

ESTIMAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO PARA LAS  
ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO Y  
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ DEL  
LOTE LAS VEGAS EN EL MUNICIPIO DE LOS PATIOS  
NORTE DE SANTANDER, JURISDICCIÓN DE  
CORPONOR

DIANA FERNANDA FLÓREZ SANTAFÉ

1094283184

Universidad de Pamplona  
Facultad de Ingenierías y Arquitectura  
Departamento de ingeniería Ambiental, Civil y Química  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Pamplona, 2021

ESTIMAR EL REQUERIMIENTO HÍDRICO PARA LAS  
ETAPAS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO Y  
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ DEL  
LOTE LAS VEGAS EN EL MUNICIPIO DE LOS PATIOS  
NORTE DE SANTANDER, JURISDICCIÓN DE  
CORPONOR

DIANA FERNANDA FLÓREZ SANTAFÉ

1094283184

Trabajo de grado presentado como requisito para optar  
por el título de:

Ingeniero Ambiental

Director: Fidel Antonio Carvajal Suarez

Asesor: Martin Emilio Sepúlveda Contreras

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa de Ingeniería Ambiental

Pamplona, 2021

## DEDICATORIA

Principalmente a Dios por guiarme e iluminarme en cada paso de mi vida, a mi abuelo José del Carmen que desde el cielo sigue siendo mi mayor motivación para lograr cada meta en especial esta.

A mi abuela, mis padres y mi padrastro por ser mi apoyo moral y económico en muchos momentos, por todo su esfuerzo y dedicación para conmigo.

A mis hermanos y hermanas por impulsarme a ser un ejemplo a seguir.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme fortaleza, entendimiento y sabiduría en el transcurso del presente trabajo.

A la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental por permitir la articulación de los estudiantes con el trabajo de campo

A mi director Fidel Antonio Carvajal Suarez por su orientación y apoyo en este proyecto

A los docentes del programa de Ingeniería Ambiental por ser mis formadores en las diferentes asignaturas y poder así alcanzar una nueva meta.

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION .....	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
La Inundación del terreno es la .....	16
3. JUSTIFICACIÓN .....	18
4. ESTADO DEL ARTE .....	20
5. MARCO CONCEPTUAL.....	25
5.1 Recurso Hídrico .....	25
5.1.1Fuente hídrica .....	25
5.2 El módulo de consumo.....	26
5.2.1Requerimiento Hídrico .....	26
5.3Suelo .....	26
5.3.1 Materia Orgánica.....	27
5.3.2 pH .....	27
5.3.3 Humedad.....	27
5.3.4 Conductividad eléctrica.....	27
5.3.5 Granulometría .....	27
5.3.6 Infiltración.....	28
5.4Preparación del terreno.....	28
6. MARCO TEORICO.....	29
Preparación del terreno .....	35
La siembra y establecimiento del cultivo .....	35
Labores tras la siembra .....	36

Recolección .....	36
7. MARCO LEGAL .....	37
8. MARCO CONTEXTUAL .....	39
9. OBJETIVOS .....	41
9.1 GENERAL.....	41
9.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	41
10. METODOLOGIA.....	42
10.1 ETAPA 1: Medición de la precipitación para la estimación del requerimiento hídrico.....	43
10.2 ETAPA 2: Determinación del caudal diario.....	46
10.3 ETAPA 3: Obtener datos climáticos .....	50
10.4 ETAPA 4: Análisis de suelos.....	54
10.5 ETAPA 5: Calculo de la Infiltración.....	62
10.6 ETAPA 6: Implementar el programa CROPWAT .....	63
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	65
11.1 ETAPA 1: Medición de la precipitación para la estimación del requerimiento hídrico.....	65
11.2 ETAPA 2: Determinación del Caudal diario.....	69
11.3 ETAPA 3: Datos Climáticos.....	75
11.4 ETAPA 4: ANALISIS DE SUELOS .....	77
11.5 ETAPA 5: Infiltración .....	99
11.6 ETAPA 6: Implementación del Programa Cropwat .....	103

12. CONCLUSIONES.....	109
13. BIBLIOGRAFIA .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
14. ANEXOS .....	116
Anexo1: Calculo del caudal.....	116
Anexo 2: .....	117
.....	117

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos precipitación mes Abril .....	66
Tabla 2: Datos precipitación mes Mayo .....	67
Tabla 3: Datos precipitación mes Junio .....	69
Tabla 4: Caudales según el Nivel .....	70
Tabla 5: Registro apertura de la Compuerta .....	72
Tabla 6: Caudal diario (L/s) .....	73
Tabla 7: Caudal utilizado etapa adecuación del terreno	74
Tabla 8: Caudal utilizado etapa establecimiento del cultivo .....	74
Tabla 9: Temperatura Máxima estación Carmen de Tonchala .....	75
Tabla 10: Temperatura mínima Carmen de Tonchala...	76
Tabla 11: Velocidad del viento Estación Carmen de Tonchala .....	76
Tabla 12: Precipitación Estación Carmen de Tonchala.	76
Tabla 13: Precipitación Estación Carmen de Tonchala.	77
Tabla 14: Humedad Estación Carmen de Tonchala.....	77
Tabla 15: Conductividad de las Muestras .....	78
Tabla 16: Conductividad según la FAO .....	78
Tabla 17: Resultados Análisis de pH .....	80
Tabla 18: Escala de pH .....	80
Tabla 19: Porcentaje de Humedad .....	82
Tabla 20: Granulometría M1 .....	84
Tabla 21: Coeficientes M1 .....	85
Tabla 22: Granulometría M 2 .....	86
Tabla 23: Coeficientes M2 .....	87
Tabla 24: Coeficientes M3 .....	88
Tabla 25: Granulometría M3 .....	89
Tabla 26: Granulometría M4 .....	90

Tabla 27: Coeficientes M4 .....	91
Tabla 28: Granulometría M5 .....	92
Tabla 29: Coeficientes M5 .....	93
Tabla 30: Análisis Coeficientes cinco muestras .....	94
Tabla 31: Resultados análisis M.O .....	97
Tabla 32 . Infiltración Punto 1 .....	100
Tabla 33 . Infiltración Punto 2 .....	101
Tabla 34 . Infiltración Punto 3 .....	102
Tabla 35: Eto obtenida de CROPWAT .....	103
Tabla 36: Eto Total Etapas del proyecto .....	106
Tabla 37: Variables Hídricas.....	107

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Conceptualización .....	25
Figura 2: Diseño metodológico .....	42
Figura 3. Instalación del pluviómetro (A) Instalación de soporte (B) Pluviómetro instalado.....	45
Figura 4. Evidencia Pluviómetro (A y C) Pluviómetro midiendo. (B) libreta de campo registro pluviométrico. .	46
Figura 5: Aforo del canal (A y B) Aforo con Molinete ....	47
Figura 6: Instalación de la regleta(A) Asegurando la regleta (B) Regleta Compuerta cerrada (C) Regleta compuerta Abierta .....	48
Figura 7. Localización estaciones.....	51
Figura 8 : plataforma descarga datos climáticos web dhime. del ideam <a href="http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/">http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/</a> .....	52
Figura 9: Obtención de las muestras en el terreno(A) Haciendo la excavación, (B y C) Empacando las muestras .....	55
Figura 10: Análisis de conductividad(A) Muestra saturada (B) Muestras en reposo(C) Filtración de cada muestra (D) Multiparametro midiendo conductividad .....	57
Figura 11: Análisis de pH(A) Peso de la muestra, (B) Muestra más agua destilada, (C) Muestras en reposo, (D) Multiparametro midiendo Ph .....	58
Figura 12: Análisis de Humedad, (A)Mufla con crisoles vacíos(B)Desecado con crisoles vacíos(C)Peso de los crisoles vacíos y seguidamente con la muestra (D)mufla con Crisoles y la muestra (E) Desecador con Crisoles y la muestra (F) Peso de crisol con la muestra.....	59

Figura 13:Análisis Granulométrico(A)Horno con las muestras, (B)Muestras secas, (B)Peso 1 kg de muestra(C)Peso Tamiz vacío, (D)Columna de tamices, (E) Peso Tamiz con la muestra .....	61
Figura 14: Análisis de Materia Orgánica(A) muestras en la Mufla a 500°C, (B) Muestras en el desecador, (C) Peso de las muestras .....	62
Figura 15: Infiltración(A) Instalación del tubo (B) Tubo lleno y con la regleta, (C) Tubo con la regleta pasado determinado tiempo.....	63
Figura 16: Aplicativo CROPWAT .....	64
Figura 17: Evidencia Pluviómetro .....	65

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación vuelo finca las vegas Cultivo en estudio. ....	40
Mapa 2: Conductividad terreno cultivo de arroz.....	79
Mapa 3: pH terreno Cultivo de arroz.....	81
Mapa 4: Humedad Terreno Cultivo de arroz.....	83
Mapa 5: Grava en el terreno cultivo de arroz.....	95
Mapa 6: Textura de arenas terreno cultivo de arroz .....	96
Mapa 8: Materia Orgánica en el terreno de arroz .....	98

## RESUMEN

En el uso del recurso hídrico destinado en las diferentes actividades, es de vital importancia una adecuada utilización para garantizar el abastecimiento a la población y la conservación del mismo. En este proyecto se busca obtener el requerimiento de agua en un cultivo de arroz del municipio de los patios Norte de Santander, jurisdicción de CORPONOR, en las etapas de adecuación del terreno y establecimiento del cultivo.

Inicialmente, se buscó una zona de estudio, resultado seleccionado el predio Las Vegas ubicado en la vereda San Pedro, que tiene un área aproximada de 15.556 Has, gracias a que este lote se encontraba próximo a comenzar con el proceso desde la preparación del terreno para el establecimiento del cultivo.

Seguidamente, se procedió con la instalación de un pluviómetro, que permitió tener datos diarios la medición pluviométrica en la zona, dado que la lluvia es un factor influyente de manera positiva o negativa en la evolución del cultivo, según en la etapa que se presenten las precipitaciones. Paralelamente, se obtuvo información climatológica diaria (Temperatura máxima, Temperatura mínima, Insolación, velocidad del viento y humedad relativa) en el periodo del estudio, de la estación del IDEAM más cercana Carmen de Tonchala [16025010].

Posteriormente, se determinó el caudal diario que se capta para riego del cultivo de arroz durante el periodo de estudio, el aforo se realizó con molinete y calibrado de

curva de gasto, para determinar rápidamente caudal diario con el nivel de lámina de agua medido.

Consecutivamente, se procedió a realizar el análisis de propiedades fisicoquímicas como Textura, Conductividad, Materia Orgánica, Humedad y pH de los suelos del Lote Las Vegas, ejecutado en las instalaciones del laboratorio de Control y Calidad de la Universidad de Pamplona. Además, se calculó la tasa de infiltración en campo de los suelos del lote las Vegas.

Finalmente, se implementará el programa de CROPTWAT para estimar el requerimiento hídrico del cultivo de Arroz, en las etapas indicadas.

## 1. INTRODUCCION

Actualmente es destinado para la agricultura gran parte del recurso hídrico disponible Según la ONU (organización de Naciones Unidas) y el Banco mundial el 70% de agua dulce que se extrae es destinado al riego de cultivos y a actividades ganaderas (Mundial, 2015)

Colombia es un país agricultor y productor de alimentos de buena calidad que por su riqueza de tierras tiene mucha variedad entre estos cultivos se encuentra el del arroz que es uno de los cereales que más consumimos a nivel nacional y mundial, siendo Colombia el segundo país que consume más arroz en latino América (Cirad, 2010)

Cada cultivo tiene su respectivo módulo de consumo dependiente de las necesidades de este, su ubicación y factores climáticos.

El cultivo de arroz en específico es un cultivo que requiere gran cantidad de recurso hídrico al desarrollarse en suelos inundados debido a que estas poseen tejidos en las hojas, específicamente las estomas que transportan el oxígeno hasta la raíz de las plantas (Infoagro, 2009)

Debido a esto se busca el establecimiento del módulo de consumo que sea específico de CORPONOR para esto se debe medir el requerimiento hídrico del cultivo de arroz en la zona determinada de los patios Norte de Santander y de esta manera incluirlo en el módulo y poder establecerlo en base a este estudio.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Inundación del terreno es la técnica tradicionalmente usada, “mostrando gran relevancia en el uso ineficiente del agua. En algunas ocasiones se llegan a emplear 5.000 L de agua para producir 1kg de arroz lo que equivale a 30.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para obtener una producción media de unos 6.000 kg de arroz. Esta baja productividad del agua de riego no se debe a unas necesidades hídricas elevadas del cultivo, sino al propio sistema de cultivo del arroz inundado.

Este sistema requiere la aplicación de una gran cantidad de agua a la parcela para mantener una lámina de agua inundando a lo largo del ciclo del cultivo. Mediante el sistema tradicional de cultivo del arroz la parcela está sometida a altas pérdidas de agua debidas a percolación profunda de la parcela inundada, escorrentía y evaporación directa de la lámina libre de agua a la atmósfera”. Así lo manifiesta el instituto internacional de investigaciones sobre el arroz (IRRI, 1993). Esto genera gastos innecesarios del agua. Por otra parte, se menciona que esta técnica de inundación de terreno es una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, en especial el metano, tal como lo manifiesta (Aguilar, 2018).

Colombia es un país agricultor y claramente para esta actividad se necesita del recurso hídrico en diferentes cantidades según el cultivo en este caso el cultivo de arroz, que es inundable para que tenga un correcto desarrollo en sus diferentes etapas, cerca del 50% del

agua extraída para la agricultura es usada en áreas arroceras (Bruinsma, 2009), esta situación hace necesario estimar el requerimiento hídrico propio de la corporación y que sea específico a la zona determinada de estudio, en este caso los Patios Norte de Santander, el cual es un municipio que se abastece del río Pamplonita.

Entonces, el problema radica en que no se tiene conocimiento de ¿Cuál es el consumo real de agua en el establecimiento del cultivo de arroz? Para el otorgamiento de licencias de concesiones de agua.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El agua es un recurso que garantiza la existencia de la humanidad cada día aumenta la población y con ella el uso de este recurso para diferentes actividades entre esta la alimentación, saneamiento básico, agricultura entre otros.

El arroz es el cereal de mayor consumo en el mundo, En Colombia, el arroz ocupa el primer lugar en términos de valor económico entre los cultivos de ciclo corto. Colombia es el segundo país productor de arroz de América Latina y del Caribe. Colombia es también el país anfitrión del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). Las principales cosechas de arroz son de marzo-abril a julio-agosto, y la segunda cosecha abarca de agosto-octubre a enero-febrero. El arroz es la principal fuente de calorías y proteínas para las familias de escasos ingresos; que representan aproximadamente el 20% de la población del país. La media nacional del consumo per capita en el 2000 fue de 45,3 Kg. de arroz descascarillado. Además de la producción local, Colombia tiene que importar más arroz para satisfacer su propia demanda.

Al mismo tiempo, alrededor de 5.000 familias viven de la siembra de arroz en 215 municipios. Este es un mercado de más de 500.000 hectáreas, con una producción anual de aproximadamente 1,7 millones de toneladas de arroz.

La importancia del presente proyecto radica en obtener el consumo real de agua en las diferentes fases del cultivo de arroz, de esta manera garantizar una adecuada gestión del recurso hídrico representada en una concesión ajustada a las condiciones y necesidades que demanda dicho cultivo.

#### 4. ESTADO DEL ARTE

El recurso hídrico es uno de los factores que más repercute en el desarrollo de los cultivos y saber cuánto recurso requieren según determinados factores es importante para poder determinar un módulo de consumo para cierta zona

A continuación, se abordan algunos antecedentes de investigaciones a fines al tema de estudio

El cultivo de arroz, es casi tan antiguo como el hombre, algunos dicen que el arroz se cultiva desde hace más de 7 000 años. Hay pruebas de que se siembra desde 5000 años antes de Cristo en China, y antes del año 6000 antes de Cristo en una caverna al norte de Tailandia, aunque otros estudios se remontan a que el arroz es oriundo de África y fue llevado a Asia (Agropecuaria, 2011)

El requerimiento hídrico de un cultivo es un tema que últimamente se está analizando de manera creciente debido a la concientización del cuidado y responsabilidad que debemos tener a lo que compete con los recursos en este caso el recurso Hídrico.

Diez arroceros del Tolima se reunieron el 28 de mayo de 1947 en el Hotel Lusitania de Ibagué para acordar la creación del primer gremio arrocero. Primero se llamó Federación de Arroceros del Tolima, posteriormente este núcleo de empresarios tuvo suficiente capacidad de cabildeo como para que el gobierno la reconociera como la principal representante del gremio en todo el país. Fue

así como consiguió el nombre de Federación Nacional de Arroceros (Fedearroz) bajo el respaldo del ministro de agricultura Santiago Trujillo Gómez (Florian, 2013).

