PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABÍ

CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

TEMA:

"EVALUACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA EN EL EJE LONGITUDINAL DE UN SURCO".

PREVIO AL TÍTULO DE:

INGENIERO HIDRÁULICO.

AUTOR:

JOSÉ NEMESIO MOREIRA POGGI

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. FABIÁN RODRIGO ESPINALES CEDEÑO. MG

DICIEMBRE,2022

PORTOVIEJO, ECUADOR

Certificación.

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño, Mg.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

En mi calidad de director de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación**.**

_____

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño, Mg.

C.I: 1306597657

Aprobación del tribunal.

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Manabí.

(f)_____

Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño, Mg.

Primer lector

(f)_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc

Segundo Lector

(f)_____

Ing. Andy Miguel Giler Ormaza, Mg.

Tercer Lector

Declaración de originalidad.

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

_____

José Nemesio Moreira Poggi

Dirección: Portoviejo, Av. 5 junio, Paso Lateral, Urb. Fuentes Del Rio

Celular: 0967814476

Declaración de derechos de autor.

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general.

Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

_____

José Nemesio Moreira Poggi

C.I: 131627392-7

Dedicatoria.

Esta tesis está dedicada a:

A Dios por ser mi guía durante el proceso y por haberme permitido lograr una meta más en mi vida.

A mis padres CELIA CRISTINA POGGI QUEVEDO y JOSE NEMESIO MOREIRA TERAN quienes con su apoyo, amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de sacrificio para conseguir los objetivos.

A mis hermanos MARIA ISABEL MOREIRA POGGI y LUIS EDUARDO MOREIRA POGGI y a toda mi familia por siempre brindarme apoyo, cariño y consejos que siempre logran ayudarme para llegar a ser mejor persona.

A mi novia ROSA EMILIA VALLEJO VÉLEZ por siempre brindarme su apoyo y amor en los momentos difíciles, por siempre aconsejarme para seguir a cumplir mis objetivos.

A mis amigos por siempre brindarme la mano cuando la necesite y regalarme una sonrisa en los momentos difíciles.

José Nemesio Moreira Poggi

Agradecimiento.

Quiero comenzar agradeciéndole a Dios que siempre me brinda alimento, salud, bendición y vida, a mis padres, hermanos, abuelitos, mi familia por siempre darme sus consejos y cariño para poder superar cualquier obstáculo, a mi novia que siempre estuvo para darme la mano cada vez que necesite su ayuda, a mis amigos por brindarme su ayuda y alegrías en toda esta etapa. A la institución Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí por todo los conocimientos y enseñanzas que me brindaron para lograr culminar con este sueño. De igual forma agradezco a aquellos docentes que me brindaron todo el apoyo incondicional para lograr este objetivo. Al Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga y al Ing. Fabian Rodrigo Espinales Cedeño por sus enseñanzas.

Tabla de contenido

Certificación. 1

Aprobación del tribunal. 2

Declaración de originalidad. 3

Declaración de derechos de autor. 4

Dedicatoria. 5

Agradecimiento. 6

Resumen 9

Abstract 10

Introducción. 11

Materiales y métodos. 14

Área de estudio 14

Localidad 14

Información climatológica. 15

Materiales 15

Materiales de campo: 15

Materiales de oficina: 16

Métodos 17

Resultados de los caudales del agua que se desplaza en los 3 surcos. 18

Resultados y tiempos de las etapas de avance, almacenamiento, resección y vaciamiento. 20

Datos de humedad del suelo para saber en qué momento está en su punto de marchitez.21

Conductividad eléctrica del agua evaluada después de la inyección de fertilizante en 3 tiempos.....32

Resultados y discusión.....38

Conductividad eléctrica del agua sin tratamiento de fertilizantes. 38

Determinar la calidad de agua que ingresa al surco. 39

Comparar la respuesta de la calidad de agua con los tratamientos de fertilizantes. 40

Evaluar el suelo antes y después de agregar fertilizantes. 41

Conclusión. 44

Bibliografía 45

Anexos. 48

.....50

Resumen

Esta investigación cuantitativa tuvo como objetivo evaluar la conductividad eléctrica en el eje longitudinal de un surco en las instalaciones del campus Lodana de la Universidad Técnica de Manabí, cantón Santa Ana, considerando que el estudio del agua de riego es necesario para el buen uso de aditivos. Por tanto, este trabajo correlacional, experimental de campo fue desarrollado entre julio y agosto de 2022 observando, analizando y evaluando el comportamiento del agua y del suelo mediante un conductímetro y potenciómetro, antes y después de la interacción de fertilizantes. Los datos recolectados fueron empleados y comparados para mostrar los beneficios y perjuicios que implica el uso de fertilizantes sin el estudio de la cantidad de agua que el suelo utiliza para los cultivos. La inyección de fertilizante fue realizada con el efecto *Venturi*. Los resultados muestran que la calidad del agua utilizada para riego tiene un valor de 7,77 d S/m, lo cual la ubica como muy salina, no siendo recomendable su uso en el sector agrícola. Los resultados de la evaluación con el tratamiento de fertilizantes muestran una elevación a 13,28 d S/m al agua y en el suelo, representando un cambio perjudicial para los cultivos, por lo que el uso de fertilizantes no siempre suele ser beneficioso para su desarrollo. Se establece que la mezcla de fertilizantes compuestos con agua de altos valores de conductividad eléctrica incrementa su salinidad, lo que la convierte en inutilizable para los cultivos.

Palabras clave: suelo, fertilizante, salinidad, calidad del agua

Abstract

This quantitative research study aimed to estimate electrical conductivity in the longitudinal axis of a groove at *Lodana* Campus, *Universidad Técnica de Manabí, Santa Ana* Canton, in view of that knowledge of irrigation water requirements is necessary for the safe use of additives. Therefore, this correlational, experimental field research study was carried out from July to August 2022 by observing, analyzing and evaluating the behavior of water and soil through an electrical conductivity meter and a dew-point potentiometer, before and after the interaction of fertilizers. Data were collected, used and compared to show the pros and cons of using agricultural fertilizers without having studies on how much water soils require for crop production. Fertilizer injection was applied using the Venturi effect. The findings show that water quality used for irrigation corresponds to 7.77 d S/m, which means it is highly saline, so that it is not recommended using it in the agriculture sector. The findings of the evaluation with fertilizer treatment reveal an increase corresponding to 13.28 d S/m in water and soil, which represents a detrimental change for crops, so the use of fertilizers on them is not always good for their growth and yield. It is established that mixing compound fertilizers and water with high values of electrical conductivity increases its salinity levels, which makes it become unusable for crops.

Keywords: soil, fertilizer, salinity, water quality

Introducción.

Las localidades ya afrontan muchos desafíos para hallar y preservar su patrimonio construido, uno de los desafíos actuales es la contaminación y el aumento de enfermedades causadas por la mala gestión del agua. Hay dos desafíos principales relacionados con el agua que afectan su sostenibilidad: la falta de acceso a agua limpia y saneamiento y el aumento de los desastres relacionados con el agua, como inundaciones y sequías (Gonzalez, 2021)

En el trabajo realizado por parte de (Acosta, 2016) nos menciona que es un reto para la humanidad transportar este fluido vital a la ciudad, tanto a través de los aguaceros como a través de los sistemas de abastecimiento. Por lo tanto, (Cuellar, 2017) dice que se asevera que la calidad del agua potable es un argumento de inquietud para todos los países del mundo, tanto en vías de desarrollo como en vías de progreso debido a su importancia para la salud de la población

Cuando la cantidad de sal que ingresa a la solución del suelo excede la cantidad eliminada por el agua de riego en su movimiento a través del perfil del suelo, surgen problemas que pueden variar en clase y magnitud según la concentración y el tipo de sal soluble, porque el suelo y las plantas reaccionan de manera distinta a diferentes sales. Esta información fue adquirida a través del trabajo del Ing. Álvaro García O. (García, 2012) de la Unión Internacional de las Ciencias del Suelo, titulada “Criterios Modernos para Evaluación de la Calidad del Agua para Riego”.

Según Benavides, (2008) nos indica que muchos países se asocian a una buena gestión de los recursos naturales, así como a la lucha contra la contaminación, a través de la implementación de herramientas para un mejor seguimiento de los recursos naturales. Por otro lado (Carabali, 2019) nos menciona que diferentes materiales degradan la calidad del agua y la inutilizan para el uso pretendido.

