 1,126 m y otra en la parte baja, a una altitud media de 959 m, en ambas se totalizó un área de muestreo total de 2,500 m<sup>2</sup>. Estas parcelas fueron delimitadas donde existen las zanjas de infiltración y en donde hay ausencia de las mismas para poder comparar los resultados obtenidos.

Para subdividir cada parcela y seleccionar los puntos de muestreo se estableció un total de 25 cuadrados de 10m x 10m (100 m<sup>2</sup>) que corresponden a la población. La muestra se seleccionó a través de un muestreo aleatorio simple con un nivel de confianza del 90% y error estándar del

10%, obteniendo un total de 19 puntos. Cada uno de los cuadrados fue numerado en orden correlativo respetando las filas de arriba hacia abajo, para seleccionar los cuadrados se utilizó la función aleatoria del 1 al 25 en una hoja de cálculo y se asoció los 19 valores con el número correspondiente del cuadrado previamente numerado. De igual forma se trabajó en la otra parcela.

	2		4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	
16	17		19	
	22	23	24	25



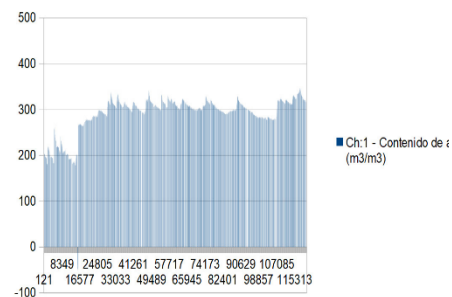
Para la delimitación de las parcelas en campo y medición de parámetros como la estimación de la pendiente del terreno, se utilizó los siguientes instrumentos de medición: GPS, cinta métrica, plomada, estacas marcadas y cordel; así mismo se identificó en campo los cuadrados con el número asignado en el procedimiento anterior a fin de ordenar la colecta de datos y sistematizar la información recolectada.

Se realizó una limpieza en las zanjas de infiltración, previo al inicio de la época lluviosa y se comenzó a montar los tubos de pvc de 4"; que fueron utilizados para obtener las mediciones de humedad del suelo, estos tenían tres tamaños diferentes a 15, 25 y 45 cm.





Para evaluar la humedad del suelo se utilizaron dos tipos de dispositivos: un registrador de humedad de suelo de la marca HOBO, el cual consiste en un sensor inalámbrico, que registra de forma instantánea, el contenido volumétrico de agua en el suelo. Las mediciones con este dispositivo se realizaron en los meses de agosto a diciembre 2023. Este registrador solamente fue instalado como control instantáneo en la parcela localizada en la Eco La T.



La medición de humedad y temperatura en tiempo real se llevó a cabo mediante sensores de humedad y temperatura del suelo que utilizan el protocolo de comunicación Zigbee, Modelo QT- 07. Las mediciones se realizaron dos veces por semana en los 19 cuadrantes previamente establecidos como muestra, en cada uno se perforó tres agujeros a tres distintas profundidades: 20 cm, 30 cm y a 50 cm, en total se tuvo 57 puntos de toma de datos por cada parcela y 114 para todo el estudio. Cada punto de toma de datos fue protegido con un tubo pvc que se selló entre mediciones para prevenir el ingreso de humedad lateral al agujero que pudiera alterar el contenido de humedad a la profundidad de medición. El trabajo se realizó retomando la investigación de Berthelin *et al.* (2020).



La cobertura vegetal en cada punto de muestreo fue medida con un densiómetro cóncavo, el cual fue montado en una estaca a 50 cm del suelo para reducir la baja precisión y exactitud que se asocia a ellos (Ganey & Block, 1994). Adicionalmente, se caracterizó el tipo de vegetación, utilizando la aplicación Pl@ntNet (<https://plantnet.org/en/>) o similar y su distribución en cada parcela, además se hizo el levantamiento de materia orgánica en descomposición y materia vegetal herbácea en un metro cuadrado donde se instrumentó para la determinación de humedad del suelo.