Desde los años 90 el clima que influye en las zonas productoras de arroz ha cambiado de forma irregular influyendo de manera importante en los rendimientos de producción, años representativos como el 2007 impactaron los rendimientos en el bajo cauca, para el 2009-2010 la zona centro igualmente, y para 2011 los llanos orientales fueron los afectados. Los factores climáticos por los cuales se ha visto afectada la producción arrocera en su mayoría tienen que con radiación solar, precipitación la primera se ve reflejada en altos niveles de saneamiento en los cultivos, y en cuanto la precipitación y su conjugación con cambios 34 drásticos de temperaturas así como su mala distribución se ha evidenciado una grana proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos (Fedearroz, 2013).

En Colombia se aprecia que el área sembrada en arroz mecanizado para el año 2016 en se distribuye así; 48,96% para riego y 51,04% para seco mecanizado. El sistema mecanizado se puede clasificar en arroz riego y arroz seco. El primero es aquel en el que el agua que requiere el cultivo es provista por el hombre en cualquier momento, haciéndose por bombeo, gravedad, inundación o fangueo. Para el arroz seco el agua proviene únicamente de las lluvias, y normalmente dispone de canales de drenaje. La estabilidad del sistema productivo colombiano depende del arroz por sistema de riego, ya que en el país se dispone de un suministro constante de

agua durante todos los meses del año. El sistema de secano mecanizado es el responsable de los ciclos de producción y de áreas cultivadas (Fedearroz, 2016).

El uso del recurso hídrico para la producción de arroz en el sistema de riego permite que el cultivo se pueda abastecer de agua para un óptimo desarrollo y en relación a esta condición se acude a sembrar en épocas cerca de temporadas de lluvia, para que así el cultivo pueda contar con este recurso, pero a raíz de la alteración en el ciclo del agua a raíz del cambio climático, se torna casi imposible en la actualidad prever estas épocas de lluvia, ya que en las fechas donde se estimaba el aumento de las precipitaciones para abastecer los cultivos el parámetro ha cambiado y en dichas situaciones las lluvias se hacen ausentes, contemplado incluso cambios drásticos como presencia de sequías o lluvias realmente escasas (Mejía, 2016).

Estudios o trabajos que se centren únicamente en el requerimiento hídrico del cultivo de arroz son escasos ya que la mayoría están relacionados con la semilla y otros factores agronómicos.

La federación de arroceros de Colombia realizó un estudio en el año 2014 evaluando los impactos de la sequía en el cultivo de arroz de diferentes zonas entre estas norte de Santander donde se realizó el análisis en los meses de abril, mayo y junio de los años 2012, 2013 y 2014 demostrándose una notable disminución de las precipitaciones por lo tanto el aumento de la sequía y de la temperatura en esta zona haciendo crecer la demanda

de agua de dichos cultivos y disminución en la oferta por lo tanto decaimiento en la evolución de estos (Fedearroz, 2014)

En este estudio se realiza una comparación entre diferentes países cultivadores de arroz incluyendo a Colombia, consiste en analizar la cantidad de agua que se utiliza por un sistema convencional y la cantidad que se utiliza haciendo uso de tecnologías alternativas, en el cual se observa una disminución no menor al 50% del consumo de agua en relación a estas (Gonzales, 2016)

En santa rosa, Villavicencio, Colombia se realizó un estudio que consistía en evaluar la evolución y rendimiento del arroz en diferentes épocas del año esto con el fin de determinar qué periodo es más apto debido a condiciones climáticas que se presentaran en la zona para realizar la siembra y obtener un mejor rendimiento, también la repercusión de la lluvia a las necesidades del cultivo y si afectaba positiva o negativamente (Castillo, 2016).

En Chile en el año 2018 se realizó un análisis de sustentabilidad del cultivo de arroz en este país, donde se evaluó la tolerancia al frío y la gestión del agua de riego de diferentes tecnologías con el fin de hacer una comparación además de la disminución del uso del agua, de la diferencia de precios entre la adecuación de las diferentes tecnologías (Donoso, 2018)

En Guayaquil, Ecuador se realizó un estudio que consistía en el cálculo de huella hídrica y agua virtual en

plantaciones de arroz del cantón Daule, provincia del Guayas con el uso del aplicativo Cropwat 8.0 y la recopilación de variables propias del sistema de cultivo entre diferentes época, los resultados reflejaron una importación neta negativa, es decir pérdida de agua en la localidad. Se concluye que las cantidades de huella hídrica generadas entre los 3 sectores difirieron entre sí en función a la variabilidad estacional local, pero su vez sus valores no dependen del área de extensión en las plantaciones de arroz. (Herrera, 2020)

## 5. MARCO CONCEPTUAL

En la figura 1 se muestra el esquema de conceptos a tener en cuenta en el presente trabajo



*Figura 1: Conceptualización*

Fuente: Autor, 2021

### 5.1 Recurso Hídrico

Son los depósitos e insumos de agua dulce que se encuentra en distintos estados físicos y están potencialmente disponibles para ser utilizados por el ser humano y satisfacer sus necesidades (Raffino M. E., 2020).

#### 5.1.1 Fuente hídrica

Son los ríos, riachuelos, manantiales, quebradas y pozos lo cuales deben ser preservados para que en el futuro puedan ser aprovechados pues estos son los que proveer

agua para realizar todas las actividades del diario vivir (Wordprees, 2009).

## 5.2 El módulo de consumo

Es un criterio técnico que se establece para controlar de cierta manera el uso de un recurso con el fin de poder ser monitoreado y regido por este valor que es arrojado de la información obtenida de un análisis de varios parámetros y según para que se estimule el módulo (CAR, 2014)

### 5.2.1Requerimiento Hídrico

La necesidad de agua de los cultivos es la cantidad de agua que se requiere para satisfacer la tasa de evapotranspiración, de modo que los cultivos puedan prosperar (Sela, 2020).

#### 5.2.1.1Evapotranspiración

Es la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (FAO, FAO, 2006).

#### 5.2.1.2 Cropwat

Consiste en calcular las necesidades de agua del cultivo que viene determinado por el tipo de suelo, clima y cultivo (FAO, 2010).

## 5.3Suelo

Es un componente del ambiente natural y finito, integrado por aire, agua, materia orgánica, macro organismos y microorganismos que cumple con funciones

fundamentales para la vida de la sociedad y el planeta (SIAC, 2007).

#### 5.3.1 Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo es el resultado de los diversos ciclos de los seres vivos que llegan a la descomposición conformando una masa rica en nutrientes y altamente aprovechable por los organismos (Raffino M. E., 2020).

#### 5.3.2 pH

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad que puede tener un suelo.

#### 5.3.3 Humedad

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno (Agromatica, 2008).

#### 5.3.4 Conductividad eléctrica

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (CE) (Redagricola, 2017).

#### 5.3.5 Granulometría

Es la distribución de los tamaños de las partículas de determinado agregado y se determina bajo diferentes tamices (Valle, 2010).

#### *5.3.5.1 Coeficiente de uniformidad*

Es la relación entre el diámetro correspondiente al 60% del peso del material y el diámetro por el que pasa el 10% del material (Geotecnia, 2016).

#### *5.3.5.2 Coeficiente de curvatura*

Es un indicador del equilibrio que existe entre los diferentes rangos de tamaño de partículas del suelo (Geotecnia, 2016).

#### 5.3.6 Infiltración

Proceso mediante el cual el agua de riego o agua lluvia ingresa a el suelo a través de la superficie hacia sus capas inferiores

El arroz tiene diversas fases o etapas desde la preparación del terreno que consiste en adecuar las parcelas para seguidamente realizar la siembra y desde ahí comienzan todas las etapas seguidas a la siembra.

La etapa de establecimiento comprende el periodo de siembra, germinación y aparición de las primeras hojas (R. Kasten Dumroese, 2014).

#### 5.4 Preparación del terreno

Comprende todo lo relacionado con el arado y todo el conjunto de actividades que hacen el suelo apto para la posterior siembra del cultivo

## 6. MARCO TEORICO

El balance hídrico se realiza utilizando datos reales o simulados de precipitación e información climatológica, con el fin de calcular el requerimiento hídrico de una zona en particular (Claro, 1991) Hay diferentes tipos de balances hídricos: climáticos, agroclimáticos, hidrológicos, agroforestales, de cuencas, de drenaje y riego. En el presente trabajo se hará mención exclusivamente a los balances hídricos agrícolas.

Componentes generales del balance hídrico agrícola En el caso de un suelo con vegetación, el balance hídrico simplificado se calcula como se presenta en la ecuación 1:

$$P = ET + \Delta HS + I + E$$

Donde:

P= Precipitación + riego.

ET=Evapotranspiración.

$\Delta HS$ = Cambios de la humedad del suelo.

I= Infiltración.

E=Escorrentía.

Precipitación: P

En la mayoría de los casos, la precipitación representa la mayor parte de la totalidad del aporte hídrico al suelo

(Claro, 1991) Del agua que se precipita sobre la superficie del terreno, parte es interceptada por la vegetación (intercepción foliar), otra parte se infiltra y se incorpora a la capa radical, un porcentaje percola debajo de las raíces del cultivo, y otra parte escurre sobre la superficie del terreno (Echeverría, 2007) La proporción de agua retenida en la capa radical, almacenada en esa zona para ser usada en evapotranspiración del sistema planta-suelo, depende de las características del terreno para captar agua (condiciones físicas y químicas del suelo, grado de humedad, cobertura, pendiente) y de las características de la lluvia (altura, intensidad, duración y frecuencia). Esta porción de la lluvia se denomina precipitación efectiva (Saseendran, 2015)

El objetivo principal de cualquier método de medición de la precipitación es obtener muestras representativas de la precipitación en la zona a que se refiera la medición. En hidrología, es fundamental medir el valor exacto de las precipitaciones. Por lo tanto, es muy importante escoger cuidadosamente el emplazamiento y la forma y exposición del pluviómetro. Además, deben tomarse medidas para impedir las pérdidas por evaporación, los efectos del viento entre otros.

#### Evapotranspiración de referencia Eto

Es la evaporación de agua localizada en el suelo y la transpiración de agua de las plantas. La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia (Westerhoff,

2015) además esta se expresa en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida por una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser 1 hora, 1 día, 10 días, 1 mes o incluso un completo período de cultivo (FAO, 2006)

**Coeficiente del cultivo (Kc)** Los efectos combinados de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo se integran en un coeficiente único del cultivo. El coeficiente único del cultivo (Kc) incorpora las características del cultivo y los efectos promedios de la evaporación (FAO, 2006)

Existen diversos factores que alteran los coeficientes del cultivo como lo siguientes esto según (Spano, 2009)

Las diferencias en la morfología de la planta, que afecta la interceptación de luz y la resistencia aerodinámica

La fisiología vegetal, incluidos los efectos sobre el número, la distribución y las respuestas de las estomas al ambiente

El sistema de riego que afecta la distribución de la humedad del suelo

La frecuencia del riego y las precipitaciones

La interceptación de rocío y condensación (neblina)

Evapotranspiración del cultivo: Etc

Esta expresa la cantidad total de agua perdida por la superficie de un cultivo en forma de vapor. La evapotranspiración es la suma de la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de la planta (FAO, 1977) y se calcula de la siguiente manera

$$E_{tc} = K_c * E_{to}$$

Donde:

$K_c$ =Coeficiente del cultivo

$E_{to}$  =Evapotranspiración de referencia

Existen diversas metodologías utilizadas para este cálculo, pero a partir del año 2000 el panel de expertos de la FAO recomienda la adopción del método combinado de Penman-Monteith esta propuesta fue validada y aceptada por la comunidad científica mundial Debido a la importancia histórica de esta ecuación (Allen, 2006)

La ecuación de Penman-Monteith ha sido ampliamente evaluada y aceptada por la comunidad científica nacional e internacional por presentar el menor error estándar y por ser la que más se ajusta a diferentes latitudes y climas, proporciona valores que son consistentes con datos reales de uso de agua de cultivos en diferentes latitudes (Bernal, 2013)

El enfoque del modelo Penman-Monteith incluye todos los parámetros de intercambio de energía y flujo de calor (evapotranspiración) de grandes extensiones uniformes de vegetación. La mayoría de los cuales son medidos o

pueden calcularse fácilmente a partir de datos meteorológicos (FAO, 2006).

#### Modelo Cropwat 8.0 de la FAO

Es un programa de computación que puede ser usado para el cálculo de los requerimientos de agua de los cultivos y de sus requerimientos de riego con base en datos climáticos y de las características eco fisiológicas del cultivo (Stancalie, 2010).

Este modelo ayuda a definir criterios para el cálculo de la evapotranspiración de referencia ( $E_{to}$ ) y del cultivo ( $E_c$ ) con datos de variables del clima en versión mensual, decadal y diaria, además la posibilidad de estimar datos climáticos, en caso de no contar con los valores medidos, efectuar cálculos diarios y decadales de los requerimientos de agua del cultivo basados en algoritmos de cálculo actualizados, incluido el ajuste de los valores del coeficiente del cultivo, calcula las necesidades netas del cultivo y para la elaboración de tablas de balances diarios de agua en el suelo, calcula el porcentaje de disminución de rendimiento del cultivo debido al estrés hídrico que eventualmente presentaría respecto a las condiciones climáticas (Levine, 2015).

#### Análisis de Suelos

Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a

los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo.

La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc, que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas (Impofos, 1997)

Existen muchos procedimientos analíticos para el análisis de suelos, los cuales varían según las características de los suelos, tales como su mineralogía de arcillas, el tipo de carga iónica, la Capacidad de Intercambio Catiónico, el pH, etc. Muchos de esos procedimientos fueron diseñados para condiciones específicas de suelos. Por ejemplo, en regiones de clima templado como en el hemisferio norte, predominan suelos de permanente con bajo poder buffer, y muchas veces con pH alcalino.

En regiones de clima tropical húmedo como las que predominan en Centroamérica, los suelos son de pH ácido o moderadamente ácido, con carga variable dependiente de pH y alta capacidad buffer. Esto causa que con frecuencia los procedimientos de análisis de suelos que son exitosos en zonas templadas no necesariamente son eficaces en suelos tropicales. (Hunter, 1978).

## Producción de arroz

Más del 90% de la producción de arroz es destinada a la alimentación humana, constituyendo un producto fundamental en el día a día de más de la mitad de la población en todo el mundo, sobre todo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo (Infoagro, 2013).

## Preparación del terreno

Uno de los factores clave en el cultivo del arroz es la nivelación del terreno. Las pendientes no tienen que sobrepasar el uno por mil, es a finales de invierno cuando se realizan las labores de alzar, bien usando el cultivador de ganchos o el arado de vertedera. Para dejar el terreno bien disgregado, puede ser necesario dar dos pases dobles cruzados. Según algunos agricultores, no conviene dar labor de fanguero, entre otras cosas porque en la siembra directa se va imponiendo un ligero pase de fanguero, con un tractor con ruedas de jaula. (Franquesa, 2016).

## La siembra y establecimiento del cultivo

La siembra puede realizarse de diversas formas, con máquina, avión, a voleo o a mano. El mejor momento es cuando el agua se encuentra clara, y se han depositado los lodos en el fondo. La dosis media de semilla para la siembra estaría alrededor de 140-180 kg de semilla por hectárea. Hay que tener en cuenta que se aconseja incrementar la dosis de semilla, sobre todo en el caso de siembras tempranas. La cantidad de semilla que se emplee, tiene que generar cierto número de tallos por

metro cuadrado, de forma que se generen espigas que maduren lo más uniformemente posible, la siembra correcta es la que se realiza en suelo inundado, aproximadamente a 5 cm de altura. Si la siembra se efectúa con un avión, el vuelo no debe ser demasiado alto, pues la semilla penetrará demasiado en el terreno, y no nacerá. Además, la siembra mediante avión se realizará sin viento (Franquesa, 2016).

#### Labores tras la siembra

Una vez que se ha plantado el arroz, las labores serán de riego, y aplicación de herbicidas y pesticidas. En el caso del riego, lo más importante es que el nivel de agua tenga la altura adecuada, en proporción con el desarrollo de la planta (Franquesa, 2016).

#### Recolección

En el momento en que el arroz comienza a granar, se suspende el riego. Una forma de averiguar la madurez del grano es mordiéndolo. El punto adecuado es cuando ofrece la resistencia suficiente para no poder cortarlo.

Tras la recolección, que se realizará con una cosechadora provista de orugas, lo normal es quemar el rastrojo, y mover el barro con un rodamiento especial (Franquesa, 2016).

## 7. MARCO LEGAL

Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. (Colombia, 1993).

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974 por el cual se dicta el código Nacional de Recursos Naturales Renovables de Protección al medio ambiente (Ambiente, 1974).

Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua (ambiente, 1997).

Decreto 155 del 2004 Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. (CORTOLIMA, 2009)

Decreto 1323 de 2007 Por el cual se crea el sistema de información del recurso hídrico SIRH. (Ministerio de Ambiente, 2007).

Decreto 1324 de 2007 Por el cual se crea el registro de usuarios del recurso hídrico y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1480 de 2007 Por el cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas

cuentas hidrográficas y se dictan otras disposiciones (territorial, 2007).