Se comprende que el uso y manejo del agua es un factor clave para aumentar la productividad agrícola y certificar una elaboración predecible (Tartabull et al., 2018). El agua es necesaria para rendir el potencial del suelo y permitir que las variedades mejoradas de plantas y animales aprovechen al máximo otros factores de producción para aumentar los beneficios (INNOVA, 2021).

La agricultura actual es causante de la liberación de grandes cantidades de agroquímicos, materia orgánica, sedimentos y sales en los cuerpos de agua. La contaminación del agua por prácticas agrícolas insostenibles representa una grave amenaza para la salud humana y los ecosistemas del planeta, un problema que los legisladores y los agricultores suelen destacar (Romero, 2017). La calidad del agua de riego está regulada por las sales (cantidad y tipo) y los residuos que la forman. Es muy importante conocer sus propiedades, ya que afecta a las propiedades efímeras, aumenta su salinidad y, por tanto, afecta al rendimiento del cultivo. (Masseroni et al., 2018).

El pH y la conductividad eléctrica son dos determinaciones comúnmente recomendadas que se analicen juntos en una sola muestra de suelo. Sin embargo, son dos propiedades que tienen una identidad especial que las hace muy diferentes. Eso quiere decir que cada uno tiene su propio comportamiento y condiciona de una manera particular los procesos y reacciones fundamentales son diferentes y nos dan información diferente a la hora de tomar decisiones (Sarasola et al., 2020).

Para la evaluación de la calidad de agua se necesita obtener el índice de adsorción de sodio, así como la conductividad eléctrica, donde se analizarán varios muestreos con un sistema basado en la medida de la conductividad eléctrica del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo del (RAS) para evaluar el riesgo de sodificacion o alcalinización, es el

propuesto por Richards, uno de los sistemas más utilizados en España (Fernandez, 2005). La cantidad de agua para riego depende de las necesidades hídricas de la planta y de la cantidad de agua disponible en la naturaleza (Orejuela et al., 2018).

El agua de riego también aporta nutrientes como calcio, azufre, potasio, magnesio y algunos elementos tóxicos como el sodio y el cloro, que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar la solución nutritiva para el cultivo. El agua con cierta salinidad representa un ahorro en el uso de fertilizantes en sistemas hidropónicos o de suelo, ya que reducen la cantidad de fertilizante que se agrega a la planta (Castellanos, 2004).

El problema de la salinidad existe si la sal se acumula en la zona de la raíz del cultivo, reduciendo el rendimiento. Algunos problemas de toxicidad surgen si ciertos iones en el suelo son absorbidos por las plantas y se acumulan en concentraciones tan altas que dañan los cultivos o reducen los rendimientos. (Gomez et al., 2015).

Con estos antecedentes la presente investigación tiene como objetivo general, la evaluación de la conductividad eléctrica en el eje longitudinal de un surco. para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación; determinar la calidad del agua que entra al surco lo cual dio resultados que nos da a conocer que el agua es muy salina y poca recomendable su utilización. Comparar la respuesta de la calidad del agua con los tratamientos de fertilizantes, mediante la utilización de varios métodos nos arrojó resultados que nos ayuda a llegar a una conclusión sobre la utilización de fertilizantes. Evaluar el suelo antes y después de agregar los fertilizantes, esto nos ayudó a saber el cambio que reflejo la utilización del agua con tratamiento de fertilizantes al suelo.

Materiales y métodos.

Área de estudio

Localidad

El levantamiento se realizará en el cantón de Santa Ana en las instalaciones de la estación meteorológica Teodomira ubicada en las instalaciones de la Universidad Técnica de Manabí, extensión de Lodana, dicha estación se ubica geográficamente entre las coordenadas de referencia de latitud 1° 10' 33.71” S y longitud 80° 23'08.16” W a una altura de 59 m.

Ilustración 1Estación Meteorológica la Teodomira (GOOGLE, s.f.)

Información climatológica.

El clima de Santa Ana es tropical seco con inviernos y veranos bien diferenciados; La temperatura media anual en el municipio de Santa Ana es de 26° C. La temperatura máxima alcanza los 37° C y la mínima 14° C. Sin embargo, la variación diaria de temperatura puede ser de hasta 10º C. (GAD, 2022)

Materiales

Materiales de campo:

Conductímetro portátil

Tacho 20 litros

Tanque 200 litros

Tubos PVC 3”

Tubos PVC 2.5”

Tubos PVC 2”

Fundas para recolectar los datos

Bomba

Manómetro

Fertilizante “Nutra riego, Multipropósito”

Válvula 2”

Pegamento

Venturi

Válvula 1”

Manguera ½”

Codo 2.5”

Codo 1”

Collarín ½”

Herramientas Básicas

Dataloger

Materiales de oficina:

Laptop

Cuaderno

Pluma

Impresora

Métodos

Lo primero fue comenzar con la preparación del terreno para que tuvieras las condiciones para realizar el estudio, se comenzó con remover los excesos de piedras que obstaculizaran las maquinas que iban a trabajar en el terreno, Se comenzó usando el arado el cual permitió remover, revolver y moler los terrones el cual ayuda a volver el terreno a su estado inicial permitiendo así utilizar la rastra pesada la cual ayudo a triturar y enterrar resto vegetales, para finalizar paso la labranza la cual ayudo a realizar los surcos con una pequeña pendiente para que el agua que ingresara no se estancara y este corriera hacia el final del surco.

Una vez que se preparó el terreno, se comenzó a obtener los materiales necesarios para llevar el agua que se encontraba en un reservorio de aproximadamente 5 metros de profundidad, 10 metros de largo y de ancho, se comenzó instalando una bomba cerca del reservorio la cual tenía 50 metros de distancia de donde se encontraba el terreno donde se iba a realizar el estudio.

Se consiguieron tubos de PVC de 2”, 2.5”, 3” ya usados para reducir costos, se compraron accesorios como tee, codos, reductores y herramientas lo cual ayudaron para la instalación correcta de los tubos. Se instalaron Collarines de 1” en el tubo, para que estos coincidieran en la cabecera de los surcos y permitir un mejor estudio.

Para iniciar con el proyecto se realizó un estudio del suelo de infiltración, capacidad de campo y punto de marchitez del suelo. Realizado todo esto, primero se comenzó con conocer las características del surco, donde este tiene una longitud de 55 metros ya que es el límite de la parcela y se denomina un surco parcelario ya que será utilizado para un cultivo de maíz. Conocido esto se evaluó el caudal que entra al surco utilizando el método volumétrico Q=V/t.

Con un tacho de 20 litros se calculó en cuantos segundos este se llenaba, se obtuvo una media de caudal entre 3 surcos que fueron evaluados.

Resultados de los caudales del agua que se desplaza en los 3 surcos.

Caudales L/S		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
0,17	0,15	0,15

Q =	**0,157**

Tabla 1 Caudal Surcos

Teniendo este dato ya se pudo comenzar con la evaluación la cual venia de 4 etapas:

Etapa de Avance. (Se toma los tiempos en el que el agua llega a los puntos de control)

Se instalaron puntos de control cada 5 metros desde la cabecera del surco y los pies del surco, esto ayudo a tomar tiempos de como el agua iba avanzado hacia el final.

Etapa de Almacenamiento. (Tiempo final en el que los surcos se encuentran totalmente llenos)

Se tomo tiempo de cuanto el surco tomaba en ser llenado, se instaló una barrera en el último punto con un agujero similar al collarín que permitía la entrada del agua al surco, siendo así que en el momento en que este agujero tuviera el mismo caudal que lo que entra se sabía que el surco estaba lleno.

Etapa de Recepción. (Los datos de tiempo en cada punto en la que va desapareciendo el agua desde la cabecera hasta los pies del surco)

Al igual que en la etapa de almacenamiento se tomaron tiempos, pero esta vez, al contrario, se obtuvieron cuando el agua iba desapareciendo de la cabecera hasta los pies de la cabecera.

Etapa de Vaciamiento. (Tiempo final en la que los surcos se encuentran sin agua)

Se obtuvo el tiempo en el que el agua desapareció del surco.

Resultados y tiempos de las etapas de avance, almacenamiento, resección y vaciamiento.