Para la determinación de la textura del suelo se colectaron muestras de suelo de 2.5 kg a diferentes profundidades, está pendiente la realización del ensayo granulométrico se seguirá la norma de referencia ASTM D 422; en el ensayo solamente se medirá la cantidad de fino menores a  $2\mu\text{m}$ , más no se determinará el porcentaje de cada uno, siguiendo lo realizado por Molina et al. (2011).

### **Gestión de información adicional ante el MARN**

Para el desarrollo de la investigación se solicitó la información recolectada en las estaciones telemétricas (35) Boquerón y (36) PROCAFE de los datos meteorológicos correspondientes a la época lluviosa del año 2023 de: Precipitación diaria; acumulada e instantánea (mm), Temperatura del aire °C diaria y Humedad.

Al mismo tiempo se solicitó el mapa de modelo de elevación digital del polígono donde se encuentra la finca El Espino.

### **Procesamiento de información**

Los datos obtenidos en el muestreo de temperatura y humedad del suelo fueron ingresados en una hoja de Excel, para su análisis y procesamiento, se realizaron un total de 25 viajes de campo desde

el 26 de agosto al 03 de diciembre 2023.

Se elaborará diagramas de dispersión que permita establecer o descartar relaciones entre los parámetros característicos de la zona de estudio y se elaborará el mapeo geoespacial de los mismos retomando el trabajo de Zhu *et al.* (2019).

### 3 Conclusiones

La implementación de las zanjas de infiltración contribuye a la infiltración del agua lluvia en el suelo, esto es constatado a diferentes profundidades, a medida las precipitaciones se incrementan se obtuvieron valores de 100% de humedad a los 50 cm, confirmando que el suelo es propicio para una correcta infiltración y recarga del acuífero.

En lugares donde existen zanjas de infiltración la erosión del terreno es menor esto se evidencia

**La fecha prevista de finalización de la tesis, esta para la cuarta semana, del mes de septiembre 2024, el documento final será entrega de forma virtual a FUNDASAL y cooperativa El Espino, con los resultados y recomendaciones.**

### 4 Referencias

Berthelin, R., Rinderer, M., Andreo, B., Baker, A., Kilian, D., Leonhardt, G., Lotz, A., Lichtenwoehr, K., Mudarra, M., Padilla, I. Y., Pantoja Agreda, F., Rosolem, R., Vale, A., & Hartmann, A. (2020). A soil moisture monitoring network to characterize karstic recharge and evapotranspiration at five representative sites across the globe. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*, 9(1), 11-23. <https://doi.org/10.5194/gi-9-11-2020>

Quiñonez, J. (2014). La gestión de las aguas urbanas del área metropolitana de El Salvador. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/arte-informe-aguas-urbanas-gwp-el-salvador-13012015.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/arte-informe-aguas-urbanas-gwp-el-salvador-13012015.pdf)

Molina Gadea, A. Y., Cano Aráuz, N. J., & Hurtado Torres, J. S. (2011). Propiedades físicas y mecánicas del material selecto y escoria volcánica (Hormigón) provisto por los frentes de explotación activos en los Bancos de préstamo a San Isidro Libertador, La Veta, Mina Sandino y Cerro Talpetate utilizados en obras horizontales en el Departamento de Managua. <https://repositorio.unan.edu.ni/5096/1/88731.pdf>

Vorosmarty, C., McIntyre, P., Mark, O., Dudgeon, D., Davies, P. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. [https://www.researchgate.net/publication/47743050\\_Global\\_Threats\\_to\\_Human\\_Water\\_Security\\_and\\_River\\_Biodiversity#pf2](https://www.researchgate.net/publication/47743050_Global_Threats_to_Human_Water_Security_and_River_Biodiversity#pf2)

Zhu, X., Chen, C., Wu, J., Yang, J., Zhang, W., Zou, X., Liu, W., & Jiang, X. (2019). Can intercrops improve soil water infiltrability and preferential flow in rubber-based agroforestry system? *Soil and Tillage Research*, 191, 327-339. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.017>