Resolución 240 del 2007 Por el cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas (desarrollo, 2004).

Decreto 1640 del 2 de agosto del 2012 por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones (sostenible M. d., 2012).

Decreto 0303 del 6 de febrero del 2012 por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del Decreto –Ley 2811 de 1974 en relación con el registro de usuarios del recurso hídrico y se dictan otras disposiciones (sostenible M. d., 2012).

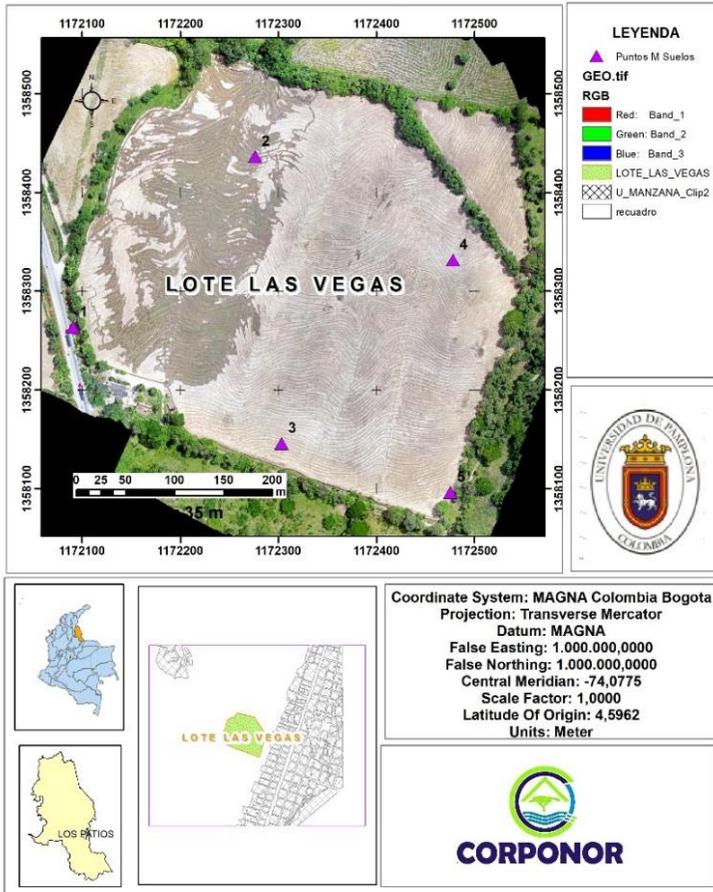
## 8. MARCO CONTEXTUAL

El municipio de los Patios se encuentra en el departamento de Norte de Santander limitando al norte y noroccidente con San José de Cúcuta, al oriente con villa de rosario, al sur oriente con Ragonvalia al sur y sur occidente con Chinacota y al occidente con Bóchamela y San José de Cúcuta, presenta una temperatura promedio de 27°C, una altitud de 250 msnm además una extensión total de 131 km<sup>2</sup> y su red hídrica pertenece a la cuenca del río Pamplonita. (Patios, 1999)

Se destaca por su reservorio de hallazgos fósiles en sus pronunciados Estoraques que se levantan entre La Garita y la Vereda Agua Linda, Su economía se desarrolla principalmente en la actividad comercial y micro empresarial, la explotación de caliza en el corregimiento de Agua Linda y el posterior procesamiento en la fábrica de cemento es otra actividad del sector. En la cabecera municipal se destacan los cultivos de hortalizas, caña de azúcar arroz entre otras. (Cúcutanuestra, 2013)

El cultivo de arroz en estudio se encuentra ubicado en la finca Las vegas, en las coordenadas X= 1172315, Y=1358306 y altura 396.5m, vereda San Pedro del municipio de los Patios, que se destacada por su amplia trayectoria en el cultivo del arroz, a continuación se presenta plano de la localización en imagen aérea de 4 bandas y 8 bits tomada con DRON Mavic 2- Product Information-DJI - el día 15 de junio de 2021, con la cual se calculó el área real del lote.

### PLANO AREA DE ESTUDIO



Mapa 1: Ubicación vuelo finca las vegas Cultivo en estudio.

## **9. OBJETIVOS**

### **9.1 GENERAL**

- Establecer el requerimiento hídrico para las etapas de preparación del terreno y establecimiento del cultivo de arroz del lote Las Vegas en el municipio de los Patios Norte de Santander, jurisdicción de CORPONOR.

### **9.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el caudal diario que se capta para el riego del cultivo, además realizar la medición de la precipitación que se presente en el lote las vegas lo anterior durante el periodo de tiempo de siembra y establecimiento del cultivo de arroz.
- Obtener datos climatológicos diarios de la estación Carmen de Tonchala [16025010] del IDEAM durante el periodo de estudio.
- Realizar análisis de propiedades fisicoquímicas como Textura, Materia Orgánica, Humedad y pH de los suelos del Lote Las Vegas.
- Calcular la infiltración de los suelos del lote las Vegas.
- Implementar el programa de Cropwat para estimar el requerimiento hídrico del cultivo de Arroz.

## 10. METODOLOGIA

En la siguiente figura se presenta el diseño metodológico utilizado para el desarrollo del proyecto.

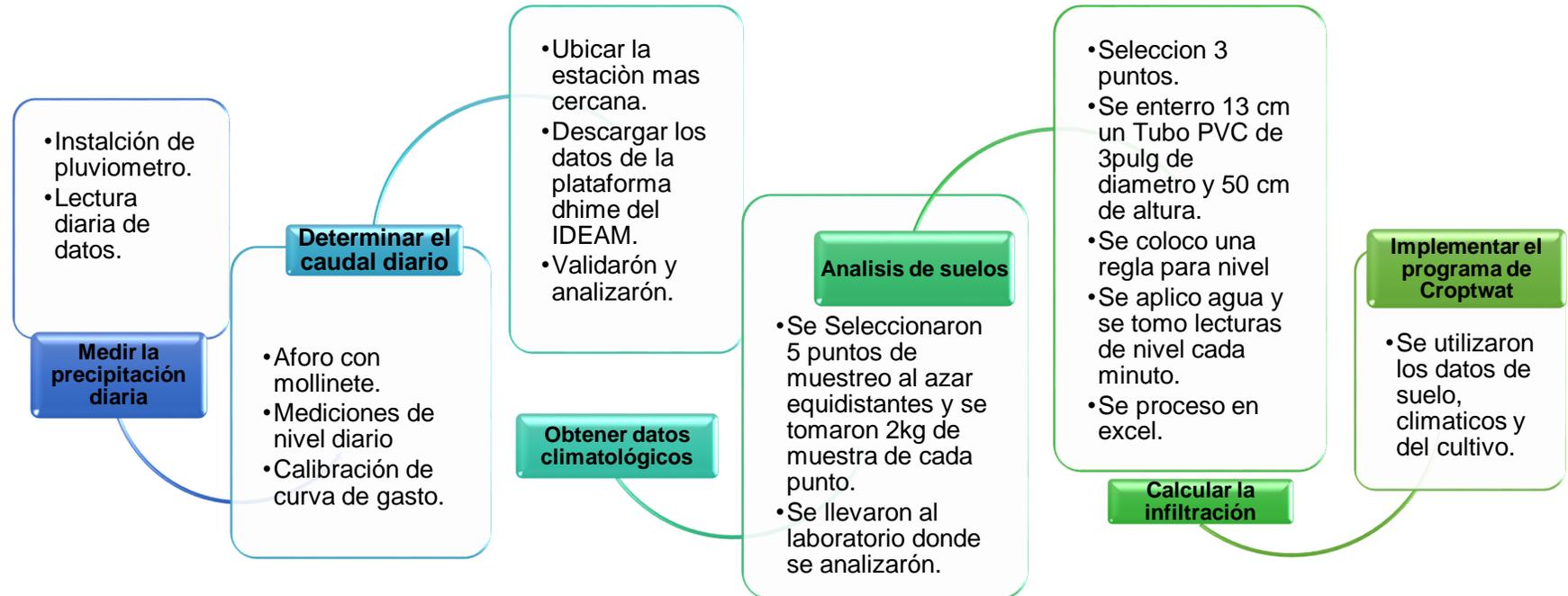


Figura 2: Diseño metodológico

Fuente: Elaboración propia (2021).

A continuación, se describen las actividades para el cumplimiento de las etapas del proyecto:

#### 10.1 ETAPA 1: Medición de la precipitación para la estimación del requerimiento hídrico

**Actividad 1: Instalación de pluviómetro:** Se realizó la revisión del sitio e instalación del pluviómetro facilitado por CORPONOR el 12 de abril del 2021. Para la instalación del pluviómetro se tuvo en cuenta las recomendaciones de la Guía de prácticas climatológicas OMM–Nº 100, las cuales son:

En una instalación ideal, el agua recogida en un pluviómetro representa las precipitaciones sobrevenidas en la zona circundante. Sin embargo, en la práctica es difícil lograr esas condiciones debido a los efectos del viento, por lo que se ha de prestar gran atención a la selección del emplazamiento. Los efectos del viento son de dos tipos: efectos sobre el propio instrumento, que reducen en general la cantidad de agua recogida, y efectos del emplazamiento sobre la trayectoria del viento, a menudo más importantes y que pueden arrojar valores en exceso o en defecto de la precipitación medida.

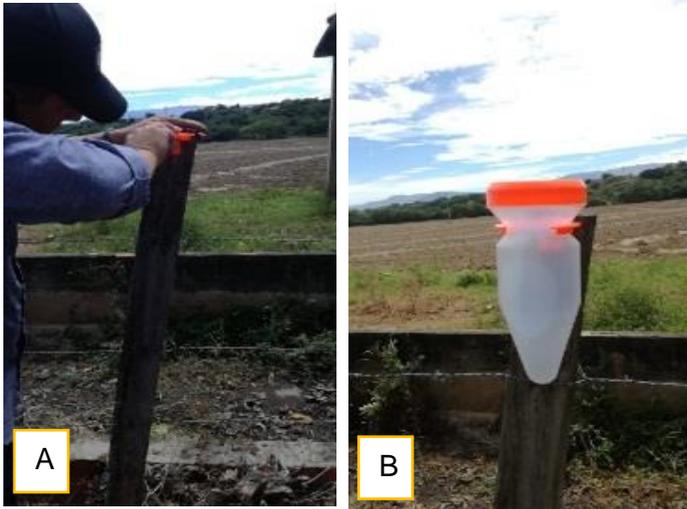
Las perturbaciones creadas por un obstáculo dependen de la relación entre sus dimensiones lineales y la velocidad de caída de la precipitación. Este efecto reduce, aunque no se elimina del todo, seleccionando el emplazamiento de modo que la velocidad del viento al nivel de la embocadura del instrumento sea lo más

pequeña posible, pero de manera que la lluvia no sea detenida por objetos circundantes, y/o modificando los alrededores del pluviómetro de modo que la corriente de aire en el orificio sea horizontal. Todos los pluviómetros de una región o país han de estar instalados de manera similar y en las mismas condiciones. El orificio del pluviómetro estará en posición horizontal sobre el nivel del suelo.

Si el emplazamiento lo permitiera, el pluviómetro estará protegido del viento en todas las direcciones por barreras tales como árboles o arbustos, cuya altura será lo más uniforme posible. La altura de estos objetos sobre la boca del pluviómetro será por lo menos la mitad de la distancia entre el instrumento y los objetos, para proporcionarle una protección adecuada contra el viento, pero no deberá exceder la distancia entre el pluviómetro y aquéllos, a fin de evitar la intercepción de parte de la lluvia que llega al pluviómetro. En una situación ideal, el ángulo entre la parte superior del pluviómetro y la de los objetos circundantes sería de entre 30 y 45°

Para proteger el pluviómetro se procurará no utilizar rompe vientos consistentes en una sola hilera de árboles, pues tienden a aumentar la turbulencia en el emplazamiento del pluviómetro. También debe evitarse una protección aislada o irregular cerca del pluviómetro, debido a los efectos variables e impredecibles que podría tener sobre lo que éste capte. El terreno circundante

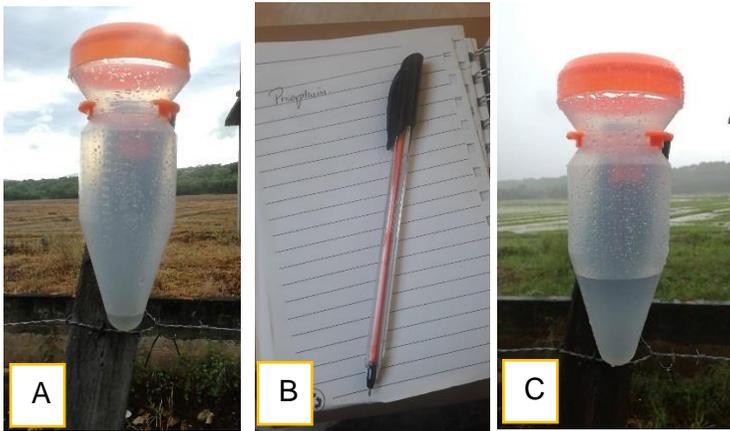
puede estar cubierto de césped, grava o ripio, pero superficies planas y duras como las de cemento originan salpicaduras excesivas. El orificio del pluviómetro debería hallarse lo más bajo posible con relación al suelo, dado que la velocidad del viento aumenta con la altura, pero lo suficientemente elevado para evitar que el agua que cae al suelo salpique el pluviómetro. En regiones en que la nieve es escasa y no hay peligro de que en las inmediaciones del pluviómetro se formen charcos de agua, incluso con lluvia intensa, se recomienda una altura de 30 cm. Si no se cumplieran estas condiciones, se recomienda una altura normalizada de 1 m.



*Figura 3. Instalación del pluviómetro (A) Instalación de soporte (B) Pluviómetro instalado.*

- **Actividad 2: Lectura diaria de datos:**

El registro de datos de precipitación inicio desde el 13 de abril del 2021 hasta fecha, diarios a las 7am para la estimación del requerimiento hídrico en las etapas estipuladas.



*Figura 4. Evidencia Pluviómetro (A y C) Pluviómetro midiendo. (B) libreta de campo registro pluviométrico.*

## 10.2 ETAPA 2: Determinación del caudal diario

**Actividad 3: Aforo con molinete:** El 17 de abril de 2021 a las 11:09 am se realizó el aforo en el canal de derivación de riego, midiendo la altura de la lámina de agua, utilizando un molinete OSS PC1 15-01 y el formato de cálculo de caudal por método velocidad- área con molinete MPO-01-F-06-6 – versión 3 , el cual está programado en Excel, utiliza la Ecuación de calibración

para calcular la velocidad de la corriente  $V=0,049*\eta+0,0071$ , donde  $n$  son las revoluciones registradas, con una Hélice de 1-13-011. Se realizaron cinco aforos en total a diferentes alturas con el fin de determinar el caudal con diferente altura de lámina de agua que pasa por la compuerta.



Figura 5: Aforo del canal (A y B) Aforo con Molinete

**Actividad 4: Medición de nivel diario**

El día 17 de abril de 2021 a las 10 am Se realizó la instalación de una regleta, con la cual se midió la altura de la lámina de agua que pasa por el canal, con el fin de llevar el registro cada vez que se abriera la compuerta para esto se revisaba el canal diariamente



*Figura 6: Instalación de la regleta(A) Asegurando la regleta (B) Regleta Compuerta cerrada (C) Regleta compuerta Abierta*

### Actividad 5: Calibración de la curva gasto

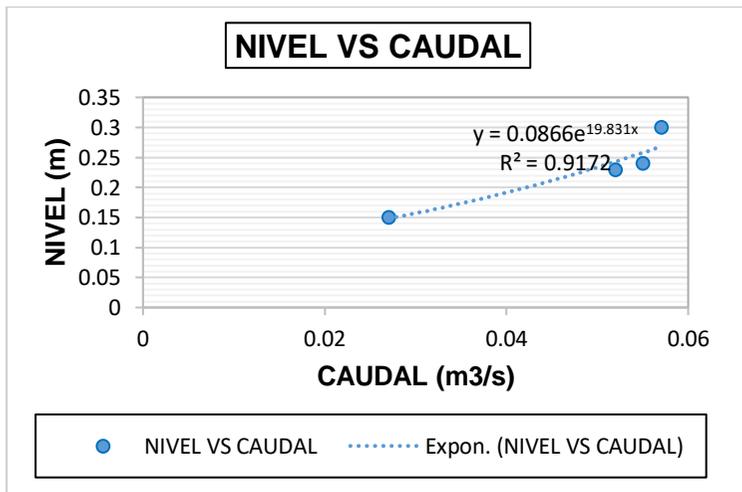
Esta calibración se realizó con el fin de relacionar el nivel de la lámina de agua con el caudal.

$$Q = \alpha e^{-\beta H}$$

Q=caudal m<sup>3</sup>/s.