En las siguientes tablas podemos observar los tiempos en segundos, donde se muestran las etapas de avance, almacenamiento, recepción y segundos. Donde (P) son los 7 puntos de control que comenzaban 5 metros delante de la cabecera del surco y terminaba 5 metros antes de los pies de este, así mismo lo puntos de control estaban separados por 5 metros de distancia.

Fase de avance (Tiempos) Segundos

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	60	99	68
P2	193	310	186
P3	422	2020	371
P4	1877	2900	1428
P5	2800	5065	2868
P6	4315	6900	4850
P7	5170	8296	7231
FINAL	6123	8552	7521

Tabla 2 Fase de avance

Fase de Almacenamiento (Tiempo) Segundos

TIEMPO DE LLENADO		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
7328	7525	7459

7437

Tabla 3 Fase de almacenamiento

Fase de recepción (Tiempos) Segundos

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	226	458	314
P2	1805	2231	2050
P3	2264	2718	2608
P4	2602	3023	2872
P5	3158	3688	3557
P6	3532	4277	4109
P7	4105	4701	4534
FINAL	4817	5711	5291

Tabla 4 Fase de recepción

Fase de vaciamiento (Tiempo) Segundos

TIEMPO DE VACIADO		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
4817	5711	5291

5273

Tabla 5 Fase de vaciamiento

Terminado con la primera recolección de datos, se comenzaron a obtener valores de la humedad ya que para comenzar con el segundo riego y aplicar la inyección de fertilizante el suelo debe estar en su punto de marchitez el cual es 0.091 m^3/m^3.

Datos de humedad del suelo para saber en qué momento está en su punto de marchitez.

Los datos fueron tomados cada día, después que se hizo el primer riego.

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 1			
PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,560	0,484	0,445
P2	0,610	0,628	0,611
P3	0,588	0,610	0,608
P4	0,617	0,602	0,614
P5	0,628	0,614	0,623
P6	0,622	0,602	0,628
P7	0,602	0,598	0,635

Tabla 6 Datos Humedad Dia 1

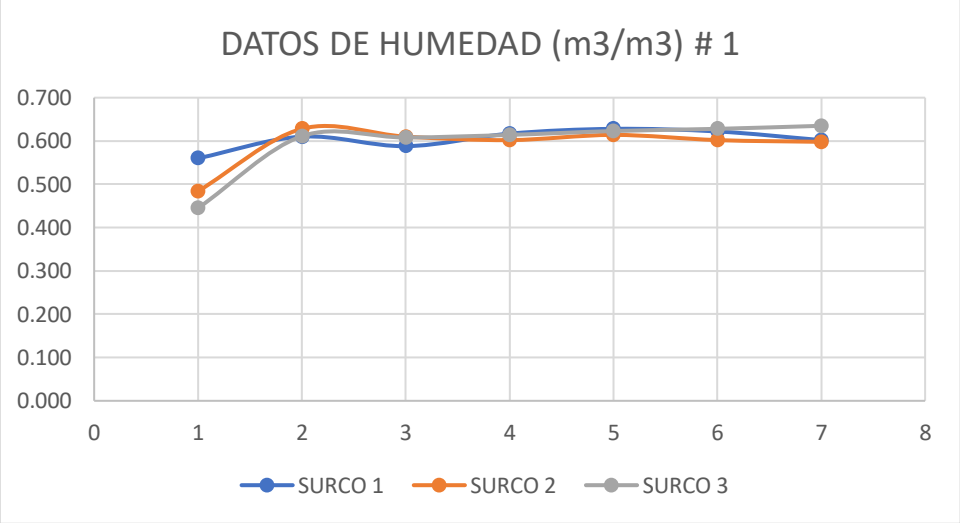

Ilustración 2 Humedad Dia 1

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 2

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,449	0,377	0,303
P2	0,571	0,555	0,541
P3	0,495	0,557	0,542
P4	0,569	0,552	0,543
P5	0,587	0,576	0,570
P6	0,581	0,561	0,580
P7	0,484	0,418	0,584

Tabla 7 Datos Humedad Dia 2

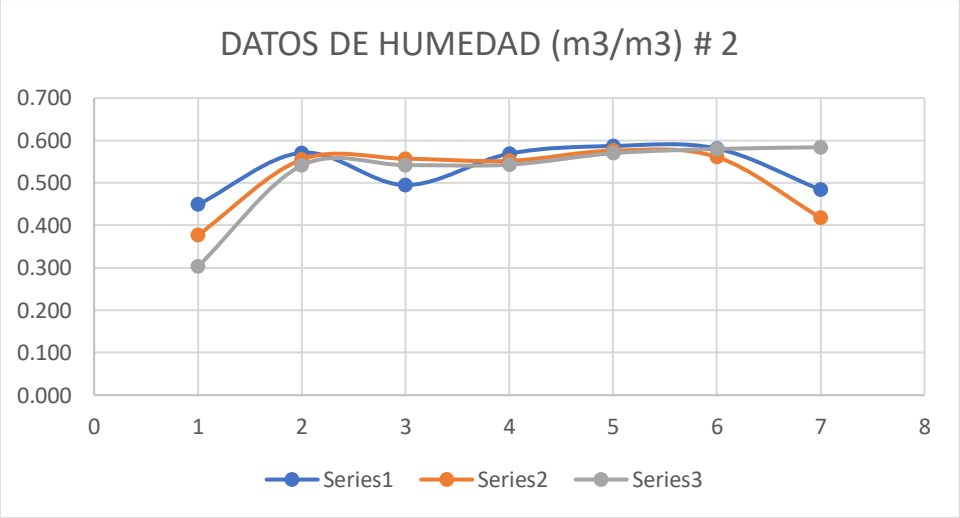

Ilustración 3 Humedad Dia 2

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 3

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,401	0,355	0,298
P2	0,502	0,523	0,502
P3	0,468	0,505	0,525
P4	0,521	0,518	0,512
P5	0,556	0,562	0,552
P6	0,572	0,548	0,571
P7	0,479	0,415	0,576

Tabla 8 Datos Humedad Dia 3

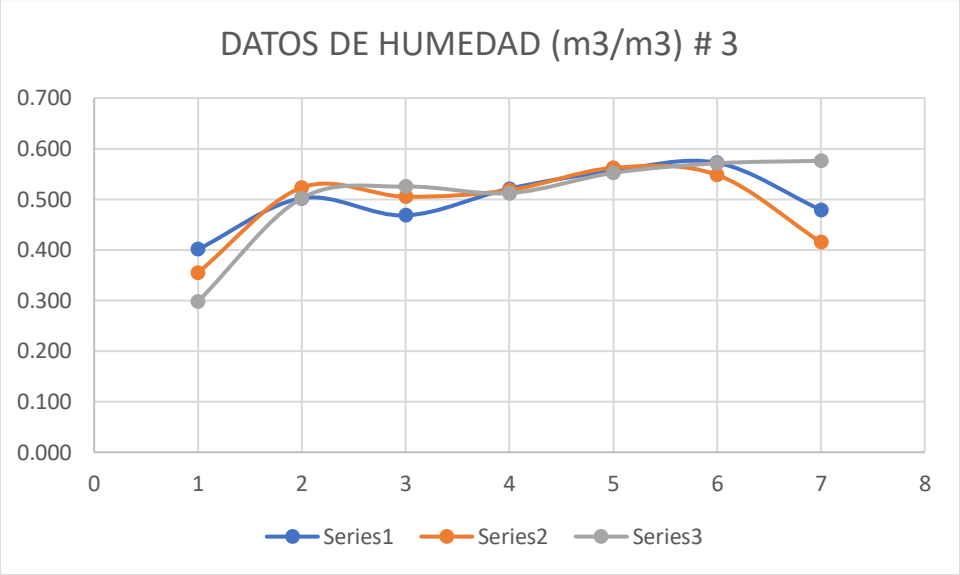

Ilustración 4 Humedad Dia 3

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 4

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,395	0,352	0,292
P2	0,495	0,502	0,491
P3	0,462	0,492	0,512
P4	0,502	0,503	0,502
P5	0,530	0,537	0,542
P6	0,552	0,542	0,562
P7	0,469	0,408	0,562

Tabla 9 Datos Humedad Dia 4

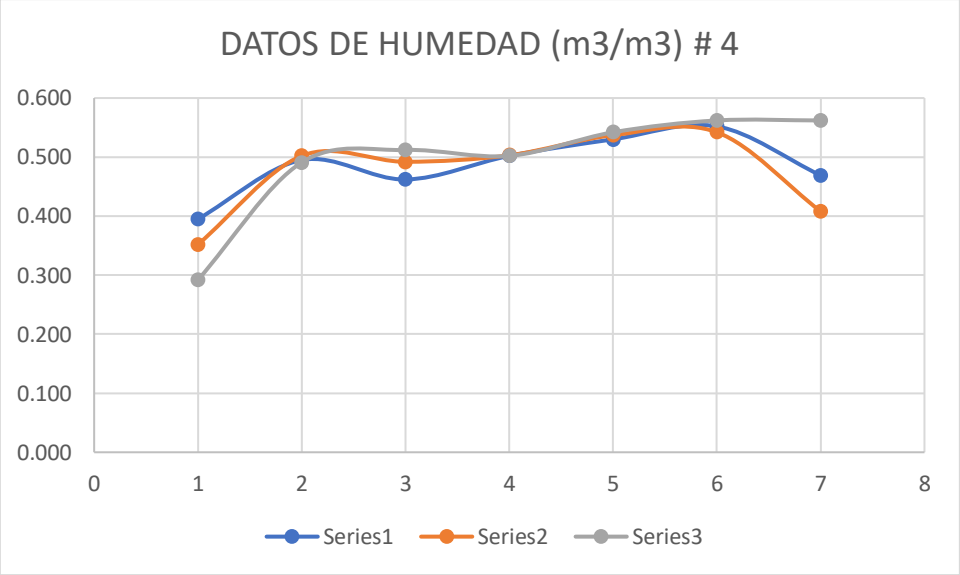

Ilustración 5 Humedad Dia 4

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 5

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,367	0,325	0,278
P2	0,478	0,485	0,472
P3	0,445	0,465	0,498
P4	0,485	0,478	0,468
P5	0,502	0,510	0,523
P6	0,532	0,512	0,525
P7	0,423	0,408	0,502

Tabla 10 Datos Humedad Dia 5

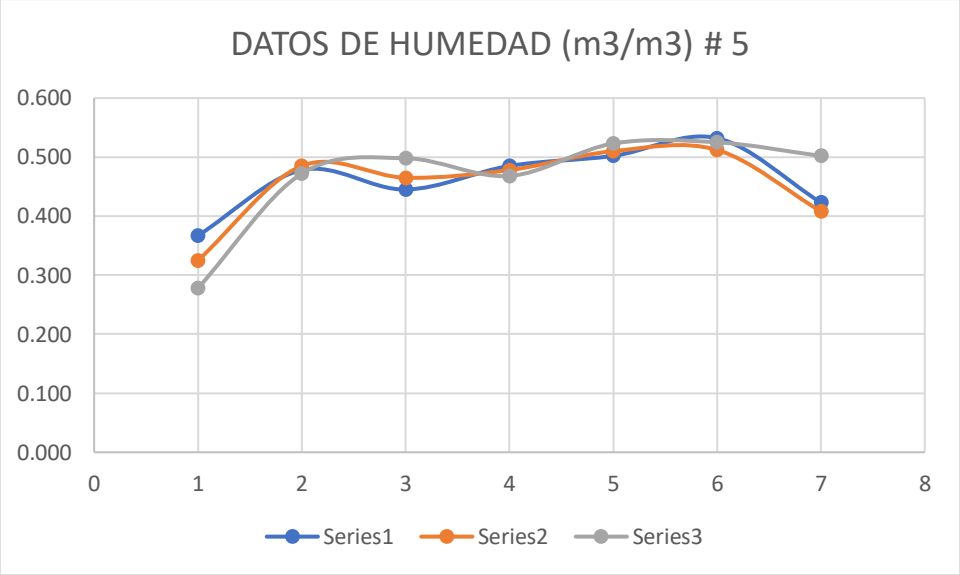

Ilustración 6 Humedad Dia 5

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 6

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,305	0,298	0,242
P2	0,440	0,453	0,435
P3	0,421	0,432	0,427
P4	0,452	0,443	0,432
P5	0,472	0,482	0,498
P6	0,497	0,482	0,471
P7	0,384	0,377	0,475

Tabla 11 Datos Humedad Dia 6

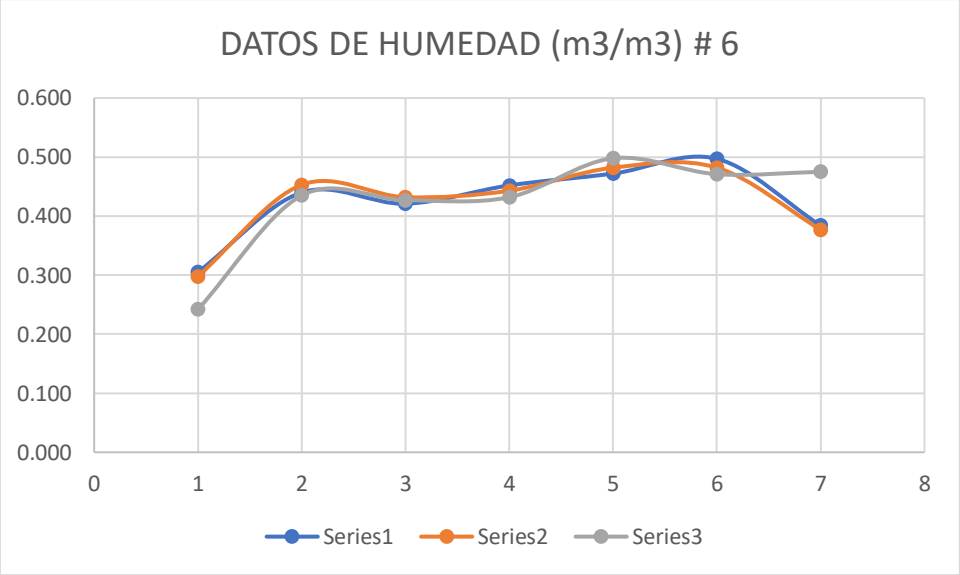

Ilustración 7 Humedad Dia 6

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 7

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,210	0,308	0,325
P2	0,498	0,485	0,495
P3	0,468	0,455	0,448
P4	0,487	0,486	0,475
P5	0,472	0,463	0,425
P6	0,411	0,413	0,423
P7	0,398	0,384	0,375

Tabla 12 Datos Humedad Dia 7

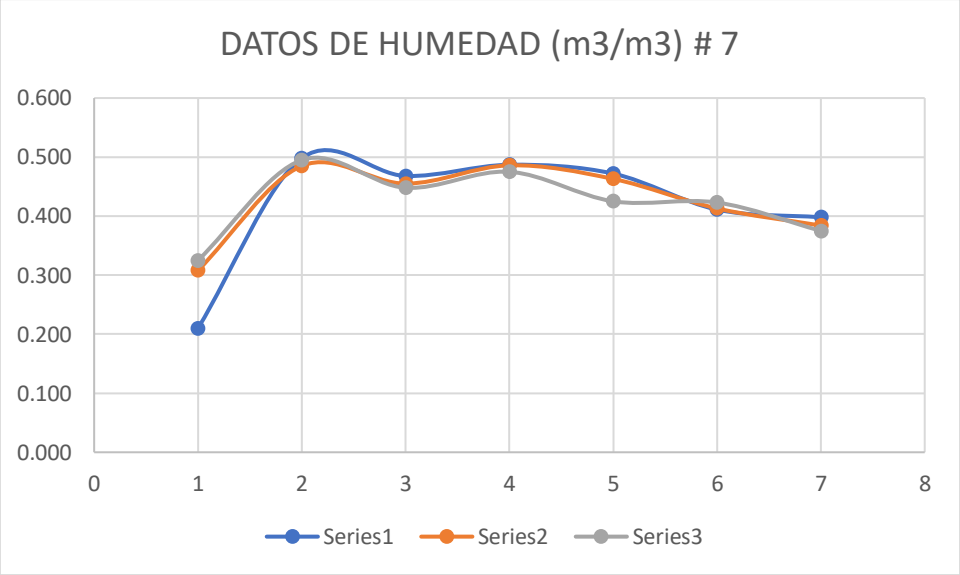

Ilustración 8 Humedad Dia 7

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 8

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,112	0,203	0,255
P2	0,395	0,388	0,375
P3	0,368	0,377	0,362
P4	0,379	0,356	0,368
P5	0,348	0,327	0,319
P6	0,302	0,298	0,278
P7	0,270	0,286	0,277