H=Nivel m

$\beta$  y  $\alpha$  =parámetros de calibración.

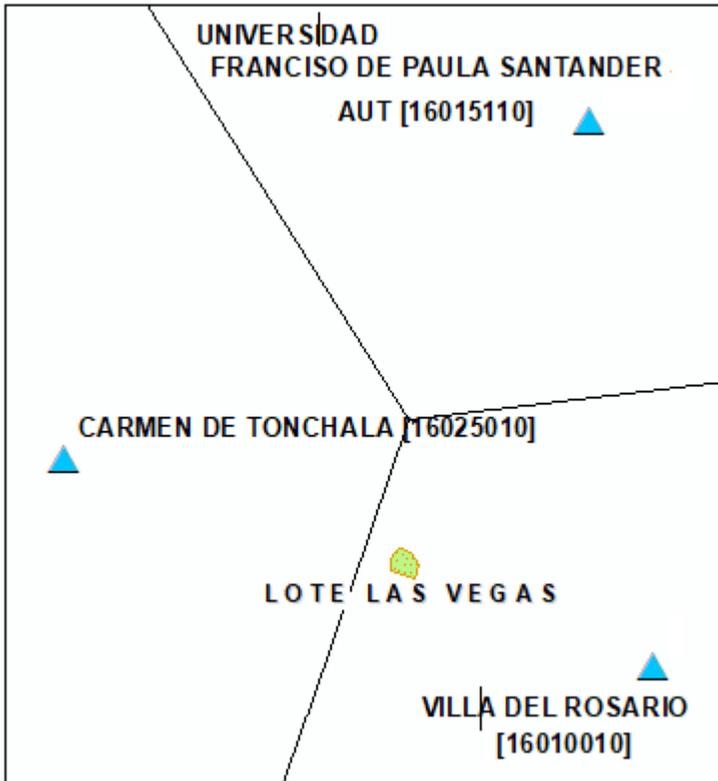


*Grafica 1. Curva de calibración de nivel vs caudal*

### 10.3 ETAPA 3: Obtener datos climáticos

Ubicar la estación más cercana.

Se ubicaron tres estaciones aferentes a la zona de estudio, Villa del Rosario [16010010], Carmen de Tonchala [16025010] Y La Universidad Francisco De Paula Santander - Aut [16015110], la más cercana fue Villa del Rosario, pero como esta estación solo registra datos de precipitación se selecciona la estación Carmen de Tonchala que es de categoría Climática Principal. Tal como se observa en la siguiente figura.

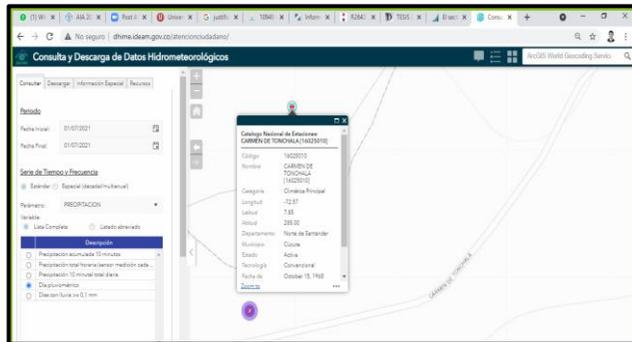


*Figura 7. Localización estaciones.*

- Descargar los datos de la plataforma dhime del IDEAM.

Se procedió a descargar datos climáticos diarios de precipitación, temperatura mínima, máxima, radiación solar, humedad relativa y velocidad y dirección del viento de la estación Carmen de

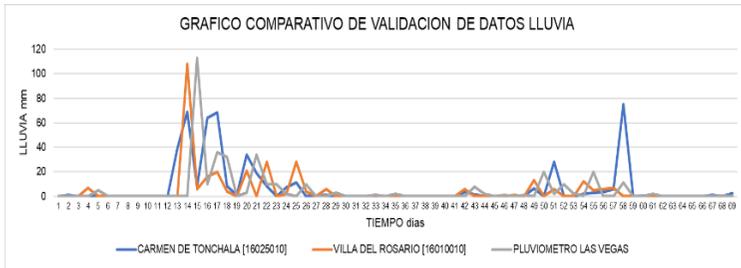
Tonchala [16025010] de la plataforma web dhime. del ideam <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>. ver figura siguiente.



*Figura 8 : plataforma descarga datos climáticos web dhime. del ideam*  
<http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>.

- Validaron y analizaron

Para lluvia se validó comparado gráficamente los datos de las estaciones de Villa del Rosario y Carmen de Tonchala y con la prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales ver gráfico siguiente y tablas 1 y2..



*Grafica 2. Gráfico comparativo de validación de datos de lluvia.*

	CARMEN DE TONCHALA [16025010]	VILLA DEL ROSARIO [16010010]
Media	6,182608696	4,449275362
Varianza	297,8102813	200,2510656
Observaciones	69	69
Varianza agrupada	249,0306735	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	136	
Estadístico t	0,905700758	
P(T<=t) una cola	0,183348012	
Valor crítico de t (una cola)	1,656134988	
P(T<=t) dos colas	0,366696025	
Valor crítico de t (dos colas)	1,977560777	

*Tabla 1: Resultado prueba t student para comparación de varianzas de lluvia diaria de las estaciones de Carmen de Tonchala y Villa del Rosario.*

	CARMEN DE TONCHALA [16025010]	PLUVIOMETRO LAS VEGAS
Media	6,182608696	5,869565217
Varianza	297,8102813	235,5143862
Observaciones	69	69
Varianza agrupada	266,6623338	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	136	
Estadístico t	0,645878645	
P(T<=t) una cola	0,259723129	
Valor crítico de t (una cola)	1,656134988	
P(T<=t) dos colas	0,519446258	
Valor crítico de t (dos colas)	1,977560777	

*Tabla 2: Resultado prueba t student para comparación de varianzas de lluvia diaria de las estaciones de Carmen de Tonchala y Pluviómetro de las vegas*

Adicionalmente se establece el error en porcentaje

$$\begin{aligned} \text{ERROR} &= \\ &= ((6,182608696 - 5,869565217) / 6,182608696) * 100 \\ &= 5,063\% \end{aligned}$$

VALIDACION 95% APROXIMADAMENTE

#### 10.4 ETAPA 4: Análisis de suelos

##### **Actividad 6: Se seleccionaron 5 puntos de muestreo al azar equidistantes y se tomaron 2kg de muestra**

En el terreno donde se cultiva el arroz se seleccionaron cinco puntos que estuvieran a lo largo de este obteniendo las muestras, Se hace la excavación de aproximadamente 20 cm de profundidad y se extrae la cantidad de dos kilogramos de cada punto con el fin de tener la suficiente cantidad para cada análisis fisicoquímico a realizar, cada muestra es debidamente empacada por separado y marcada para evitar confusiones a la hora del análisis, al tomar estas muestras se debe tratar de no tocarlas para no alterar los resultados. Las muestras fueron tomadas el 7 de junio del 2021.



*Figura 9: Obtención de las muestras en el terreno(A) Haciendo la excavación, (B y C) Empacando las muestras*

**Actividad 7: Se llevaron al laboratorio donde se analizaron.**

Las muestras obtenidas se llevaron posteriormente a las instalaciones del laboratorio de Control y Calidad de la

Universidad de Pamplona donde el 8 de junio se determinó conductividad, pH, Humedad, Granulometría y materia Orgánica de la siguiente manera cada análisis:

### Conductividad

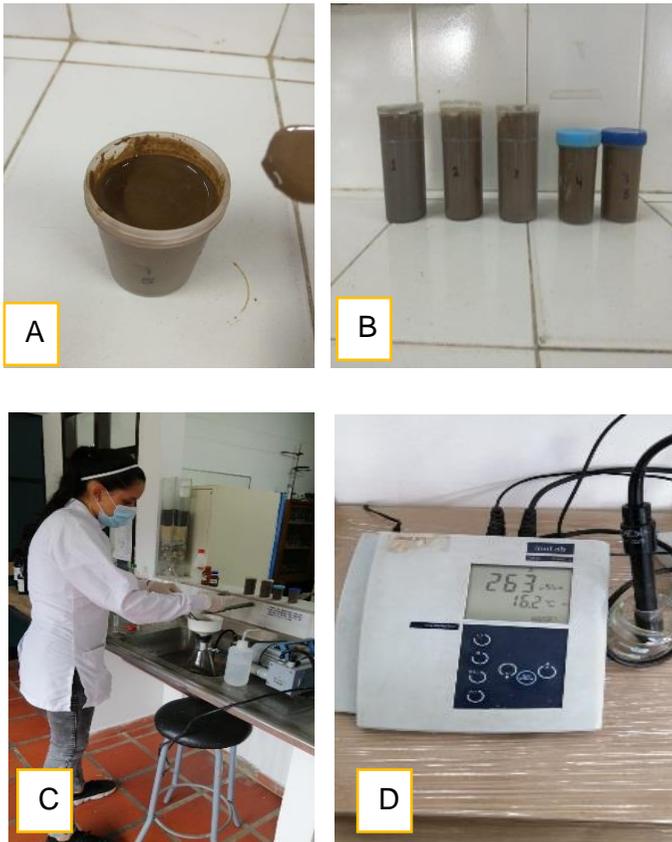
La conductividad es una medida de la propiedad que posee una solución acuosa para la conducción de corriente eléctrica a continuación el paso a paso de cómo se realizó la medición (ver figura 10)

Para obtener la conductividad eléctrica de cada muestra de suelo se añadió cierta cantidad de Agua destilada y de muestra no se tienen en cuenta las cantidades, pero sí que la muestra quede saturada.

Se dejaron en reposo aproximadamente 30 minutos seguidamente se filtró cada muestra y la cantidad de agua que salió de la filtración se llevó en un recipiente al Multiparametro wtw inoLab Multi Level 1.

### pH

Para realizar este análisis se tomaron los pesos de cada frasco contenedor y se procede a pesar 10 gr de cada muestra, seguidamente se le agregan 20 mL de agua destilada por cada 10 gr es decir a cada contenedor, se dejan las muestras en reposo por media hora aproximadamente, al pasar el tiempo estipulado se procede a llevar las muestras al Multiparametro wtw inoLab Multi Level 1 para medir el Ph de cada una de estas. (Ver figura 11)



*Figura 10: Análisis de conductividad(A) Muestra saturada (B) Muestras en reposo(C) Filtración de cada muestra (D) Multiparametro midiendo conductividad*

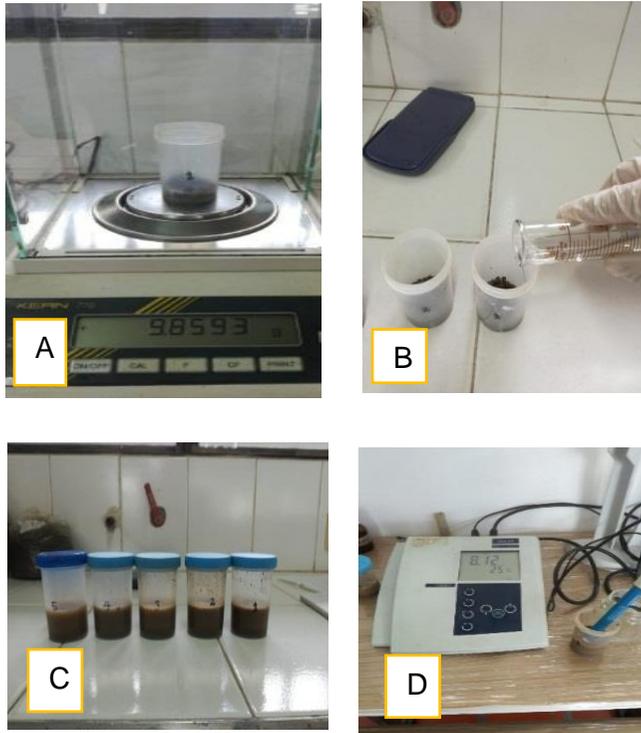


Figura 11: Análisis de pH(A) Peso de la muestra, (B) Muestra más agua destilada, (C) Muestras en reposo, (D) Multiparametro midiendo Ph

## Humedad

Principalmente se ponen los crisoles en la mufla a 105°C por media hora con el fin de esterilizarlos, al pasar este

tiempo se llevan por 15 min al desecador y son pesados en la balanza analítica, Seguidamente se agrega la muestra en el crisol son pesadas y se llevan a la mufla 105°C por 24 horas (ver figura 12)



*Figura 12: Análisis de Humedad, (A)Mufla con crisoles vacíos(B)Desecado con crisoles vacíos(C)Peso de los crisoles vacíos y seguidamente con la muestra (D)mufla con Crisoles y la muestra (E) Desecador con Crisoles y la muestra (F) Peso de crisol con la muestra*

## Granulometría

Para poder realizar el tamizado de cada muestra fue necesario poner a secar las muestras en el horno a 65° c por dos horas aproximadamente (ver figura 13).

Mientras trascurren las dos horas son ordenados, pesados y limpiados los tamices para su utilización

Se toma un kilogramo de cada muestra ya seca y se procede a ser tamizada el orden de los tamices es del diámetro mayor en la parte superior al tamiz de menor diámetro en la parte inferior y por último la base

El proceso de tamizado se hizo manual debido a que el tamizador no estaba en uso, se dividió la columna para de esta manera facilitar el trabajo.

Para asegurarnos de que la balanza este arrojando los pesos correctamente se pesa continuamente una pequeña pesa sabiendo el peso de esta se confirma la exactitud de las lecturas.

Por último, se pesó cada tamiz con la cantidad de muestra en cada uno

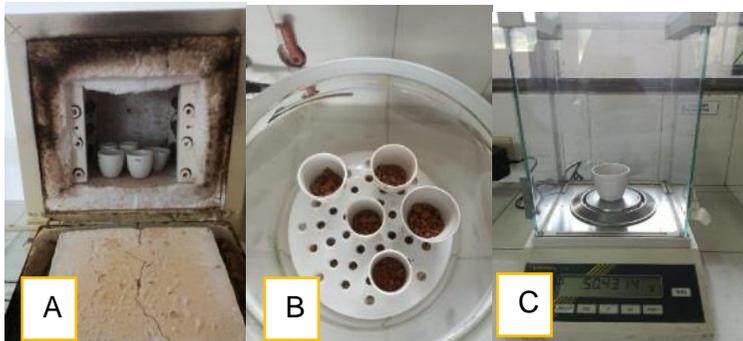
El procedimiento se realizó con cada muestra y cada tamiz tanto vacío como después de realizar el tamizado, se registró cada peso para su posterior análisis.



*Figura 13: Análisis Granulométrico(A) Horno con las muestras, (B)Muestras secas, (C)Peso 1 kg de muestra(D)Peso Tamiz vacío, (E)Columna de tamices, (F) Peso Tamiz con la muestra*

## Materia Orgánica

Esta se obtiene de las mismas muestras de humedad, al terminar el proceso de obtención de la humedad ya pesadas al salir de la mufla por 24 horas son llevadas a la mufla de 500°C finalmente se lleva al desecador pasados 15 minutos allí nuevamente son pesadas en la balanza analítica (ver figura 14).

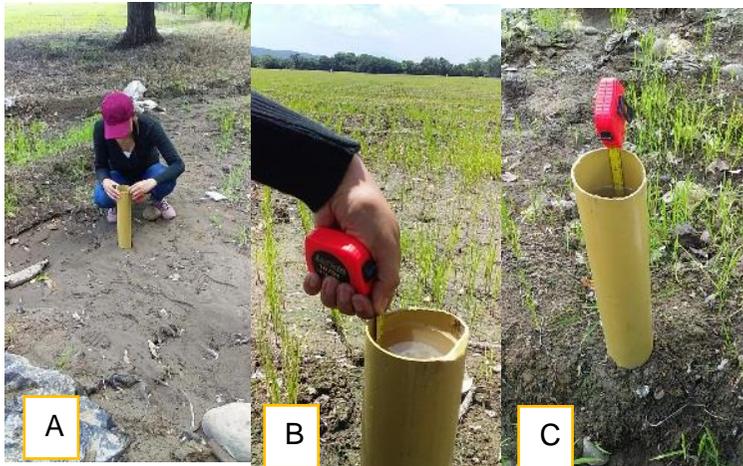


*Figura 14: Análisis de Materia Orgánica(A) muestras en la Mufla a 500°C, (B) Muestras en el desecador, (C) Peso de las muestras*

### 10.5 ETAPA 5: Calculo de la Infiltración

La infiltración consiste en enterrar unos 10 a 15 cm un tubo de pvc de 50 cm de largo y 3 pulgadas de diámetro en el terreno de estudio, seguidamente se llenara a tope y se tendrá a mano el cronometro para poder registrar el tiempo exacto en el que se infiltra cierta cantidad de agua hasta obtener la capacidad de campo, el tubo tiene una regleta al interior que permite saber cuántos centímetros

disminuye la lámina de agua en determinado tiempo, este procedimiento se realizó en tres puntos diferentes de todo el terreno (ver figura 15)



*Figura 15: Infiltración(A) Instalación del tubo (B) Tubo lleno y con la regleta, (C) Tubo con la regleta pasado determinado tiempo*

## 10.6 ETAPA 6: Implementar el programa CROPWAT

Aplicación del programa de CROPWAT para determinación de la necesidad de agua del cultivo de arroz en las etapas de este proyecto

Para la estimación del requerimiento hídrico se toman datos de la Base de Datos del IDEAM en este caso de estación Carmen de Tonchala [16025010] siendo una de las más cercanas, los datos serán de Velocidad del

viento, temperatura, humedad horas de insolación y precipitaciones estas últimas para corroborar las ya tomadas mediante el registro del pluviómetro además de algunos datos obtenidos mediante el análisis realizado al suelo (ver figura 16).