Tabla 13 Datos Humedad Dia 8

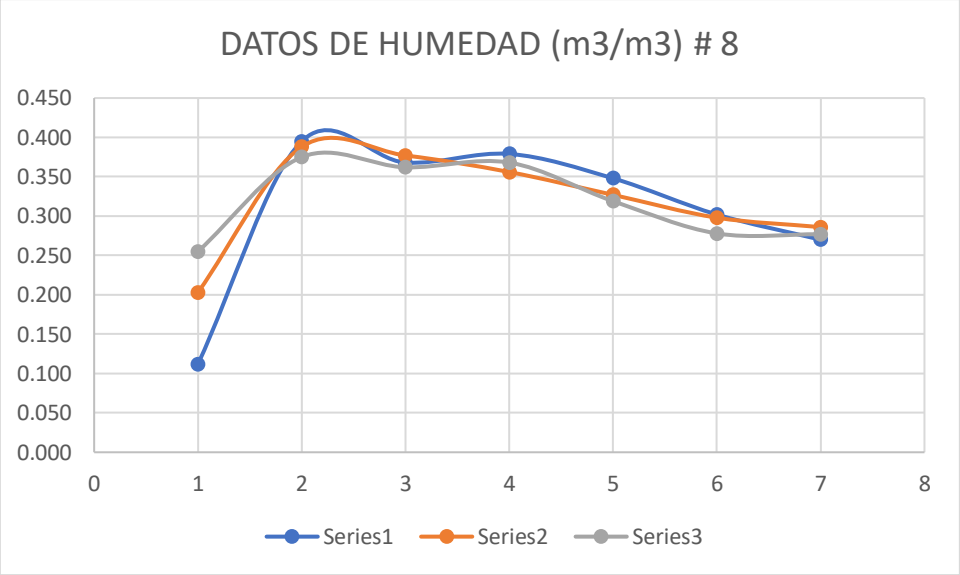

Ilustración 9 Humedad Dia 8

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 9

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,084	0,110	0,153
P2	0,184	0,115	0,128
P3	0,198	0,117	0,155
P4	0,194	0,152	0,144
P5	0,203	0,210	0,197
P6	0,153	0,177	0,143
P7	0,125	0,133	0,128

Tabla 14 Datos Humedad Dia 9

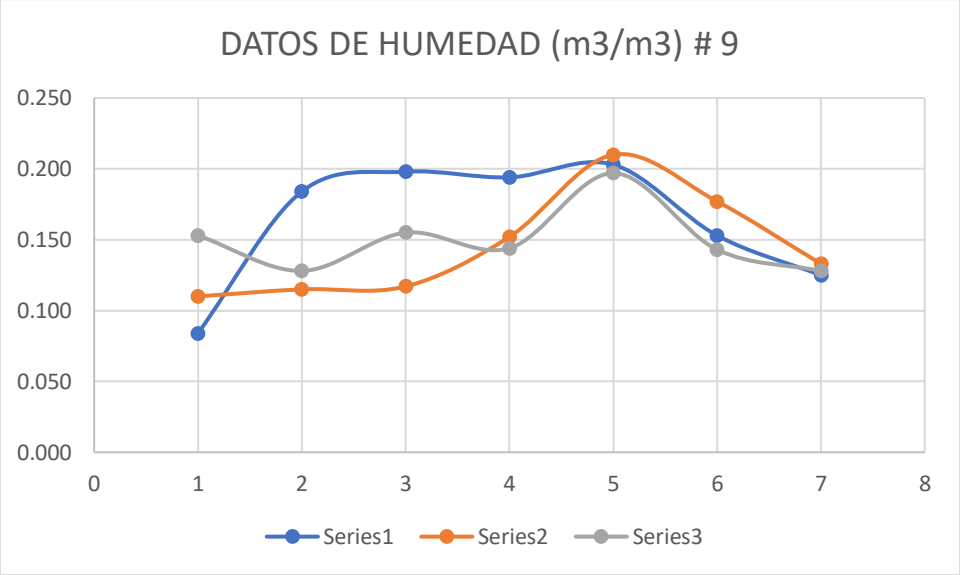

Ilustración 10 Humedad Dia 9

DATOS DE HUMEDAD (m3/m3) # 10

PUNTOS DE CONTROL (P)	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
P1	0,082	0,089	0,083
P2	0,092	0,095	0,085
P3	0,079	0,087	0,082
P4	0,081	0,080	0,083
P5	0,085	0,079	0,091
P6	0,092	0,083	0,078
P7	0,084	0,085	0,088

Tabla 15 Datos Humedad Dia 10

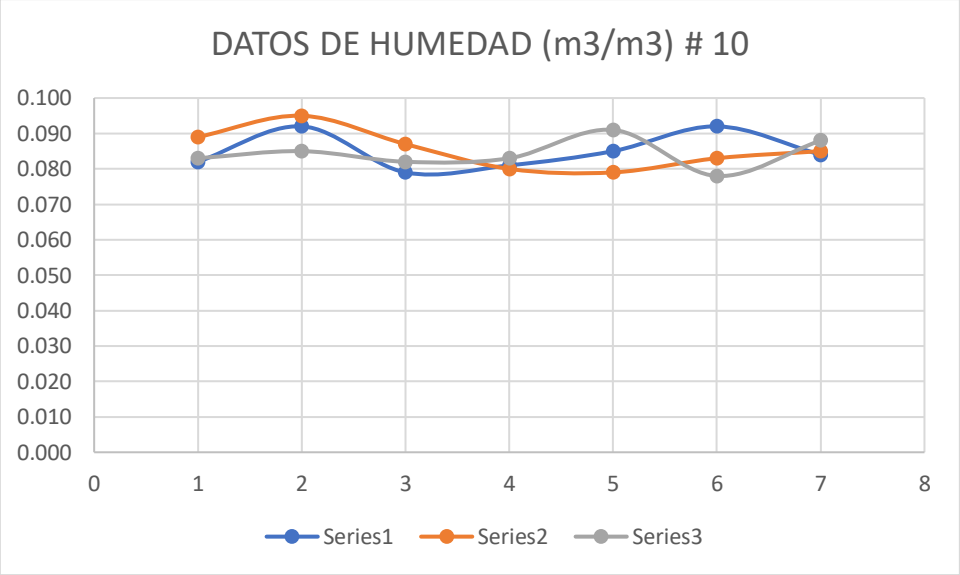

Ilustración 11 Humedad Dia 10

Para inyectar el fertilizante se tuvo que conocer la característica de presión con la cual funciona el equipo de bombeo, donde mediante un manómetro se dio a conocer que era 6.27 bares obteniendo esto se hizo la instalación de un Venturi de 1 pulgada con un caudal de absorción de 0,078 l/s y una pérdida de carga de mínimo del 20% (TRAXCO, 2022), el cual inyecta el fertilizante por el cambio de presiones y velocidades permitiendo absorber la mezcla de fertilizante y agua que se utilizara, Además de esta instalación se realizó un estudio donde se tomó una cierta cantidad del agua que se iba a utilizar para el riego con varias cantidades de fertilizantes y con ayuda del Excel se realizó una gráfica exponencial para obtener una formula (**$y = 8{,}4741x^{0{,}2885}$**

$R^2 = 0{,}9909$) el cual nos facilitaría el saber cuánta cantidad de fertilizante se utilizaría en cada tanque de 200 para lograr abastecer el surco y lograr que en cada punto se obtengan los mismo valores de fertilizante.

Una vez obtenido todo esto, se comenzó a realizar con la recolección de datos del agua realizando 3 tiempos de toma de datos.

Donde en el primer tiempo, se cogieron los 21 datos desde que el agua comenzó a ingresar y llegar a los pies del surco. El segundo tiempo fue obtenido cuando el surco llego a estar un poco más lleno y el tercer tiempo fue cuando el surco llego a su punto de almacenamiento.

Una vez con todos los datos, se utilizó un conductímetro para sacar la conductividad eléctrica de los datos obtenidos del agua con fertilizante y del agua sacado del reservorio.

Conductividad eléctrica del agua evaluada después de la inyección de fertilizante en 3 tiempos.

Se muestran los resultados de la conductividad eléctrica, tomada en 3 tiempos donde se utilizaron 3 tanques de fertilizante con un Venturi que tenía un caudal de absorción de 0.078 l/s.

Las muestras del primer tiempo fueron tomadas cuando el agua con fertilizante iba llegando a los pies del surco, el segundo tiempo fue tomado cuando el surco comenzó con la fase de almacenamiento y comenzaba a llenarse y finalmente el tercer tiempo fue tomado cuando el surco se encontraba en la fase de almacenamiento. La distancia de cada punto muestra en el trayecto que fueron sacado las muestras para su debido análisis, así mismo los valores que se observan en los surcos, son los valores de CE que se obtuvieron.

El coeficiente de uniformidad ayuda a identificar la similitud de la distribución del fertilizante en el eje del surco. ($CV = \frac{\sum|X1-X|}{n*X}$) . X1= Dato de CE del agua en cada punto; X= Promedio de todos los puntos; n= Número de puntos de muestra.

Se observan tablas y graficas donde se encuentran los resultados de la conductividad eléctrica del agua después de la inyección del fertilizante.

DISTANCIA DE CADA PUNTO (m)	TIEMPO 1		
	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
5	20	20	20
10	9,35	9,38	9,32
15	10,07	10,07	9,27
20	9,24	9,22	9,32
25	9,29	9,23	9,92
30	9,37	9,34	9,39
35	10,07	9,35	9,54

Tabla 16 CE con fertilizante, tiempo 1

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD 1		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
0,1427	0,1432	0,1423

Tabla 17 Coeficiente de uniformidad 1

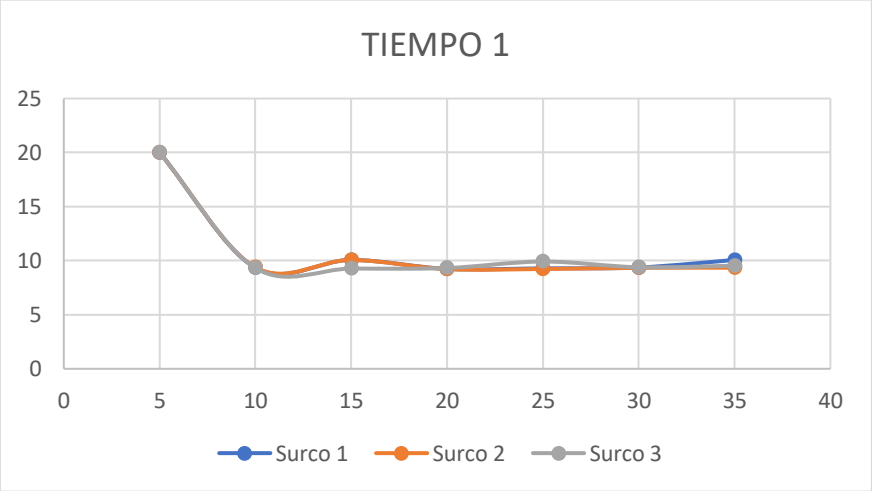

Ilustración 12 CE con fertilizante, tiempo 1

DISTANCIA DE CADA PUNTO (m)	TIEMPO 2		
	SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
5	15,42	15,95	16,5
10	16,2	16,8	15,4
15	14,32	13,9	13,2
20	13,28	11,98	12,5
25	11,25	10,5	10,08
30	10,06	9,5	9,75
35	9,25	9,32	9,02

Tabla 18 CE con fertilizante, tiempo 2

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD 2		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
0,1432	0,1425	0,1429

Tabla 19 Coeficiente de uniformidad 2

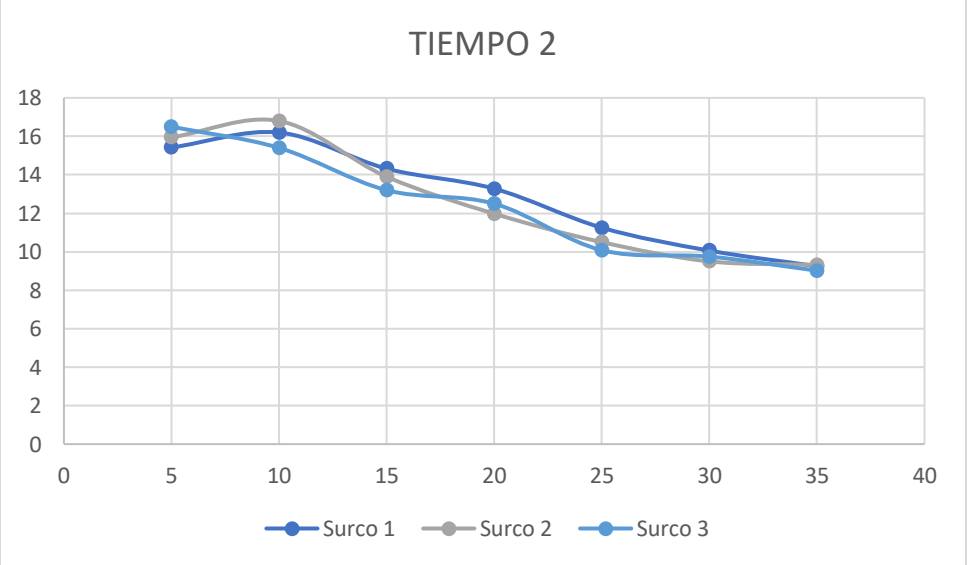

Ilustración 13 CE con fertilizante, tiempo 2

DISTANCIA DE CADA PUNTO (m)	TIEMPO 3					
	SURCO 1		SURCO 2		SURCO 3	
5	13,59		13,75		13,82	
10	13,04		12,98		13,23	
15	13,33		12,95		13,55	
20	13,28		13,07		12,94	
25	14,01		13,68		13,02	
30	13,02		13,23		13,11	
35	13,08		13,21		13,04	

Tabla 20 CE con fertilizante, tiempo 3

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD 3		
SURCO 1	SURCO 2	SURCO 3
0,1432	0,1423	0,1425

Tabla 21 Coeficiente de uniformidad 3

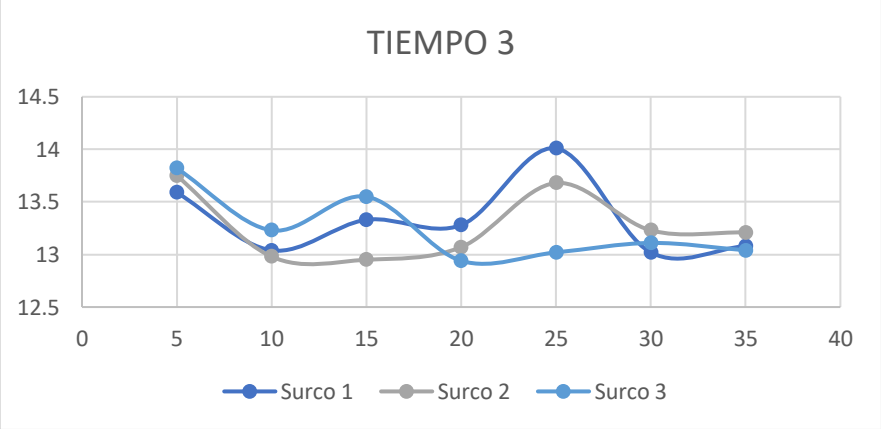

Ilustración 14 CE con fertilizante, tiempo 3

Hecho esto también se realizó un estudio del suelo para saber que cambios obtuvo por la infiltración del agua con fertilizante.

Se llevo a cabo la evaluación físico y química del suelo antes y después de agregar los fertilizantes.

Textura: Para llegar a conocer la textura del suelo, primero se tuvo que realizar un hueco aproximadamente de 35cm para coger una muestra. Con esta cantidad de suelo se la paso por un tamiz de 200 el cual este retuvo un 80% de su cantidad y también por el de 40% el cual retuvo menos, con esta porción de la muestra se hizo una mezcla con agua para conocer sus características y mediante este proceso se llegó a la conclusión que era un suelo Franco-Arcilloso.

Capacidad de campo: El método empleado para conocer la capacidad de campo se realizó antes de comenzar con el proyecto. El proceso fue obtener muestras del suelo en la que se iba a realizar el proyecto, donde este fue colocado en un recipiente y se llevó a saturar este con un contenido de agua. Para cuando pasaran 48 horas conocer la cantidad de líquido que había absorbido la muestra mediante unos sensores de humedad.