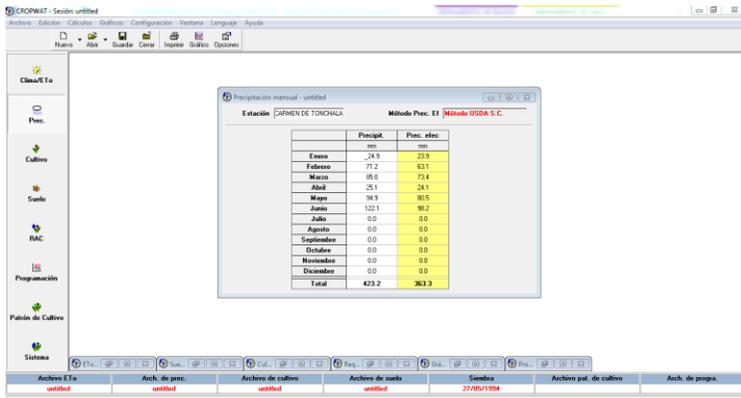


Figura 16: Aplicativo CROPWAT

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1 ETAPA 1: Medición de la precipitación para la estimación del requerimiento hídrico

Mediante el Pluviómetro se tomaron las precipitaciones que se presentaban diariamente durante el periodo de tiempo estipulado y se registraron mes a mes de la siguiente manera (ver figura 17).



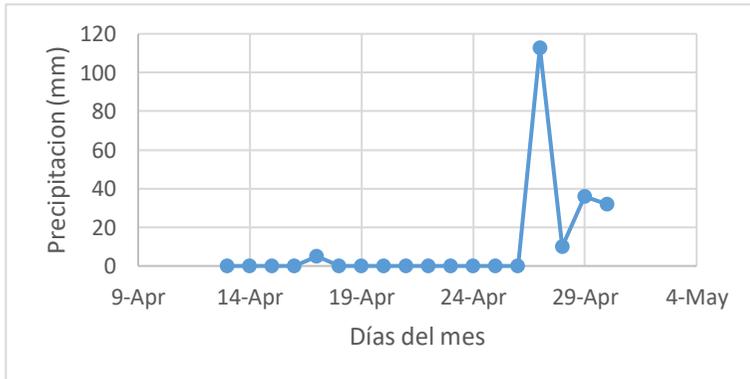
*Figura 17: Evidencia Pluviómetro*

FECHA	HORA	PRECIP. (mm)	FECHA	HORA	PRECIP. (mm)
13-abr	7:00 a. m.	0	22-abr	7:00 a. m.	0
14-abr	7:00 a. m.	0	23-abr	7:00 a. m.	0
15-abr	7:00 a. m.	0	24-abr	7:00 a. m.	0
16-abr	7:00 a. m.	0	25-abr	7:00 a. m.	0

17-abr	7:00 a. m.	5	26-abr	7:00 a. m.	0
18-abr	7:00 a. m.	0	27-abr	7:00 a. m.	113
19-abr	7:00 a. m.	0	28-abr	7:00 a. m.	10
20-abr	7:00 a. m.	0	29-abr	7:00 a. m.	36
21-abr	7:00 a. m.	0	30-abr	7:00 a. m.	32

*Tabla 1: Datos precipitación mes Abril*

Se puede observar en la anterior tabla que el día 27 de abril se presentaron precipitaciones altas un factor que influyó positivamente debido ya que en este periodo se necesitaba mojar el lote para estimular el crecimiento de la maleza y seguidamente fumigarla y reducir el crecimiento de esta (ver grafica 3).

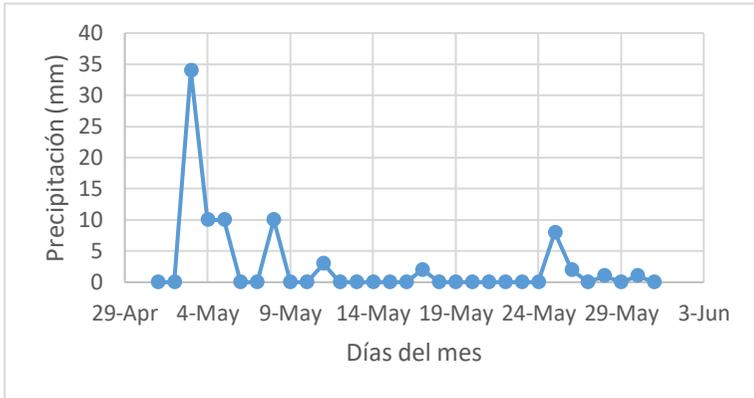


*Grafica 3: Precipitación mes de abril (mm)*

FECHA	HORA	PRECIPI. (mm)	FECHA	HORA	PRECIPI. (mm)
1-may	7:00 a. m.	0	17-may	7:00 a. m.	2
2-may	7:00 a. m.	0	18-may	7:00 a. m.	0
3-may	7:00 a. m.	34	19-may	7:00 a. m.	0
4-may	7:00 a. m.	10	20-may	7:00 a. m.	0
5-may	7:00 a. m.	10	21-may	7:00 a. m.	0
6-may	7:00 a. m.	0	22-may	7:00 a. m.	0
7-may	7:00 a. m.	0	23-may	7:00 a. m.	0
8-may	7:00 a. m.	10	24-may	7:00 a. m.	0
9-may	7:00 a. m.	0	25-may	7:00 a. m.	8
10-may	7:00 a. m.	0	26-may	7:00 a. m.	2
11-may	7:00 a. m.	3	27-may	7:00 a. m.	0
12-may	7:00 a. m.	0	28-may	7:00 a. m.	1
13-may	7:00 a. m.	0	29-may	7:00 a. m.	0
14-may	7:00 a. m.	0	30-may	7:00 a. m.	1
15-may	7:00 a. m.	0	31-may	7:00 a. m.	0
16-may	7:00 a. m.	0			

*Tabla 2: Datos precipitación mes Mayo*

El mes de mayo del año 2021 es un mes con bajas precipitaciones presentando la mayor precipitación el día 3 de mayo con 34 mm

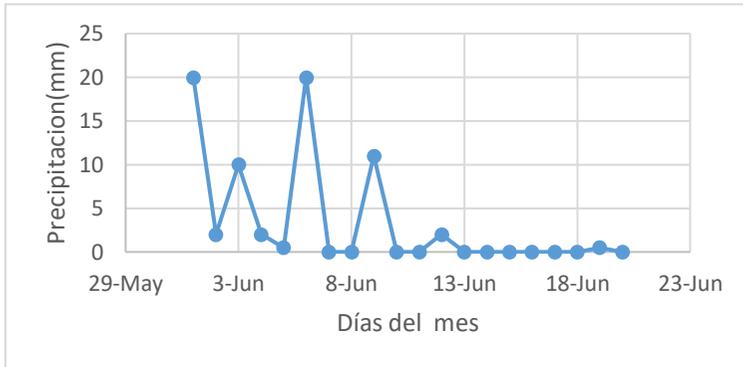


*Grafica 4: Precipitación mes de mayo (mm)*

FECHA	HORA	PRECIPI. (mm)	FECHA	HORA	PRECIPI. (mm)
1-jun	7:00 a. m.	20	13-jun	7:00 a. m.	0
2-jun	7:00 a. m.	2	14-jun	7:00 a. m.	0
3-jun	7:00 a. m.	10	15-jun	7:00 a. m.	0
4-jun	7:00 a. m.	2	16-jun	7:00 a. m.	0
5-jun	7:00 a. m.	0.5	17-jun	7:00 a. m.	0
6-jun	7:00 a. m.	20	18-jun	7:00 a. m.	0
7-jun	7:00 a. m.	0	19-jun	7:00 a. m.	0.5
8-jun	7:00 a. m.	0	20-jun	7:00 a. m.	0
9-jun	7:00 a. m.	11	21-jun	7:00 a. m.	0.5

10-jun	7:00 a. m.	0	22-jun	7:00 a. m.	2
11-jun	7:00 a. m.	0	23-jun	7:00 a. m.	1
12-jun	7:00 a. m.	2	24-jun	7:00 a. m.	2

*Tabla 3: Datos precipitación mes Junio*



*Grafica 5: Precipitación mes de junio*

El mes de Junio se considera como un mes con bajas precipitaciones según las mediciones siendo la mayor precipitación los días 1 y 6 de junio con 20 mm.

## 11.2 ETAPA 2: Determinación del Caudal diario

Realizados los aforos y el cálculo de los caudales mediante la plantilla de Excel ya programada y facilitada por CORPONOR se obtuvieron los siguientes datos

NIVEL (m)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
0.3	0.057
0.24	0.055
0.24	0.055
0.23	0.052
0.15	0.027

*Tabla 4: Caudales según el Nivel*

Para cada aforo se midieron las revoluciones por minutos en un tiempo de 60 segundos y a diferentes profundidades como lo muestra la tabla 4.

La calibración del canal

La calibración del canal se realizó mediante una hoja de Excel ya programada y facilitada por la corporación en donde se puede observar los diferentes aforos realizados el día 19 de Abril en el canal que supe el cultivo dando como resultado lo siguiente:

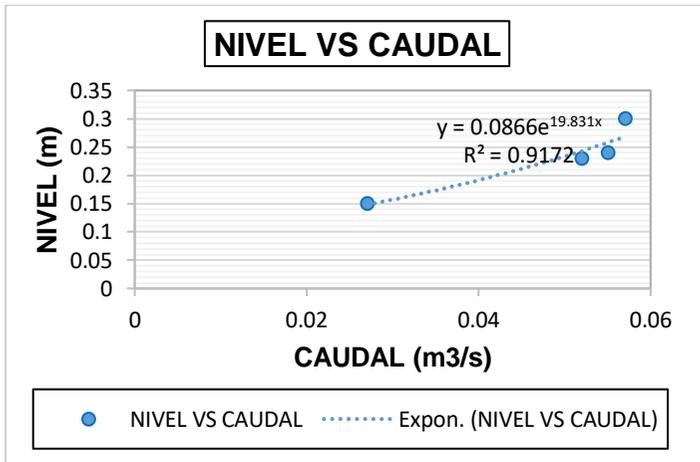
La ecuación de

$$Q = 0,0866e^{19,831H} \text{ con un } R^2 = 0,9172$$

Donde:

Q= es el caudal en m<sup>3</sup>/s,

H= Altura de la lámina de Agua m



Con la ecuación de caudal en función del nivel y el resultado de la medición de la lámina de agua se calculó el caudal utilizado diariamente para el riego del cultivo

FECHA	ABRIERON	CERRARON	ALTURA (cm)
17-abr	06:00 a. m.	11:00 a. m.	12
18-abr	06:00 a. m.	11:00 a. m.	18
19-abr	06:00 a. m.	12:00 a. m.	24
20-abr	06:00 a. m.	03:00 p. m.	22
21-abr	06:00 a. m.	03:00 p. m.	32
22-abr	06:00 a. m.	03:00 p. m.	32
23-abr	06:00 a. m.	11:00 a. m.	28
27-may	06:00 a. m.	03:00 p. m.	28
27-may	03:00 p. m.	11:59 p. m.	12
28-may	12:00 a.m.	07:00 a. m.	12
28-may	07:00 a. m.	03:00 p. m.	23
28-may	03:00 p. m.	11:59 p. m.	12
29-may	12:00 a. m.	07:00 a. m.	12
29-may	07:00 a. m.	03:00 p. m.	23
29-may	03:00 p. m.	11:59 p. m.	12
30-may	12:00 a. m.	08:45 a. m.	22
08-jun	6:00 a.m.	03:00 p. m.	22
09-jun	06:00 a. m.	03:00 p. m.	22
14-jun	06:00 a. m.	03:00 p. m.	17
15-jun	06:00 a. m.	03:00 p. m.	30
22-jun	06:00 a. m.	02:59 p. m.	28
22-jun	03:00 p. m.	11:59 p. m.	12
23-jun	12:00 a. m.	06:59 a. m.	12
23-jun	07:00 a. m.	03:00 p. m.	27

*Tabla 5: Registro apertura de la Compuerta*

FECHA	Q(l/s)
17-abr	1.6
18-abr	3.7
19-abr	5.1
20-abr	4.7
21-abr	6.6
22-abr	6.6
23-abr	5.9
27-may	7.6
28-may	8.2
29-may	8.2
30-may	4.7
08-jun	4.7
09-jun	4.7
14-jun	3.4
15-jun	6.3
22-jun	7.6
23-jun	7.4

*Tabla 6: Caudal diario (L/s)*

Según los datos obtenidos los días 28 y 29 de mayo con un caudal de 8.2 L/s estos dos días son consecutivos al día de siembra que fue el 27 de mayo debido a que se necesita inundar todo el lote para que se establezca de manera correcta la semilla.

Para cada etapa se obtuvo el siguiente caudal requerido para su desarrollo adecuado:

<b>ETAPA ADECUACION DEL TERRENO</b>	
<b>FECHA</b>	<b>Q(l/s)</b>
17-abr	1.6
18-abr	3.7
19-abr	5.1
20-abr	4.7
21-abr	6.6
22-abr	6.6
23-abr	5.9
<b>TOTAL</b>	<b>34.3</b>

*Tabla 7: Caudal utilizado etapa adecuación del terreno*

<b>ETAPA DE ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO</b>	
<b>FECHA</b>	<b>Q(l/s)</b>
27-may	7.6
28-may	8.2
29-may	8.2
30-may	4.7
08-jun	4.7
09-jun	4.7
14-jun	3.4
15-jun	6.3
22-jun	7.6
23-jun	7.4
<b>TOTAL</b>	<b>62.7</b>

*Tabla 8: Caudal utilizado etapa establecimiento del cultivo*

### 11.3 ETAPA 3: Datos Climáticos

La estación Carmen de Tonchala [16025010] de la base de datos de IDEAM fue la seleccionada debido a su cercanía y a su completa calidad de datos que se necesitan para este trabajo como lo son la humedad relativa, la temperatura máxima y mínima, radiación solar y velocidad del viento estas con la finalidad de ser utilizadas en el aplicativo Cropwat y de esta manera estimar el requerimiento hídrico del cultivo.

Los datos descargaron diarios, pero por las condiciones en que se deben digitar en el programa se realizó un promedio mensual con cada variable en los meses seleccionados de estudio y se tabularon de la siguiente manera

TEMPERATURA MAX(°C)	
ENERO	29.80
FEBRERO	31.17
MARZO	27.28
ABRIL	32.38
MAYO	29.36
JUNIO	31.02

*Tabla 9: Temperatura Máxima estación Carmen de Tonchala*

TEMPERATURA MIN(°C)	
ENERO	20.46
FEBRERO	20.72
MARZO	19.49
ABRIL	22.43
MAYO	22.03
JUNIO	22.62

*Tabla 10: Temperatura mínima Carmen de Tonchala*

VIENTO(Km/día)	
ENERO	8.3
FEBRERO	8.5
MARZO	8.5
ABRIL	8.4
MAYO	9.4
JUNIO	11.2

*Tabla 11: Velocidad del viento Estación Carmen de Tonchala*

PRECIPITACION (mm)	
ENERO	24.9
FEBRERO	71.2
MARZO	85
ABRIL	25.1
MAYO	94.9
JUNIO	122.1

*Tabla 12: Precipitación Estación Carmen de Tonchala*

INSOLACION (horas)	
ENERO	11.4
FEBRERO	11.5
MARZO	12.1
ABRIL	12.2
MAYO	12.3
JUNIO	12.3

*Tabla 13: Precipitación Estación Carmen de Tonchala*

HUMEDAD (%)	
ENERO	94.16
FEBRERO	87.46
MARZO	84.10
ABRIL	82.30
MAYO	56.84
JUNIO	50.20

*Tabla 14: Humedad Estación Carmen de Tonchala*

#### 11.4 ETAPA 4: ANALISIS DE SUELOS

##### Conductividad

Se obtuvieron los siguientes resultados para las muestras respecto a la conductividad

N° MUESTRA	CONDUCTIVIDAD			
	1	264	$\mu\text{s/cm}$	0.264
2	424	$\mu\text{s/cm}$	0.424	ds/m
3	388	$\mu\text{s/cm}$	0.388	ds/m
4	274	$\mu\text{s/cm}$	0.274	ds/m
5	275	$\mu\text{s/cm}$	0.275	ds/m
Temperatura	16.4	$^{\circ}\text{C}$		

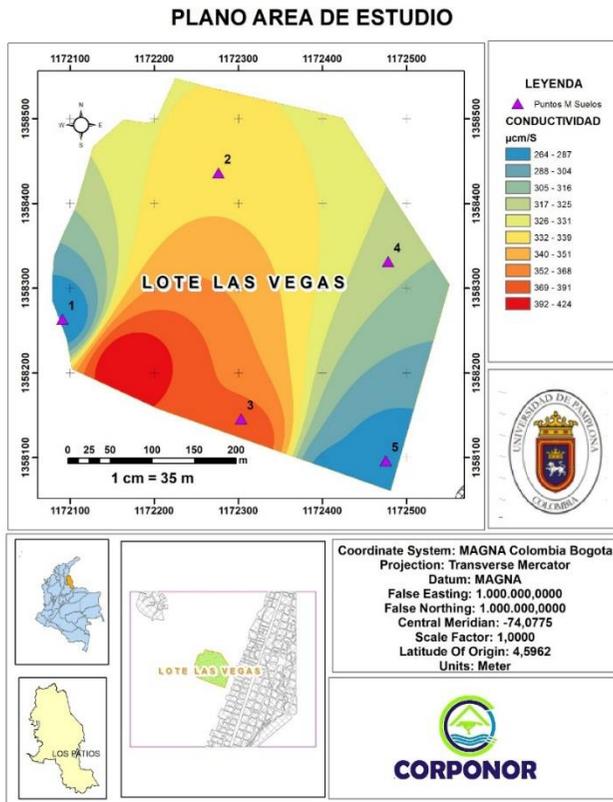
*Tabla 15: Conductividad de las Muestras*

Clase salinidad del suelo	EC(dS/m)	Efecto sobre las plantas cultivadas
No salino	0-2	No se producen efectos por la salinidad
Ligeramente salino	2-4	Los rendimientos de las plantas sensibles pueden ser restringidas
Moderadamente salino	4-8	Los rendimientos de muchos cultivos son restringidos.
Fuertemente salino	8-16	Solamente cultivos tolerantes rinden satisfactoriamente
Muy fuertemente salino	>16	Solamente unos pocos cultivos muy tolerantes rinden satisfactoriamente

*Tabla 16: Conductividad según la FAO*

Según este índice establecido por la FAO los resultados obtenidos de las muestras pertenecen a suelos no salinos es decir no tiene repercusiones en el desarrollo del cultivo respecto a esto ya que un suelo salino disminuye el rendimiento del cultivo

Un suelo bajo en salinidad como el que está en estudio es de gran ventaja ya que se le facilita a la planta la absorción del agua en este caso al cultivo de arroz, La salinidad de un suelo tiene mucho que ver con la cantidad de precipitaciones que se presentan en la zona y del uso adecuado de los fertilizantes.



Mapa 2: Conductividad terreno cultivo de arroz

Ph

N° MUESTRA	CANTIDAD(gr)	Agua Destilada(mL)	PH
1	9.86	20	8.12
2	9.88	20	8.35
3	9.76	20	8.48
4	9.93	20	8.22
5	9.98	20	8.38
Temperatura	25°C		

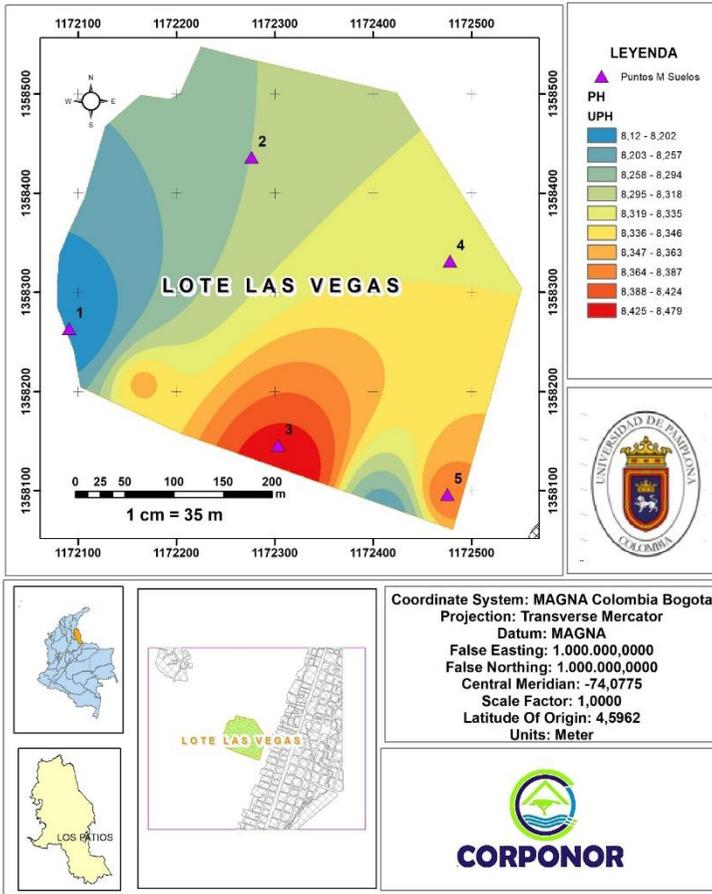
*Tabla 17: Resultados Análisis de pH*

ESCALA DE pH	
Acido	<7.0
Neutro	7.0
Básico o Alcalino	>7.0

*Tabla 18: Escala de pH*

Los análisis de las muestras de suelo arrojan un resultado mayor a 7.0 es decir Básico o alcalino un suelo apto para cualquier tipo de cultivo, Infoagro señala que la mayor cantidad de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para suelos alcalinos ocurre lo contrario.

### PLANO AREA DE ESTUDIO



Mapa 3: pH terreno Cultivo de arroz

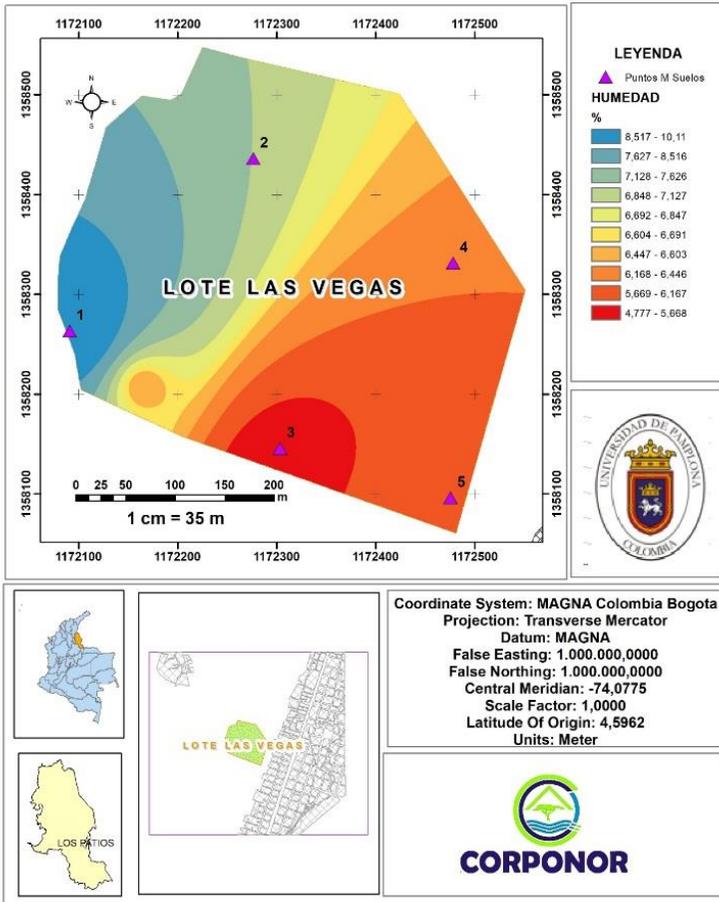
## Humedad

N° MUESTRA	Peso crisoles (gr)	Peso muestra(gr)	Peso antes de la mufla por 24 h(gr)	Peso después de la mufla por 24 h(gr)	Peso sin el crisol	peso humedad	% HUMEDAD
1	12.965	24.958	37.923	35.632	22.667	0.092	10.11
2	12.174	31.067	43.241	41.343	29.169	0.061	6.51
3	12.605	36.811	49.416	47.740	35.135	0.046	4.77
4	12.602	40.655	53.257	50.934	38.332	0.057	6.06
5	12.601	34.091	46.692	44.770	32.169	0.056	5.97

*Tabla 19: Porcentaje de Humedad*

La humedad de las muestras oscila entre un 5% y 10% aproximadamente, además es un suelo que se encuentra casi a tope su capacidad de campo estos resultados se pueden contradecir un poco debido a las fechas en que se tomaron los datos para humedad el suelo llevaba días sin ser inundado y para la infiltración en el suelo se tomaron los datos y el día antes el cultivo había sido inundado.

### PLANO AREA DE ESTUDIO



Mapa 4: Humedad Terreno Cultivo de arroz

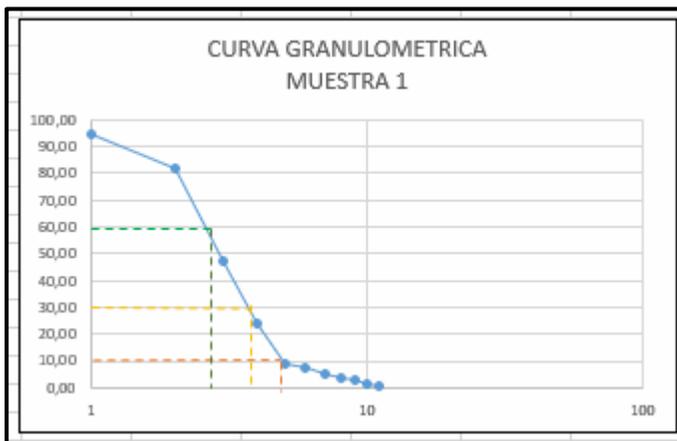
## Granulometría

MUESTRA 1								
	mm	N° Tamiz	Peso tamiz vacío(kg)	Muestra (kg)	Peso retenido (Kg)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje pasante (%)
ARGRAVA EN FINA	12,7	1/2	0.672	0.727	0.055	5.522	5.522	94.48
	9,53	3/8	0.657	0.781	0.124	12.450	17.972	82.03
	4,75	4	0.648	0.995	0.347	34.839	52.811	47.19
ARENA MEDIA	2,36	8	0.546	0.779	0.233	23.394	76.205	23.80
	1,18	16	0.543	0.69	0.147	14.759	90.964	9.04
	0,850	20	0.528	0.546	0.018	1.807	92.771	7.23
	0,600	30	0.525	0.548	0.023	2.309	95.080	4.92
ARENA FINA	0,424	40	0.481	0.493	0.012	1.205	96.285	3.71
	0,250	60	0.494	0.503	0.009	0.904	97.189	2.81
	0,150	100	0.441	0.454	0.013	1.305	98.494	1.51
	0,075	200	0.451	0.461	0.01	1.004	99.498	0.50
		BASE	0.567	0.572	0.005	0.502	100	0
				Total muestra (Kg)	0.996	100		

Tabla 20: Granulometría M1

M1	
D10	1.25
D30	2.99
D60	2.39
Cu	1.912
Cc	2.993

Tabla 21: Coeficientes M1



Gráfica 6: Curva Granulométrica M1

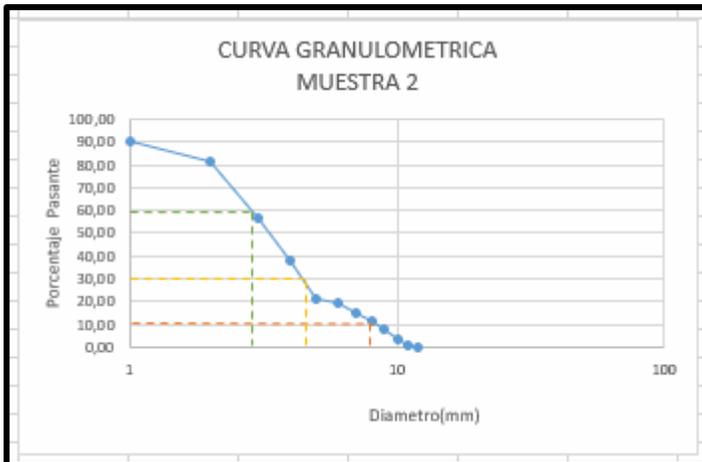
Se obtiene para la muestra 1 es Grava Fina debido al mayor porcentaje corresponde a esta.

MUESTRA 2								
	mm	N° Tamiz	Peso tamiz vacío (kg)	Muestra (kg)	Peso retenido (Kg)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje pasante (%)
GRAVA FINA	12,7	1/2	0.672	0.772	0.1	10.04	10.04	89.96
	9,53	3/8	0.657	0.743	0.086	8.63	18.67	81.33
	4,75	4	0.648	0.895	0.247	24.80	43.47	56.53
ARENA MEDIA	2,36	8	0.546	0.728	0.182	18.27	61.75	38.25
	1,18	16	0.543	0.71	0.167	16.77	78.51	21.49
ARENA FINA	0,850	20	0.528	0.551	0.023	2.31	80.82	19.18
	0,600	30	0.525	0.57	0.045	4.52	85.34	14.66
	0,424	40	0.481	0.517	0.036	3.61	88.96	11.04
ARENA FINA	0,250	60	0.494	0.529	0.035	3.51	92.47	7.53
	0,150	100	0.441	0.485	0.044	4.42	96.89	3.11
	0,075	200	0.451	0.474	0.023	2.31	99.20	0.80
		BASE	0.567	0.573	0.006	0.60	99.80	0.20
				Total muestra (Kg)	0.994	100		

Tabla 22: Granulometría M 2

M2	
D10	0.372
D30	1.77
D60	5.41
Cu	14.5430108
Cc	1.55670503

Tabla 23: Coeficientes M2



Grafica 7: Curva Granulométrica M2

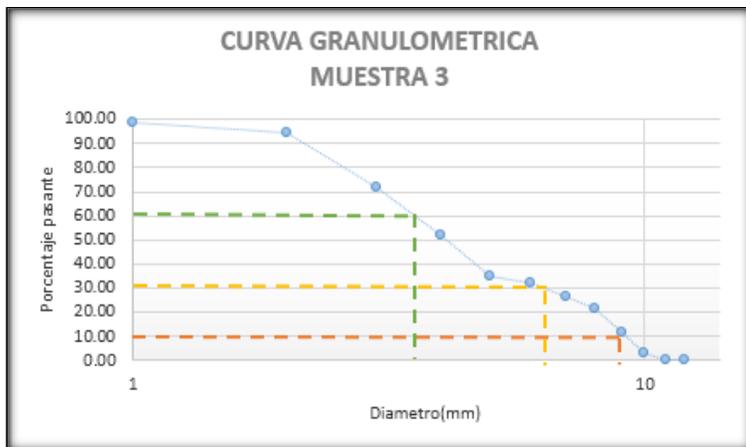
Para la muestra numero 2 se obtiene un tipo de arena ya que el mayor porcentaje indica esto.