Punto de marchitez: Este fue realizado después de la capacidad de campo, ya que en la muestra se cultivó un maíz, permitiendo conocer en qué punto el suelo retiene menos húmeda, con datos tomados diariamente hasta el punto en que el cultivo llega a estar marchita.

Infiltración: Este proceso se obtuvo antes del comienzo del proyecto y para conocer la infiltración del suelo, se utilizó una herramienta llamada “Infiltro metro de doble anillo” donde se escogió 3 puntos del campo que iba a ser utilizado para el proyecto y se tomó en que tiempo el suelo filtraba la cantidad del agua que se ponía en el infiltro metro y esto también nos ayudó a

conocer los valores de conductividad hidráulica, infiltración acumulada, infiltración acumulada corregida y fase de estabilización.

pH: Se escogió 5 puntos del campo de trabajo y con un medidor de pH se conoció los valores que presenta el suelo.

Conductividad eléctrica del suelo: Para la evaluación de este, se hizo una mezcla de agua destilada con una muestra del suelo para utilizar un conductímetro y así conocer los valores de Ce.

Resultados y discusión.

Conductividad eléctrica del agua sin tratamiento de fertilizantes.

Se observa el valor de conductividad eléctrica del agua que entra en el surco. La muestra fue obtenida una vez que se comenzó a realizar el riego, se obtuvo con un conductímetro Ec-1385 Waterproof EC/CF/TDS Meters.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA SIN INYECCION DE FERTILIZANTES (ds/m)
7,77

Tabla 22 CE Agua de surco

El valor de conductividad eléctrica del agua está considerado como alta, el cual se vuelve muy salina y poca recomendable para el uso agrícola. Se tiene que conocer que el agua que se utiliza en el proyecto es obtenida de un pozo.

Este resultado difiere de (William, 2020) ya que este mismo evalúa los parámetros de calidad de agua del rio de Puno y este obtiene valores de conductividad eléctrica de 0.52 ds/m se concluye que su baja salinidad viene de que el agua del río se encuentra en mejor estado.

Así mismo (Aumassanne & Fontanella, 2013) obtiene valores de la conductividad eléctrica entre 1.0 – 1.4 ds/m ya que estos fueron evaluados en la cuenca del rio colorado en Argentina.

Determinar la calidad de agua que ingresa al surco.

Muestra los valores de conductividad eléctrica del agua sin inyección de fertilizantes, donde tiene valores de salinidad muy altos que suelen ser pocos recomendables para los cultivos. El valor de medida del grado de acidez se encuentra en el rango establecido para un riego.

CALIDAD DE AGUA RIEGO		
Conductividad eléctrica del agua	7,77	dS/m
Salinidad del agua	Muy alta	
Ph	6,5	

Tabla 23 Calidad de agua

Las aguas analizadas en la investigación de (Garcia & Gonzalez, 2014) muestran resultados que presentan no tener restricciones ya que sus valores de conductividad eléctrica están por debajo de 0.7 ds/m y los valores de pH se encuentran entre los rangos recomendables, estos valores fueron obtenidos en distintas zonas de abastecimiento de agua riego en el estado de Tlaxcala. Según (Molina & Brenes, 2007), el período de inundación puede cambiar el pH del agua superficial debido a la mayor carga contaminante que ingresa al río, que es producto de la erosión del suelo. En este sentido, para (Mayenco, 2016), El pH del agua está relacionado con la carga orgánica, y la alcalinidad, fuertemente determinada por la materia, Por lo tanto, el pH cambia debido a las aguas residuales agrícolas domésticas.

Comparar la respuesta de la calidad de agua con los tratamientos de fertilizantes.

Se observa los valores que presento el agua al ser inyectados con fertilizantes, donde los valores de CE aumentaron de manera drástica, y obteniendo una salinidad del agua mucho más alta que sin el uso de aditivos. El valor de medida del grado de acidez se sigue encontrando en el rango establecido para un riego.

CALIDAD DE AGUA RIEGO CON FERTILIZANTE		
Conductividad eléctrica del agua	13,28	dS/m
Salinidad del agua	Muy alta	
Ph	7,2	

Tabla 24 Calidad de agua riego con fertilizante

Se encuentra situaciones similares en la investigación de (Velez et al., 2016) donde se utilizaron fertilizantes que cambiaron la calidad del agua, siendo que los valores de conductividad eléctrica se elevaron entre un 8.5% y 9.3% a los evaluados inicialmente, así mismo los valores de pH se mantuvieron parecidos, obteniendo una media de 7.96.

Evaluar el suelo antes y después de agregar fertilizantes.

Se llevo a cabo la evaluación del suelo antes y después de agregar los fertilizantes, donde se conoce que el suelo era un Franco-Arcilloso. Para el debido estudio primero se realizó la investigación de capacidad de campo y punto de marchitez, sabiendo que la capacidad de campo es el contenido de agua que llega a retener el suelo, y el punto de marchitez es el valor de la humedad del suelo que ha perdido toda su agua por un cultivo.

El valor de capacidad de campo fue de 46.30% y para el punto de marchitez fue 11.35%.

Se obtuvieron los valores de la conductividad eléctrica y el pH del suelo antes y después de la inyección de fertilizantes:

CE sin fertilizante: 1.45 mS/cm pH sin fertilizante: 7.10

CE con fertilizante: 3.2 mS/cm pH con fertilizante: 7.55

Se observa que los valores de CE aumentaron con los fertilizantes llegando a que el suelo tenga valores muy altos de salinidad, mientras que los valores de pH se encontraban en el rango recomendados para realizar cultivos.

MEDIO	TIEMPO (min)	INFILTRACION (mm)	COND. HIDRAUL (mm/min)	INFILT.CORREGIDA (mm)
	2	16	3,830	16,167
	4	23	2,659	22,452
	6	27	2,148	27,207
	8	31	1,847	31,180