MUESTRA 3								
	mm	N° Tamiz	Peso tamiz vacío(kg)	Muestra (kg)	Peso retenido (Kg)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje pasante (%)
A GRAVA	12,7	1/2	0.672	0.683	0.011	1.10	1.10	98.90
	9,53	3/8	0.657	0.703	0.046	4.62	5.72	94.28
	4,75	4	0.648	0.875	0.227	22.79	28.51	71.49
	2,36	8	0.546	0.741	0.195	19.58	48.09	51.91
ARENA	1,18	16	0.543	0.709	0.166	16.67	64.76	35.24
	0,850	20	0.528	0.558	0.03	3.01	67.77	32.23
	0,600	30	0.525	0.58	0.055	5.52	73.29	26.71
	0,424	40	0.481	0.536	0.055	5.52	78.82	21.18
ARENA	0,250	60	0.494	0.591	0.097	9.74	88.55	11.45
	0,150	100	0.441	0.526	0.085	8.53	97.09	2.91
	0,075	200	0.451	0.476	0.025	2.51	99.60	0.40
		BASE	0.567	0.569	0.002	0.20	99.80	0.20
Total muestra (Kg)					0.994	100		

Tabla 24: Coeficientes M3

M3	
D10	0.23
D30	0.75
D60	3.38
Cu	14.6956522
Cc	0.03827663

Tabla 25: Granulometría M3



Grafica 8: Curva Granulométrica M3

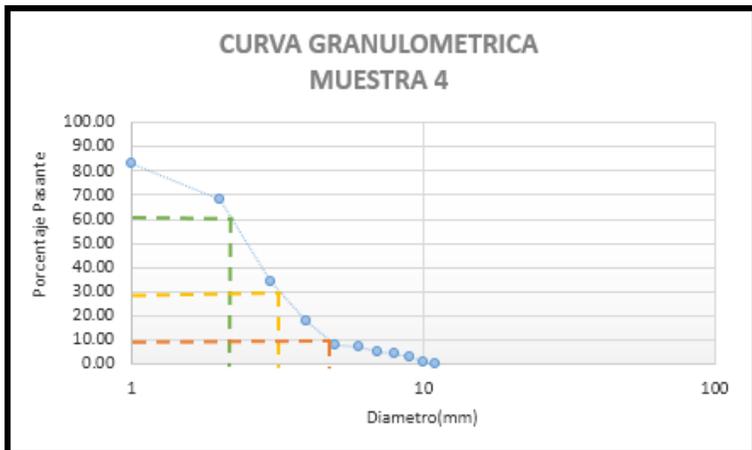
Según el análisis realizado se obtiene que el tipo muestra 3 es Grava fina por ser mayor el porcentaje de esta

MUESTRA 4								
	mm	N° Tamiz	Peso tamiz vacío(kg)	Muestra (kg)	Peso retenido (Kg)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje pasante (%)
GRAVA FINA	12,7	1/2	0.672	0.841	0.169	16.97	16.97	83.03
	9,53	3/8	0.657	0.803	0.146	14.66	31.63	68.37
	4,75	4	0.648	0.99	0.342	34.34	65.96	34.04
ARENA A	2,36	8	0.546	0.707	0.161	16.16	82.13	17.87
ARENA MEDIA	1,18	16	0.543	0.64	0.097	9.74	91.87	8.13
	0,850	20	0.528	0.54	0.012	1.20	93.07	6.93
	0,600	30	0.525	0.541	0.016	1.61	94.68	5.32
	0,424	40	0.481	0.491	0.01	1.00	95.68	4.32
ARENA FINA	0,250	60	0.494	0.505	0.011	1.10	96.79	3.21
	0,150	100	0.441	0.463	0.022	2.21	99.00	1.00
	0,075	200	0.451	0.461	0.01	1.00	100.00	0.00
		BASE	0.567	0.57	0.003	0.30	100	0
				Total muestra (Kg)	0.999	100		

Tabla 26: Granulometría M4

M4	
D10	1.4
D30	4.15
D60	8.36
Cu	5.97142857
Cc	1.47150547

*Tabla 27: Coeficientes M4*



*Grafica 9: Curva Granulométrica M4*

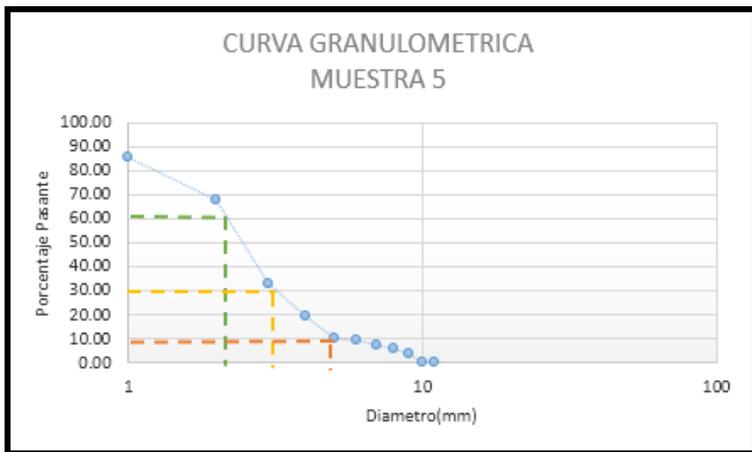
Según el análisis realizado se obtiene que el tipo muestra 4 es Grava fina por ser mayor el porcentaje contenido.

MUESTRA 5								
	mm	N° Tamiz	Peso tamiz vacío(kg)	Muestra (kg)	Peso retenido (Kg)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje pasante (%)
GRAVA FINA	12,7	1/2	0.672	0.816	0.144	14.458	14.458	85.54
	9,53	3/8	0.657	0.832	0.175	17.570	32.028	67.97
	4,75	4	0.648	0.996	0.348	34.940	66.968	33.03
AREN EN	2,36	8	0.546	0.683	0.137	13.755	80.723	19.28
ARENA MEDIA	1,18	16	0.543	0.635	0.092	9.237	89.960	10.04
	0,850	20	0.528	0.534	0.006	0.602	90.562	9.44
	0,600	30	0.525	0.547	0.022	2.209	92.771	7.23
	0,424	40	0.481	0.493	0.012	1.205	93.976	6.02
ARENA FINA	0,250	60	0.494	0.515	0.021	2.108	96.084	3.92
	0,150	100	0.441	0.478	0.037	3.715	99.799	0.20
	0,075	200	0.451	0.453	0.002	0.201	100.000	0.00
		BASE	0.567	0.568	0.001	0.100	100	0
				Total muestra (Kg)	0.997	100		

Tabla 28: Granulometría M5

M5	
D10	0.616
D30	4.15
D60	8.36
Cu	13.5714286
Cc	3.34433061

*Tabla 29: Coeficientes M5*



*Gráfica 10: Curva Granulométrica M5*

Para la muestra numero 5 se obtiene un tipo de arena ya que el mayor porcentaje indica esto.

El coeficiente de curvatura según su valor determina un factor cuando es  $<5$  el valor quiere decir que el terreno

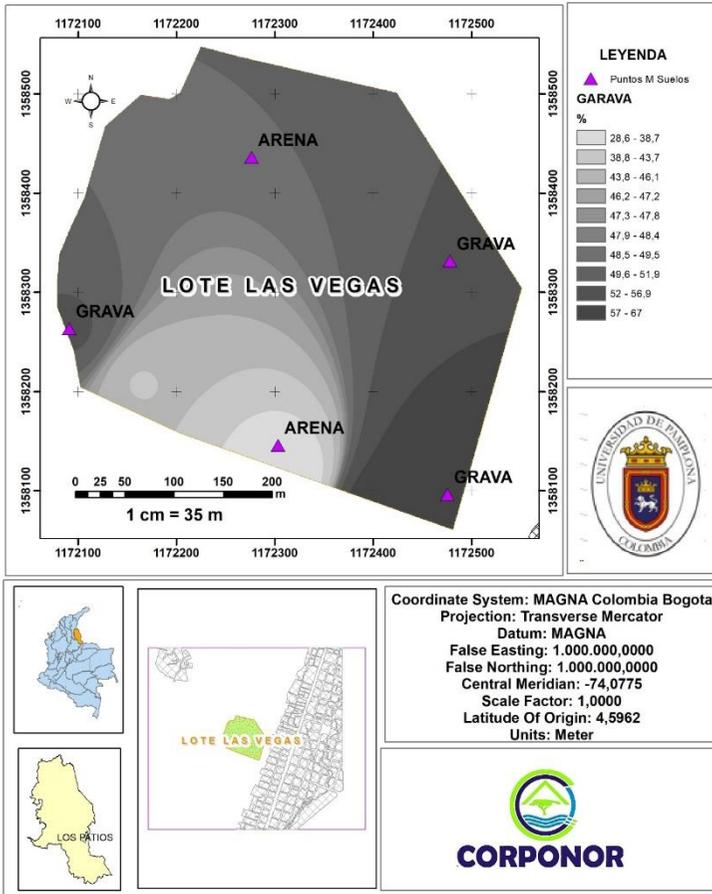
cuenta con ua granulometria uniforme , de 5- 20 es poco uniforme y >20 es un suelo bien graduado es decir con mayor densidad y suelos menos compresibles entonces las muestras en analisis se claifican de la siguiente manera.

MUESTRAS	CU	CC	Según CU
1	14.54301075	1.55670503	Poco uniforme
2	14.54301075	1.55670503	Poco uniforme
3	14.69565217	0.03827663	Poco uniforme
4	5.971428571	1.47150547	Uniforme
5	13.57142857	3.34433061	Poco uniforme

*Tabla 30: Análisis Coeficientes cinco muestras*

Se obtiene un tipo de suelo arenoso a lo largo del terreno, esto se comprobó gracias a la comparación con el tipo de suelos encontrado en la base de datos IGAC la cual corresponde esta zona al 50% de arena y en el análisis nos arrojó un 47% de arena porcentajes muy cercanos que corroboran la exactitud de análisis realizado

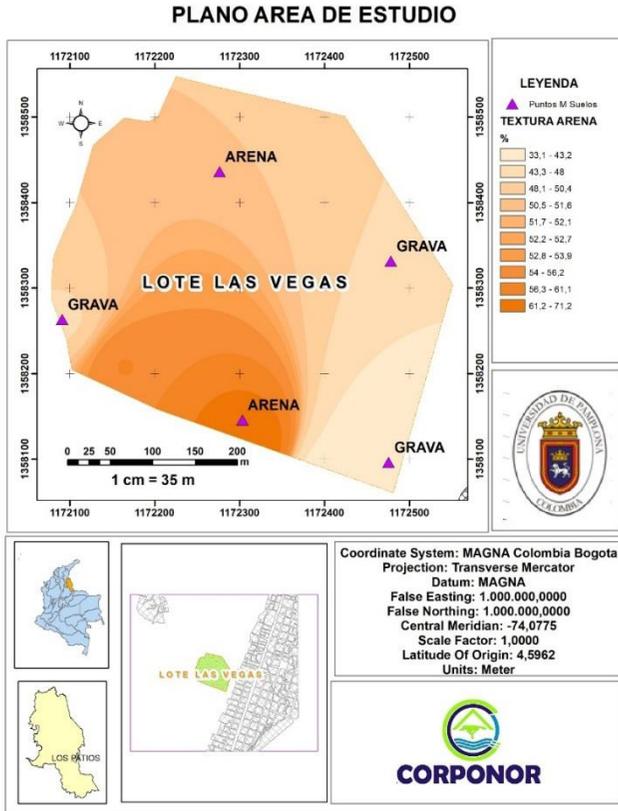
### PLANO AREA DE ESTUDIO



Coordinate System: MAGNA Colombia Bogota  
 Projection: Transverse Mercator  
 Datum: MAGNA  
 False Easting: 1.000.000,0000  
 False Northing: 1.000.000,0000  
 Central Meridian: -74,0775  
 Scale Factor: 1,0000  
 Latitude Of Origin: 4,5962  
 Units: Meter



Mapa 5: Grava en el terreno cultivado de arroz



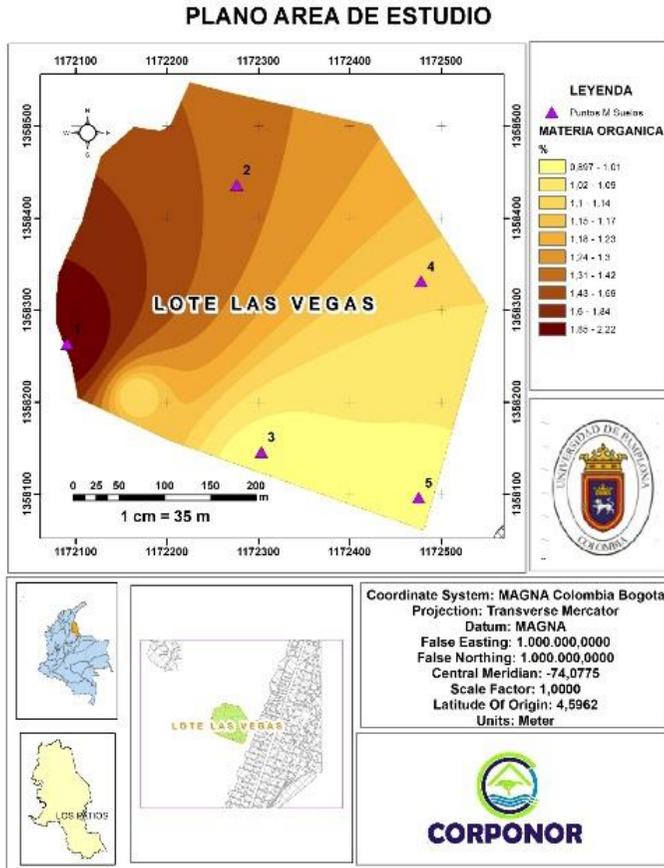
Mapa 6: Textura de arenas terreno cultivo de arroz

## Materia Orgánica

N° MUESTRA	MO_%
1	2.2
2	1.1
3	0.9
4	1.0
5	1.0

*Tabla 31: Resultados análisis M.O*

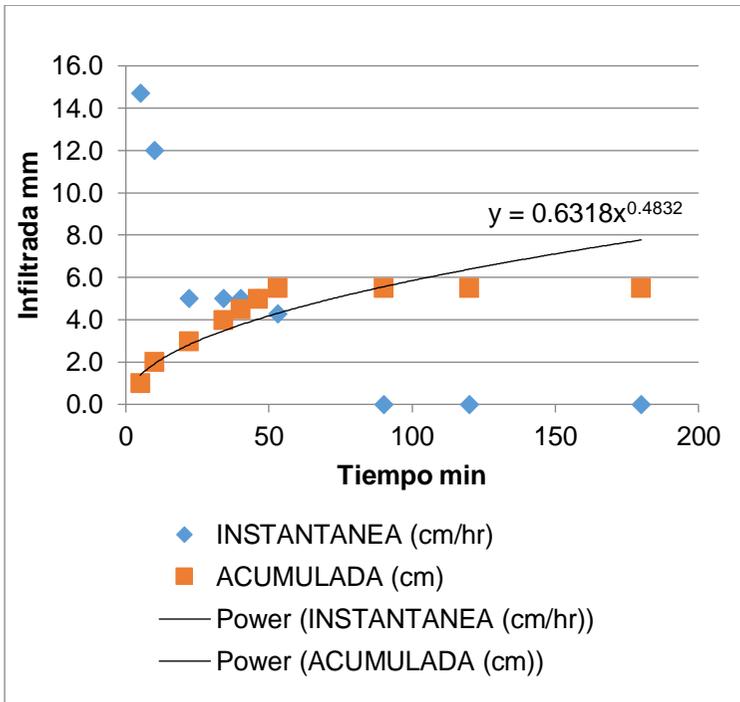
El Contenido de materia orgánica obtenida en las muestras puede clasificarse en un suelo con bajo contenido ya que esta por alrededor del 2%, es decir tiene pocos residuos de animales y plantas incorporados en el suelo pero a pesar de esto el cultivo se desarrolla en buenas condiciones, el bajo contenido de material orgánico puede deberse a el arrastre de estos por el agua.



Mapa 7: Materia Orgánica en el terreno de arroz

### 11.5 ETAPA 5: Infiltración

Se puede analizar de la prueba realizada de infiltración que el suelo estaba húmedo a punto casi de la capacidad de campo, dado que se infiltró poca agua y la baja velocidad con que esto sucedió, además que es un suelo saturado y tiene sentido ya que es un cultivo inundado que la mayoría del tiempo de cultivo está en sumergencia gran parte del tiempo que dura para ser cosechado.



Gráfica 11. Gráfica de prueba de infiltración punto 1

TIEMPO		LAMINA		VELOCIDAD	
PARCIAL	ACUMULADO	INFILTRADA	ACUMULADA	INFILTRACION INSTANTANEA	INFILTRACION HORARIA
(min)	(min)	(cm)	(cm)	(cm/h)	(cm/h)
1	1	0.02	0	1.2	0
4	5	0.98	0.98	14.7	11.76
5	10	1	1.98	12	11.88
12	22	1	2.98	5	8.12727273
12	34	1	3.98	5	7.02352941
6	40	0.5	4.48	5	6.72
6	46	0.5	4.98	5	6.496
7	53	0.5	5.48	4.2857143	6.204
37	90	0	5.48	0	3.653
				Infiltración promedio	6,039111627

*Tabla 32 . Infiltración Punto 1*

TIEMPO		LAMINA		VELOCIDAD	
				INFILTRACION	INFILTRACION
PARCIAL	ACUMULADO	INFILTRADA	ACUMULADA	INSTANTANEA	HORARIA
(min)	(min)	(cm)	(cm)	(cm/h)	(cm/h)
1	1	0,01	0,000	0,6	0
8	9	0,5	0,5	3,75	3,33333333
12	17	0,5	1	2,5	3,52941176
15	22	0,00001	1,00001	0,00004	2,7273
12	34	0,00001	1,00002	0,00005	1,76474118
6	40	0,00001	1,00003	0,0001	1,500045
				Infiltración promedio	1,52649682

*Tabla 33 . Infiltración Punto 2*

TIEMPO		LAMINA		VELOCIDAD	
				INFILTRACION	INFILTRACION
PARCIAL	ACUMULADO	INFILTRADA	ACUMULADA	INSTANTANEA	HORARIA
(min)	(min)	(cm)	(cm)	(cm/h)	(cm/h)
1	1	0,000001	0	0,00006	0
10	5	0,5	0,5	3	6
5	10	0,00001	0,50001	0,00012	3,00006
12	22	0,00001	0,50002	0,00005	1,36369091
12	34	0,00001	0,50003	0,00005	0,88240588
6	40	0,00001	0,50004	0,0001	0,75006
				Infiltración promedio	1,269516204

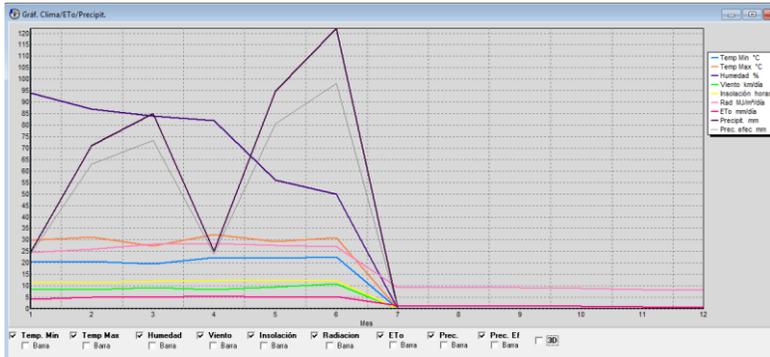
*Tabla 34 . Infiltración Punto*

En las pruebas de infiltración se obtienen velocidades diferentes como está plasmado en las anteriores tablas entonces se obtiene para el punto uno una velocidad de infiltración de 6.04 cm/hora, en el punto dos 1.52 cm/hora y en el punto tres 1.27 cm/hora, se puede decir que este terreno tiene casi al tope la capacidad de campo esto se debe a que es un terreno frecuentemente inundado.