Tabla 25 Datos de infiltración

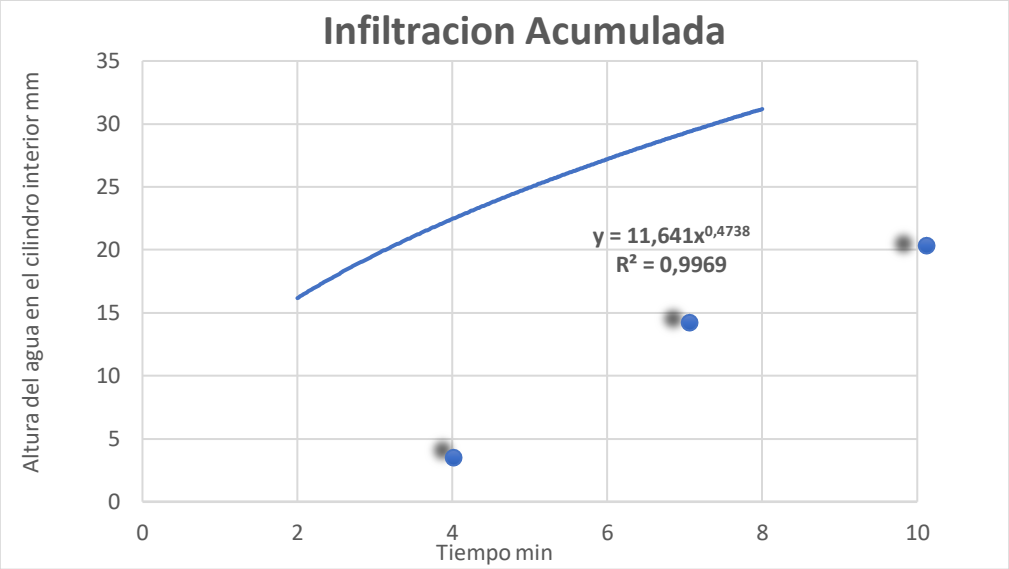

Ilustración 15 Infiltración acumulada

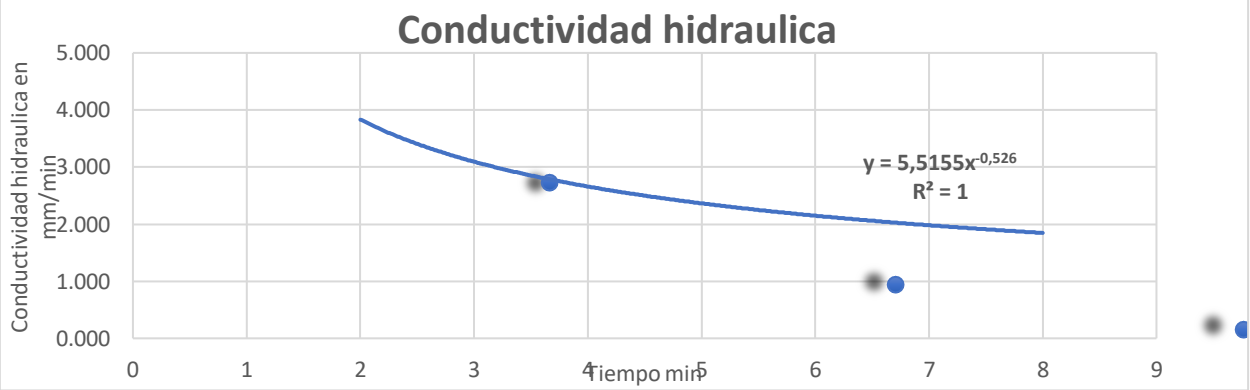

Ilustración 16 Conductividad hidráulica

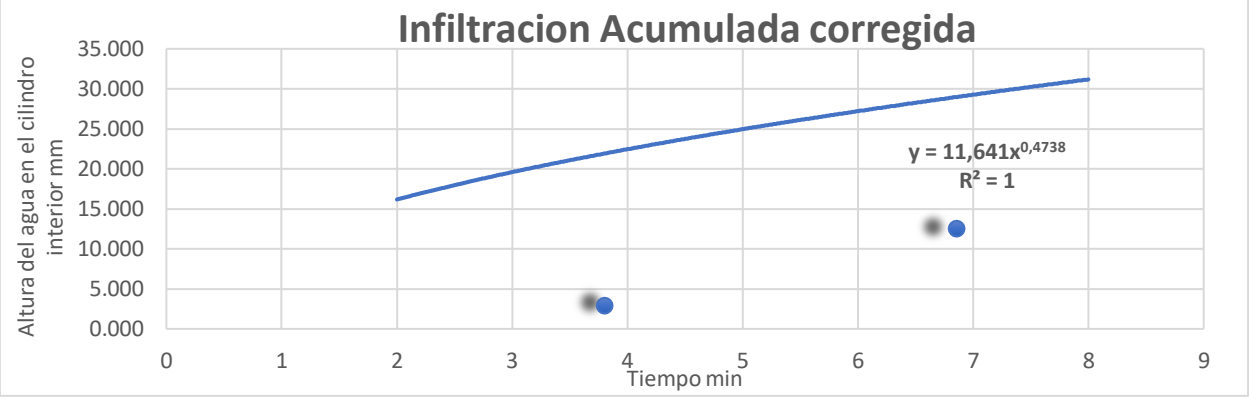

Ilustración 17 Infiltración acumulada corregida

Ilustración 18 Fase de estabilización

Los conceptos de análisis realizadas en la investigación de (Navarro, 2017) son muy semejantes a las formadas en esta investigación ya que el suelo emplea un diagnóstico del estado en dos etapas, cuyos valores principales a obtener son los de pH y CE. Donde en la primera etapa se evalúa tal y como se encuentra el suelo y en la segunda mediante inyección de fertilizantes, y así mismo se encuentra una elevación de la conductividad eléctrica y los valores de pH.

Conclusión.

La calidad del agua que se utilizó para el riego tenía valores muy altos de salinidad que no era recomendables para utilizarlo en el sector agrícola.

Al mezclar fertilizantes compuestos con el agua de altos valores de conductividad eléctrica incrementa su salinidad dando a que sea inutilizable para la utilización en los cultivos.

La aplicación de fertilizantes compuestos al suelo perjudica la calidad del suelo y por lo tanto desmejora el crecimiento y producción de los cultivos agrícolas.

Bibliografía

Acosta, P. (2016). *Patrimonio y contaminacion: un desafio para el uso del agua.* Ciencia del suelo.

Aumassanne, C., & Fontanella, D. (2013). *Variaciones en la conductividad eléctrica del agua para riego.* Technology of chemical.

Benavides, A., Moreno, M., Sosa, M., Puga, S., Alcala, J., & Quintana, C. (2008). *Evaluación de la calidad del agua en las principales lagunas del estado de Chihuahua.* University of california.

Carabali, J. (2019). *Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco.* Society of horticulture science.

Castellanos, J. (2004). *Manual de producción hortícola en invernadero 2 edicion.* Intagri México.

Cuellar, J. (2017). *Calidad del agua para el consumo humano.* Universidad surcolombia.

Fernandez, O. (2005). *Sobre la utilizacion de la clasificacion de las aguas de riego del U.S Laboratory Salinity.* Thailand.

GAD. (2022). *Santa Ana Gad municipal*. Informacion climatologica: https://santaana.gob.ec/

Garcia, A. (2012). *Criterios modernos para evaluación de la calidad del agua para riego.* Development of deteriorated soils in egypt, 2-6 may,.

Garcia, A., & Gonzalez, A. (2014). *Química de los carbonatos y genesis de suelos magnesicos.* Transactions 17th congress of soil science.

Gomez, C., Muñoz, B., & Rodriguez, H. (2015). *Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala.* Florida.

Gonzalez, R. (2021). *Ciudad de Camagüey: un desafío para el uso del agua.* Facultad de arquitectura de la universidad autonomo de Nueva Leon.

GOOGLE. (s.f.). *Google Maps.* Google Maps: https://www.google.com/maps

INNOVA. (2021). *Gestion y manejo del agua en la agricultura.* Paper 2193.

Masseroni, M., Zamora, D., & Sartor, D. (2018). *Calidad del agua para riego: situación histórica y actual del río colorado (comunicación breve).* Bangkok.

Mayenco, G. (2016). *Efectos de la descarga en la calidad del agua a lo largo de un rio mediterraneo.* Oregon.

Molina, M., & Brenes, C. (2007). *Evaluacion y clasificacion preliminar de la calidad del agua en la cuenca del rio Tarcoles y el Reventazon.* Portland.

Navarro, S. (2017). *Fertilizantes: quimica y accion.* Congreso nacional.

Orejuela, P., Huera, U., & Villacres, C. (2018). *Identificacion de cangahuas para su recuperacion mediante estudio multicriterio y constatacion in situ en comunas del volcan Ilalo.* Crop salt tolerance.

Romero, M. (2017). *La contaminacion del aire: su repercusion como problema de salud.* USDA information bulletin no. 216.

Sarasola, M., Pastorino, M., & Lantschner, V. (2020). *Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento:el ph y la conductividad electrica.* FAO irrigation and drainage paper 29.

Tartabull, T., Labaut, Y., Ferradaz, R., & Aguilar, C. (2018). *Principales procesos que impactan la calidad del agua para el riego en pozos costeros del centro sur cubano.* Association conference.

TRAXCO. (2022). *Traxco*. https://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/inyectores-venturi

Velez, J., Gutierrez, D., Rodriguez, T., Villanueva, A., Garcia, S., & Romo, J. (2016). *Calidad del agua en la produccion de pinus cembroides zucc.* Drainage Division.

William, J. (2020). *Evaluación y monitoreo de la calidad ambiental del agua en el proyecto sistema de riego Canal N, provincia de Melgar– Puno, Perú.* Universidad nacional Jorge Basadre Grohmann.

Anexos.

Ilustración 19 Instalación de collarines

Ilustración 20 Medición de Conductividad eléctrica

Ilustración 21 Proceso para capacidad de campo y punto de marchitez

Ilustración 22 Recolección de datos de infiltración

Ilustración 23 Recolección de datos de infiltración

Ilustración 24 Preparación de terreno

Ilustración 25 Preparación de terreno

Ilustración 26 Riego de surco

Ilustración 27 Localidad de reservorio

Ilustración 28 Tubos instalados

Ilustración 29 Tubos instalados

Ilustración 30 Venturi

Ilustración 31 Terreno Listo

Ilustración 32 Limpieza de terreno

Ilustración 33 Inyectando fertilizante

Ilustración 34 Calibrando Venturi