11.6 ETAPA 6: Implementación del Programa Cropwat  
Se tabularon de la siguiente manera los datos para cada variable y posteriormente se ingresaron al aplicativo Cropwat con el fin de estimar el requerimiento hídrico del cultivo en determinado periodo de tiempo

Eto(mm/día)	
ENERO	4.08
FEBRERO	5.06
MARZO	5.06
ABRIL	5.62
MAYO	4.88
JUNIO	5.31

*Tabla 35: Eto obtenida de CROPWAT*



*Imagen 1: Grafica clima/Eto/Precipitación*

Se puede observar la gráfica obtenida por Cropwat donde grafica la Eto, el clima, la precipitación dejando ver lo continua que es la evapotranspiración diaria en milímetros y el aumento que presenta en algunos meses.

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo   CARMEN DE TONCHAI				Cultivo   ARROZ			
Est. de lluvia   CARMEN DE TONCHAI				Fecha de siembra   27/05			
Mes	Decada	Etapa	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req.Riego mm/dec
May	3	Inic	0.77	3.82	19.1	13.6	4.1
Jun	1	Inic	0.77	4.24	42.4	34.4	7.9
Jun	2	Inic	0.77	4.47	44.7	38.2	6.5
Jun	3	Inic	0.77	3.33	33.3	25.5	7.8
Jul	1	Des	0.78	1.88	18.8	0.1	18.7
Jul	2	Des	0.87	0.82	8.2	0.0	8.2
Jul	3	Des	0.97	0.95	10.4	0.0	10.4
Ago	1	Des	1.07	1.23	12.3	0.0	12.3
Ago	2	Med	1.17	1.22	12.2	0.0	12.2
Ago	3	Med	1.20	1.26	13.8	0.0	13.8
Sep	1	Med	1.20	1.26	12.6	0.0	12.6
Sep	2	Med	1.20	1.25	12.5	0.0	12.5
Sep	3	Fin	1.30	1.34	13.4	0.0	13.4
Oct	1	Fin	1.70	1.72	17.2	0.0	17.2
Oct	2	Fin	1.70	1.69	16.9	0.0	16.9
Oct	3	Fin	1.70	1.65	18.2	0.0	18.2
Nov	1	Fin	1.70	1.61	11.3	0.0	11.3
					<b>317.2</b>	<b>111.9</b>	<b>203.9</b>

Imagen 3: Requerimiento de agua obtenido de Cropwat

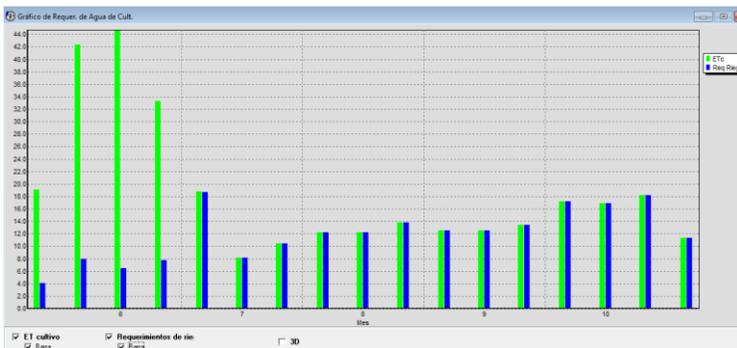


Imagen 4: Grafica Requerimiento agua del cultivo

Se puede observar en la imagen el aumento progresivo

del requerimiento hídrico del cultivo con el paso del tiempo esto también depende de las condiciones climáticas y la evolución del cultivo.

La estimación de la evapotranspiración se realizó como se dijo anteriormente mediante el aplicativo Cropwat que facilita el cálculo mediante la ecuación de Penman-Monteith esta ecuación es una representación clara, precisa y simple de los factores físicos y fisiológicos que gobiernan el proceso de evapotranspiración.

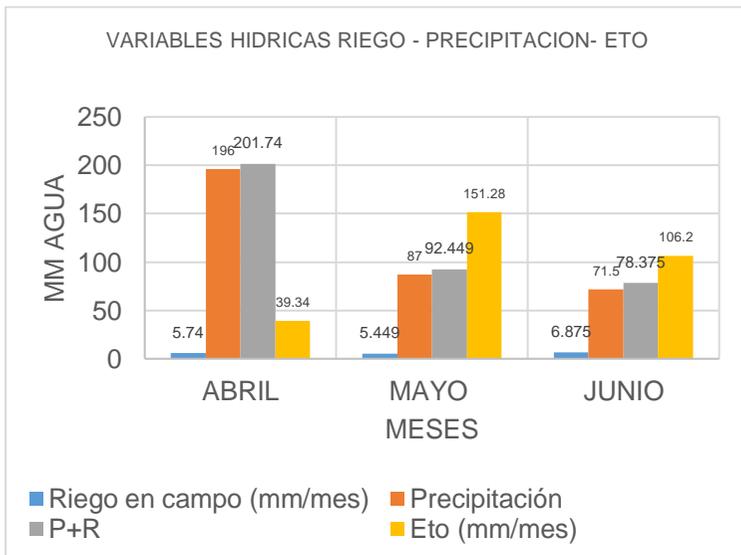
Eto(mm/día)		Días del mes	Eto (mm/mes)
ENERO	4.08	31	126.48
FEBRERO	5.06	28	141.68
MARZO	5.06	31	156.86
ABRIL	5.62	30	168.6
MAYO	4.88	31	151.28
JUNIO	5.31	20	106.2
		<b>TOTAL(mm)</b>	851.1

*Tabla 36: Eto Total Etapas del proyecto*

Cropwat nos entrega resultados de Eto mensuales, así que según los días de cada mes se multiplican para obtener una Eto total mensual y seguidamente una Total para todo el periodo de las etapas estipuladas.

Riego en campo (mm/mes)		Precipitación	Eto (mm/mes)
ABRIL	5,740	196	168.6
MAYO	5,449	87	151.28
JUNIO	6,875	71,5	106.2
		<b>TOTAL(mm)</b>	851.1

*Tabla 37: Variables Hídricas*



*Grafica 12. Variables hidrológicas Riego, Precipitación y Eto del cultivo de arroz*

Se grafican las variables de riego, precipitación y Eto esto con el fin de compararlas y se analiza lo siguiente para el mes de abril se presentan grandes precipitaciones y baja evapotranspiración, para los siguientes meses mayo y junio aumenta la evapotranspiración pero hay menores precipitaciones y menor riego esto se debe a que en estos meses el cultivo se comienza a desarrollar y cambian las necesidades de riego por cierto periodo de tiempo y van aumentando en las etapas de crecimiento y maduración.

## 12. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la recolección de datos y posterior análisis de estos se estimó de manera muy cercana el requerimiento hídrico del cultivo, además se logró lo requerido principalmente por la incorporación la medición del caudal que ingresa al cultivo de arroz para su posterior inclusión en el módulo de consumo que se desarrolla para esta zona.

La etapa de adecuación del terreno es una etapa que no se tiene muy en cuenta y es primordial ya que en esta también se hace uso en cantidad significativa del recurso, en total para esta etapa se utilizó un caudal de 34.4 l/s es decir un volumen de 893.146 Litros teniendo en cuenta las horas que se abrió la compuerta durante esta etapa.

Para la etapa de establecimiento del cultivo se obtiene un caudal de 62,7 L/s es decir un volumen de 1.875.699 Litros esto teniendo en cuenta las horas que duro abierta la compuerta.

El terreno total mide 15,5 hectáreas aproximadamente es decir se han utilizado 178.635 Litros de agua por cada hectárea en estas dos etapas de desarrollo del cultivo.

Se obtuvo una infiltración muy baja debido a que el suelo ya está a tope con su capacidad de campo una de las posibles razones es que es un cultivo inundado la mayor parte del tiempo así que deja al tope esta capacidad

Los resultados que se obtiene son muy relativos debido que la variabilidad climática de la actualidad, a los diferentes periodos de lluvia que se presenten en años siguientes, cambios de temperatura, velocidad del viento es decir muchos factores influyen.

### 13. REFERENCIAS

Agromatica. (2008). Obtenido de <https://www.agromatica.es/humedad-del-suelo/>

Agropecuaria, I. N. (2011). Obtenido de [https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Manual\\_Aguador.pdf](https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Manual_Aguador.pdf)

Aguilar, E. H. (2018). *redagricola*. Obtenido de <https://www.redagricola.com/pe/unalm-frente-al-cambio-climatico-en-el-cultivo-de-arroz-oryza-sativa-l/>

Allen. (2006). Obtenido de [file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Ambiente, M. d. (1974). Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegral delRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto\\_2811\\_de\\_1974.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegral delRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf)

ambiente, M. d. (1997). Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)

Bernal. (2013). Obtenido de [file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Bruinsma. (2009). Obtenido de <https://www.redagricola.com/co/sostenibilidad-en-el-uso-de-agua-en-cultivos-de-arroz/>

CAR. (2014). *Corporacion Autonoma Regional de Cundinamarca*. Obtenido de <http://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/33671#page=48>

Cirad. (2010). Obtenido de [http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20100925084346\\_17\\_mercados\\_arroceros\\_en\\_lac\\_\\_patricio\\_mendez\\_del\\_villar.pdf](http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20100925084346_17_mercados_arroceros_en_lac__patricio_mendez_del_villar.pdf)

Claro. (1991). Obtenido de [file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Colombia, C. d. (22 de 12 de 1993). *Minambiente*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/6c-ley\\_0099\\_1993.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/6c-ley_0099_1993.pdf)

CORTOLIMA. (2009). Obtenido de [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec\\_1575\\_2007.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec_1575_2007.pdf)

Cúcutanuestra. (2013). Obtenido de <https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/municipios/region-centro/los-patios/los-patios.htm>

desarrollo, t. M. (08 de 03 de 2004). *Cortolima*. Obtenido de [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/res\\_240\\_2004.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/res_240_2004.pdf)

- Echeverria. (2007). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)
- FAO. (1977). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)
- FAO. (2006). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)
- FAO. (2006). *FAO*. Obtenido de  
<http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (2010). Obtenido de  
<http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Fedearroz. (2013). Obtenido de  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21584/1070954000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fedearroz. (2016). Obtenido de  
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21584/1070954000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Florian. (2013). Obtenido de  
<https://sr.hypotheses.org/447>
- Franquesa, M. (2016). Obtenido de  
<https://www.agroptima.com/es/blog/el-cultivo-de-arroz/>
- Geotecnia. (2016). Obtenido de  
<https://geotecniafacil.com/granulometria-de-suelos-por-tamizado/>
- Hunter. (1978). Obtenido de  
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOri>

ental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf

Impofos. (1997). Obtenido de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>

Infoagro. (2009). Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

Infoagro. (2013). Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

IRRI, I. I. (1993). Rice Research in a Time of Change: IRRI's Medium-term Plan for 1994-1998. En *Rice Research in a Time of Change*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=aWp6GWAACAAJ>

Levine. (2015). Obtenido de [file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Mejía. (2016). Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21584/1070954000.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Ambiente, V. y. (19 de 04 de 2007). *Cortolima*. Obtenido de [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec\\_1323\\_2007.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec_1323_2007.pdf)

Mundial, B. (2015). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>

Patios, A. d. (1999). Obtenido de <https://www.lospatios-nortedesantander.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#>

R. Kasten Dumroese, D. F. (2014). Obtenido de [https://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2012\\_dumroese\\_k004.pdf](https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2012_dumroese_k004.pdf)

Raffino, M. E. (2020). Obtenido de <https://concepto.de/recursos-hidricos/>

Raffino, M. E. (2020). Obtenido de <https://concepto.de/materia-organica/>

Redagricola. (2017). Obtenido de <https://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>

Saseendran. (2015). Obtenido de [file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Sela, G. (12 de 02 de 2020). Obtenido de <https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/water-requirements-of-crops/#:~:text=La%20necesidad%20de%20agua%20de,como%20la%20superficie%20del%20suelo.>

SIAC. (2007). Obtenido de <http://www.siac.gov.co/suelo>

sostenible, M. d. (2012). Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec\\_1640\\_2012.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_1640_2012.pdf)

sostenible, M. d. (06 de 02 de 2012). *minambiente*.  
Obtenido de  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec\\_0303\\_2012.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2012/dec_0303_2012.pdf)

Spano. (2009). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Stancalie. (2010). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

territorial, M. d. (04 de 05 de 2007). *CORTOLIMA* .  
Obtenido de  
[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec\\_1480\\_2007.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/nuestra/normatividad/agua/dec_1480_2007.pdf)

Valle, U. J. (2010). Obtenido de  
<https://matdeconstruccion.wordpress.com/2010/10/14/la-granulometria/>

Westerhoff. (2015). Obtenido de  
[file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LUZ/Downloads/v10n1a14%20(1).pdf)

Wordpres. (2009). Obtenido de  
<https://elaguafuentefundamentaldevida.wordpress.com/proceso-de-recoleccion/fuente-hidrica/>

## 14. ANEXOS

## Anexo1: Calculo del caudal

 <b>FORMATO DE CÁLCULO DE CAUDAL POR MÉTODO VELOCIDAD-ÁREA CON MOLINETE</b> MPO-01-F-06-6 - Versión 3 - 04/02/2019															
Cuerpo de agua:		CANAL K8		Cauce:		Pomplonita		Molinete:		OSS PC115-01					
Vereda:		San Pedro		Municipio:		Cúcuta		Ecuac. de calibración:		V=0,043 <sup>h</sup> +0,0071		Hélice:		1-13-011	
Estación:				Sitio:				Tipo de aforo:		vadeo		Este(m)			
Fecha:				Método medición:		velocidad-área		Lluvia:		No		Forte(m)			
Cota (m.s.n.m.):				Tiempo de medición (s):		60		Hi (m):				Hora ini.:			
Formato campo:				Calculado por:				Observaciones:							
<b>Cálculo</b>															
Punto	Distancia (m)	Profundidades		N	Revoluciones			Velocidades			Sección			Caudal Parcial	
		PT	PA		T	$\eta=N/T$	VP	VMV	VM	PM	AP	SP			
0	0.00	0.24		413	60	6.883	0.344	0.344							
			0.144			0.000			0.344	0.24	0.15	0.036	0.0124		
1	0.15	0.24	0.144	413	60	6.883	0.344	0.344							
						0.000				0.261	0.24	0.23	0.054	0.0141	
2	0.38	0.24	0.144	209	60	3.483	0.178	0.178							
						0.000				0.262	0.24	0.23	0.054	0.0152	
3	0.60	0.24	0.144	465	60	7.750	0.387	0.387							
						0.000				0.387	0.24	0.15	0.036	0.0139	
4	0.75	0.24	0.144	465	60	7.750	0.387	0.387							
						0.000									
$\eta$ promedio		6.55		Profundidad media (m)		0.24		Ancho total (m)		0.75		Caudal Total (m <sup>3</sup> /s)		0.056	
Velocidad media (m/s)		0.319		Perímetro mojado (m)		1.23		Área mojada (m <sup>2</sup> )		0.18		Caudal Total (l/s)		56	
PT=Profundidad total		T=Tiempo medición revoluciones		VMV=Velocidad media en la vertical		AP=Ancho parcial		PA=Profundidad de aforo		$\eta$ =Revoluciones por segundo		VM=Velocidad media		SP=Sección parcial	
N=Número de revoluciones		VP=Velocidad puntual		PM=Profundidad media		H=Nivel de agua									

Imagen 2: Cálculo del caudal en un aforo

Anexo 2:



