

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL**



**TESIS DE GRADO**

**DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE RIEGO POR GOTEO EN EL  
CULTIVO DE NARANJA (*Citrus sinensis* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
SAPECHO**

**POR: GERMAN ELIAS CUCHO MARCA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2021**

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA TROPICAL

DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE RIEGO POR GOTEO EN EL  
CULTIVO DE NARANJA (*Citrus sinensis* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
SAPECHO

*Tesis de Grado  
Presentado como requisito  
Para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo Tropical*

GERMAN ELIAS CUCHO MARCA

**Asesor(es):**

Ph.D. Rene Chipana Rivera \_\_\_\_\_

Ing. M.Sc. Carlos Eduardo Choque Tarqui \_\_\_\_\_

**Tribunal Examinador:**

Ing. M.Sc. Genaro Coronel Serrano \_\_\_\_\_

Ing. Casto Maldonado Fuentes \_\_\_\_\_

Ing. Gregorio Zapata Limachi \_\_\_\_\_

APROBADO

**Presidente Tribunal Examinador** \_\_\_\_\_

La Paz – Bolivia

2021

## **Dedicatoria**

*A mis padres: Eleuterio Cucho Castro y Eufemia Marca Marino, con todo amor y eterna gratitud por el sacrificio y esfuerzo realizado para mi formación.*

*A mis hermanos: Miguel, José, Raquel y María por darme la fuerza necesaria para seguir adelante, por su apoyo y comprensión para la conclusión de mis estudios.*

## **Agradecimiento**

*A Dios por darme sabiduría, fortaleza, fe y sobre todo por ser mi guía en los momentos difíciles y permitirme concluir esta tarea con satisfacción en el alma.*

*A mi querida Bolivia, que mediante la Universidad Mayor de San Andrés permite a los jóvenes a acceder a una formación Superior gratuita, dotándoles el mayor instrumento.*

*Al Programa de Ingeniería Agronómica Tropical de Sapecho perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés por Acogerme en sus aulas. A todo el plantel docente por la formación recibida.*

*A la Estación Experimental de Sapecho y administrativos por su trato generoso y por haberme facilitado la parcela experimental.*

*A mis asesores Dr. Rene Chipana, Ing. Carlos Eduardo Choque Tarqui, por su aceptación y colaboración desinteresada en la ejecución del presente trabajo de investigación.*

*Al tribunal revisor, Ing. Coronel Serrano, Ing. Casto Maldonado Fuentes, Ing. Gregorio Zapata, por la revisión del presente trabajo de investigación.*

*Al Ing. Johnny Ticona Aliaga (†), mis compañeros tesistas y estudiantes en formación, por su apoyo incondicional en momentos dificultosos de la investigación, Agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible la realización de esta investigación.*

## CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO GENERAL.....	I
INDICE GENERAL.....	II
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE ECUACIONES.....	VIII
INDICE DE ANEXOS.....	IX
RESUMEN.....	X
SUMMARY.....	XI

## INDICE GENERAL

1	INTRODUCCION.....	1
2	OBJETIVOS .....	3
2.1.	Objetivo general .....	3
2.2.	Objetivos específicos.....	3
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1.	Distribución del cultivo de cítrico. ....	4
3.1.1	Cultivo de cítrico .....	4
3.1.2	Pie de injerto.....	4
3.1.3	Taxonomía de naranja .....	5
3.2.	Ciclo de desarrollo del cultivo en cítricos.....	5
3.3.	Requerimientos del cultivo.....	7
3.3.1.	Agua.....	8
3.3.2.	Suelo .....	8
3.3.3.	Temperatura .....	8
3.3.4.	Humedad .....	9
3.4.	Consideraciones básicas sobre relación suelo-agua-planta.....	9
3.4.1.	Sistema suelo agua planta.....	9
3.4.2.	Agua en el suelo.....	10
3.5.	Suelo. ....	11

3.5.1.	Profundidad efectiva.....	11
3.5.2.	Textura .....	12
3.5.3.	Densidad aparente .....	12
3.5.4.	Método del cilindro .....	12
3.6.	Capacidad de campo.....	12
3.7.	Agua disponible para las plantas (AD) .....	13
3.8.	Punto de marchitamiento permanente (PMP).....	14
3.9.	Evapotranspiración.....	14
3.9.1.	Evaporación .....	15
3.9.2.	Transpiración.....	15
3.9.3.	Evapotranspiración del cultivo.....	15
3.10.	Método FAO Penman- Monteith.....	15
3.11.	Riego.....	16
3.11.1.	Generalidades de riego.....	16
3.11.2.	Riego localizado.....	16
3.11.3.	Riego suplementario o deficitario .....	17
3.11.4.	Frecuencia de riego .....	17
3.12.	Momento óptimo de riego.....	18
4	MATERIALES Y METODOS .....	19
4.1.	Localización.....	19

4.1.1.	Descripción agroecológica de la zona.....	19
4.1.2.	Características climáticas.....	19
4.1.3.	Piso ecológico .....	21
4.1.4.	Suelos .....	21
4.1.5.	Tipo de suelo.....	22
4.1.6.	Arroyo Equinoe.....	22
4.2.	Materiales .....	22
4.2.1.	Materiales de campo.....	22
4.2.2.	Material de gabinete.....	22
4.2.3.	Equipos .....	23
4.2.4.	Materiales para determinar variables agroclimáticas .....	23
4.3.	Metodología .....	23
4.3.1.	Procedimiento experimental.....	23
4.3.2.	Ubicación del área experimental .....	24
4.3.3.	Características del área experimental .....	24
4.3.4.	Croquis Del Área Experimental .....	25
4.3.5.	Análisis de suelo.....	25
4.3.5.1.	Muestreo con calicata .....	25
4.3.5.2.	Muestreo de suelo.....	26
4.3.5.3.	Textura del suelo.....	27

4.3.5.4.	Densidad aparente .....	28
4.3.6.	pH del agua .....	29
4.3.7.	Determinación de la velocidad de infiltración básica .....	29
4.3.8.	Balance hídrico.....	30
4.3.8.1.	Toma de datos de arroyo Equinoe .....	30
4.3.8.2.	Análisis climático 2018-2019 .....	31
4.3.9.	Riego .....	32
4.3.9.1.	Método Penman-Monteith de la FAO .....	32
4.3.9.2.	Evapotranspiración del cultivo.....	33
4.3.9.3.	Necesidades brutas de riego.....	34
4.3.9.4.	Demanda bruta de agua.....	34
4.3.9.5.	Cálculo de tiempo y la frecuencia de riego.....	35
4.3.9.6.	Riegos diarios.....	35
4.3.9.7.	Determinación de capacidad de retención y agua disponible .....	36
4.3.9.8.	Frecuencia de riego.....	37
4.3.9.9.	Tiempo de riego .....	37
4.3.9.10.	Labores culturales y control fitosanitario .....	38
4.3.10.	Variables de respuesta.....	38
4.3.10.1.	Altura de planta.....	39
4.3.10.2.	Diámetro de follaje.....	40

4.3.10.3. Diámetro de tallo.....	41
5. RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
5.1. Estudio de suelos .....	42
5.1.1. Descripción del perfil.....	42
5.2. Análisis del suelo.....	43
5.3. Velocidad de infiltración.....	44
5.4. Datos climáticos precipitación .....	45
5.5. Temperatura.....	46
5.6. Programación de riego calculado para la gestión 2018-2019.....	47
5.7. Variables agronómicas .....	48
5.7.1. Altura de planta .....	48
5.7.2. Diámetro del tallo .....	51
5.7.3. Diámetro copa del árbol .....	54
6. CONCLUSIONES.....	58
7. RECOMENDACIONES .....	59
8. BIBLIOGRAFIA.....	60
9. ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Taxonomía del naranjo.....	5
Cuadro 2: Factor de corrección .....	27
Cuadro 3: Coeficiente del cultivo de cítrico.....	33
Cuadro 4: Análisis físico del suelo .....	43
Cuadro 5: Prueba de medias para altura de planta .....	48
Cuadro 6: Prueba de medias para altura de planta .....	48
Cuadro 7: Prueba de medias para altura de planta .....	48
Cuadro 8: Prueba de medias para altura de planta .....	49
Cuadro 9: Prueba de medias para altura de planta .....	49
Cuadro 10: Prueba de medias para altura de planta .....	49
Cuadro 11: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	51
Cuadro 12: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	52
Cuadro 13: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	52
Cuadro 14: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	52
Cuadro 15: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	52
Cuadro 16: Prueba de medias para diámetro de tallo .....	52
Cuadro 17: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	54
Cuadro 18: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	55
Cuadro 19: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	55
Cuadro 20: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	55
Cuadro 21: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	55
Cuadro 22: Prueba de medias para diámetro copa de árbol .....	55

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Capacidad de Campo y Porcentaje de marchites permanente para suelos de distintas clases texturales.....	13
Figura 2: Ubicación Geográfica de la Estación Experimental de Sapecho .....	19
Figura 3: Precipitación efectiva mensuales (Periodo de Registro 1996 - 2015) .	20
Figura 4: Ubicación geográfica del área experimental.....	24
Figura 5: Croquis del área experimental.....	25
Figura 6: Calicata realizada en la Parcela de estudio.....	26
Figura 7: Medidas para determinar el área de un canal .....	31
Figura 8: Comparación de Evapotranspiración y Precipitación .....	32
Figura 9: Toma de datos de altura de planta .....	39
Figura 10: Toma de datos, diámetro del follaje.....	40
Figura 11: Toma de datos, diámetro del tallo .....	41
Figura 12: Ilustración visual de la calicata .....	42
Figura 13: Velocidad de infiltración en el suelo bajo estudio .....	44
Figura 14: Análisis Climático Gestión 2018 – 2019 .....	45
Figura 15: Temperaturas máximas mínimas y medias registradas en la estación Experimental de Sapecho Periodo 2018 – 2019 .....	46
Figura 16: Balance hídrico gestión 2018 - 2019 .....	47
Figura 17: Resumen de Prueba de medias de altura de planta.....	50
Figura 18: Resumen de prueba de medias para diámetro de tallo .....	53
Figura 19: Resumen de prueba de medias para diámetro de sombra.....	56

## INDICE DE ECUACIONES

<i>Ec. 1</i> .....	27
<i>Ec. 2</i> .....	28
<i>Ec. 3</i> .....	28
<i>Ec. 4</i> .....	28
<i>Ec. 5</i> .....	28
<i>Ec. 6</i> .....	29
<i>Ec. 7</i> .....	29
<i>Ec. 8</i> .....	30
<i>Ec. 9</i> .....	30
<i>Ec. 10</i> .....	31
<i>Ec. 11</i> .....	32
<i>Ec. 12</i> .....	33
<i>Ec. 13</i> .....	34
<i>Ec. 14</i> .....	34
<i>Ec. 15</i> .....	35
<i>Ec. 16</i> .....	35
<i>Ec. 17</i> .....	35
<i>Ec. 18</i> .....	36
<i>Ec. 19</i> .....	37
<i>Ec. 20</i> .....	37
<i>Ec. 21</i> .....	40

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de identificación del arroyo Equinoe .....	65
Anexo 2: Resumen de la propiedades Físicas del suelo, según texturas.....	67
Anexo 3: Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo .....	67
Anexo 4: Triangulo de Texturas.....	68
Anexo 5: Reporte Climatológico, de octubre de 2018 a noviembre de 2019 .....	69
Anexo 6: Programación de riego .....	82

## RESUMEN

La citricultura es una actividad agrícola intensiva y extensiva muy importante, que vino desarrollándose gradualmente en los últimos años. En Bolivia los cítricos, mandarina y naranja son los principales cítricos que se cultivan a nivel nacional, durante el año agrícola 2015-2016 se produjeron 225.712 toneladas métricas de mandarina y 185.093 toneladas métricas de naranja, la macro región con mayor producción de cítricos es Yungas y Chapare.

El estudio se llevó en los predios de la Estación Experimental de Sapecho, la misma que está ubicada en el Municipio de Palos Blancos a 278 km de la ciudad de La Paz, a 15° 33' y 15°46' Latitud sur y 66°57' y 67°20' en fecha de 2018 y 2019. Está en la Longitud Oeste, a una altura de 450 msnm, con una precipitación promedio de 1600 mm/año.

Esta investigación se realizó con el objetivo Determinar el momento óptimo de riego para el cultivo de naranja (*Citrus sinensis L.*) en sistema por goteo, aplicado en época seca en la Estación Experimental Sapecho.

Los parámetros que se evaluaron en las variables agronómicas en comparación de con riego (CR) y sin riego (SR) fueron Altura de planta, diámetro de tallo y diámetro de follaje. La evaluación se realizó en época secano donde la precipitación es menor y la evapotranspiración llega a ser mayor.

Con respecto a las variables agronómicas como altura de planta en la evaluación con riego estadísticamente en todas las evaluaciones no se encontraron diferencias significativas entre medias con riego alcanzo 209.7cm y en sin riego es 219.9 cm. mientras en la evaluación de diámetro de tallo el promedio con riego es 5.49 cm y en sin riego es 5.46 cm. Y en la evaluación de diámetro de follaje los datos obtenidos con riego es 80.86 cm y en sin riego es 70.58 cm. Los resultados muestran poca variabilidad numérica, y ni se encontraron diferencias significativas estadísticamente en el análisis que se realizó con T de student.

## ABSTRACT

Citriculture is a very important intensive and extensive agricultural activity, which has been gradually developing in recent years. In Bolivia citrus, mandarin and orange are the main citrus fruits grown nationally, during the agricultural year, 2015-2016 were produced 225,712 metric tons of mandarin and 185,093 metric tons of orange, the macro region with the highest production with the highest production of citrus is Yungas and Chapare.

The study was conducted on the premises of the Sapecho Experimental Station, the same that is located in the town of Sapecho in the Municipality of Palos Blancos 278 km from the city of La Paz, at 15° 33'y 15°46" South Latitude and 66°57'y 67°20' in date 2018 and 2019. It is at West Longitude, at an altitude of 450 masl, with an average rainfall of 1600 mm/year.

This research was conducted with the objective to determine the optimal irrigation timing for orange (*Citrus sinensis L.*) crop in drip system, applied in dry season at Sapecho Experimental Station.

The parameters evaluated in the agronomic variables in comparison with irrigated (CR) and non-irrigated (SR) were plant height, stem diameter and foliage diameter. The evaluation was carried out during the dry season, when rainfall is lower and evapotranspiration is higher.

With respect to agronomic variables such as plant height in the evaluation with irrigation, statistically in all evaluations no significant differences were found between means with irrigation reached 209.7 cm and without irrigation it was 219.9 cm, while in the evaluation of stem diameter the average with irrigation was 5.49 cm and without irrigation it was 5.46 cm. And in the evaluation of leaf diameter the data obtained with irrigation is 80.86 cm and without irrigation is 70.58 cm. The results show little numerical variability, and no statistically significant differences were found in the analysis carried out with Student's t-test.

## **1 INTRODUCCION**

La citricultura es una actividad agrícola intensiva y extensiva muy importante, que vino desarrollándose gradualmente en los últimos años, especialmente en los países como Brasil que produce 23.279.309 toneladas de naranjas, casi el 35% de todas las naranjas en el planeta provienen de Brasil, las producciones en Estados Unidos alcanzan 12.357.000 toneladas, China 7.469.340 toneladas, India 3.900.000 toneladas, y México (FAO, 2019)

En Bolivia los cítricos, mandarina y naranja son los principales cítricos que se cultivan a nivel nacional, durante el año agrícola 2015-2016 se produjeron 225.712 toneladas métricas de mandarina y 185.093 toneladas métricas de naranja, la macro región con mayor producción con mayor de producción de cítricos es Yungas y Chapare, que representa 66,3% del total nacional y equivale a 146.331 toneladas métricas le sigue la macro región de Chiquitania y Pantanal con 23,7% correspondiente a 56,682 toneladas métricas. La mayor producción de naranja registrada en Bolivia es en la macro región Yungas y Chapare con 108.471 toneladas métricas. (INE, 2019).

En el campo de la producción agrícola se encuentran todo tipo de demandas relacionadas con el ciclo productivo de los cultivos con riego. Comprende asuntos como selección de semilla, preparación del terreno, siembra, labores culturales, manejo integral de plagas y enfermedades, gestión de fertilidad de suelo, cosecha, actividades post-cosecha y comercialización.

En el municipio de Palos Blancos el cultivo de los cítricos presenta una superficie aproximada de 4.104 ha implementadas, una superficie de 2.857 ha. Seguidamente el banano y plátano, el cultivo de café tiene una superficie estimada de 570 has, entre los cultivos más representativos. La producción en otros cultivos como la papaya tiene una superficie mayor a 1.096 ha, en el caso del arroz anualmente se cultiva alrededor de 2.543 has entre otros cultivos de menor proporción. Los volúmenes de producción anual en cacao alcanzan 2.062 t aproximadamente, banano y plátano 2.176,57 y 1.439,24 t respectivamente, en

café se estima que la producción actual es de 672,35 t en el ciclo productivo y cítricos 4.774,08 t. (USAID, 2008)

Los cítricos son plantas perennes y por tanto transpiran durante todo el año. La cantidad de agua que las plantas necesitan para su adecuado crecimiento y producción es la suma de la evaporación de agua del suelo y de la transpiración por las hojas, o evapotranspiración del cultivo (ETc). La cantidad de área sembrada y los rendimientos de esta están relacionados a la cantidad y calidad de agua que se disponga y la eficiencia del funcionamiento del sistema de riego.

Los cultivos de naranja se ven afectados debido a las marcadas épocas de estiaje, estas causan un estrés hídrico que reduce notablemente el desarrollo y producción en los naranjos, también, por lo cual hacen susceptibles a plagas y enfermedades y con lo consiguiente la cantidad y calidad de fruto como producto disminuye considerablemente.

La región en su conjunto es susceptible a la presencia de sequías prolongadas, situación que provoca serios daños a la economía de los productores, por su dependencia de la actividad agrícola y pecuaria. En los últimos años este fenómeno ocurrió con mayor frecuencia debido a los cambios climáticos y la presencia de los fenómenos del niño y la niña que generan constantes variaciones en el ciclo agrícola, a partir del retraso o adelanto de los periodos de lluvia que determinan el inicio de la implementación de cultivos. (PDM, 2013)

Por lo cual se procedió a realizar esta investigación, así mismo poder implementar un sistema de riego localizado en la Estación Experimental de Sapecho para generar información sobre las necesidades hídricas que tienen el cultivo de naranja en las zonas subtropicales de la región.

Debido a los bajos rendimientos y el estrés que sufren las plantas en épocas secas se debe aplicar técnicas de riego, para no disminuir calidad de los productos y así poder evitar futuras pérdidas económicas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Determinar el momento óptimo de riego para el cultivo de naranja (*Citrus sinensis L.*) en sistema por goteo, en la Estación Experimental Sapecho.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estudiar las propiedades hidro físicas del suelo para riego por goteo
- Determinar las necesidades hídricas para el cultivo de naranja (*Citrus sinensis L.*)
- Comparar las respuestas fisiológicas en el cultivo de cítrico bajo riego.

### **3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Distribución del cultivo de cítrico.**

##### **3.1.1 Cultivo de cítrico**

Los Naranjos es uno de los árboles frutales más cultivados del mundo. Su origen se sitúa entre el sur de China y el nordeste de la India. Es un híbrido interespecífico entre zamboa y mandarina. El término castellano naranja proviene del nombre local narang que le otorgaban en la antigua Persia. (Ancillo, 2014)

Como los cítricos son un cultivo perennifolio sensible a las bajas temperaturas, las regiones subtropicales producen el grueso de los cítricos del mundo. El cultivo tropical no es tan productivo porque los cambios estacionales de temperatura favorecen los patrones adecuados de floración, el crecimiento del fruto y el desarrollo del color del fruto durante la maduración. De hecho, las altas temperaturas de los trópicos inducen el desarrollo rápido y la producción de frutos grandes que maduran rápidamente, permaneciendo comercializables por muy poco tiempo. En contraste, el crecimiento en las zonas subtropicales es más lento en invierno y el fruto puede permanecer maduro en el árbol por más tiempo antes de que se coseche y comercialice (FAO, 2014)

##### **3.1.2 Pie de injerto.**

El pie de injerto principalmente tiene la ventaja de ser resistente a diversas patologías o enfermedades que puedan existir y que generalmente puedan manifestarse a nivel del suelo. (Gárate, 2014)

La mayoría de las variedades comerciales injertadas sobre Cleopatra (*Citrus reshni*). Son plantas medianamente vigorosas, grandes pero muy poco precoces en la producción de fruta. Comparado con otra porta injerto, sobreviven mejores condiciones de suelos más pesados y arcillosos dando mayor producción. También tiene más tolerancia a suelos salinos. Produce fruta de alta calidad

interna y externa, pero generalmente de tamaño chico. Es tolerante a enfermedades como tristeza, psorosis, exocortis y cachexia.

Las plantas de naranjo son propagadas sobre un pie o porta injerto y no a través de semillas como otras plantas, ya se trate de explotaciones comerciales o con otros fines (ornamentales o para uso familiar). Consecuentemente en la mayoría de las plantaciones cítricas del mundo, la planta está constituida por dos partes: la copa y el pie. (Anderson, 2017)

### 3.1.3 Taxonomía de naranja

La taxonomía de los cítricos es muy compleja y no hay un acuerdo unánime entre los diferentes botánicos. El problema radica en que los cítricos hibridan con elevada facilidad incluso entre géneros diferentes, las mutaciones espontáneas se dan con mucha frecuencia y, además, debido a la apomixis, la mayoría de estas mutaciones tienden a perpetuarse. Estos fenómenos han dado origen a un elevadísimo número de variedades, con mayor o menor interés comercial, y cuya identificación resulta a veces complicada. (Ancillo, 2014)

En el cuadro 1 se muestra la taxonomía del naranjo.

**Cuadro 1: Taxonomía del naranjo**

<b>Clasificación taxonómica</b>	
Nombre común:	<i>Naranjo</i>
Reino:	<i>Vegetal</i>
Orden:	<i>Geraniales</i>
Familia:	<i>Rutáceas</i>
Género:	<i>Citrus</i>
Especie:	<i>Sinensis</i>
Nombre científico:	<i>Citrus sinensis L.</i>

Fuente: Morin, 1985 mencionado por (Gárate, 2014)

### 3.2. Ciclo de desarrollo del cultivo en cítricos.

Para comprender el comportamiento de un cítrico a lo largo de un ciclo de su cultivo resulta de gran ayuda diferenciar los diferentes estados fenológicos de la planta.

Un ciclo modelo, teniendo en cuenta la variabilidad dependiendo del cultivo de que se trate, podría resumirse como:

- **Brotación.**

Los cítricos suelen tener varias brotaciones a lo largo del año, siendo las de primavera y verano las más importantes en cuanto a su repercusión en la cosecha. La primera de ellas porque es la portadora de las flores que posteriormente serán frutos, y la segunda porque son la base del crecimiento vegetativo y la formación del árbol. El inicio y desarrollo de la brotación depende de la temperatura del suelo y las condiciones de hidratación y nutrición en las que se encuentre el árbol, de ahí la importancia de esta fase en la programación del riego.

- **Floración.**

En la mayoría de variedades solo se produce una a lo largo del año, en primavera, condicionando la cosecha que tendrán en esa campaña.

Es importantísimo, por tanto, favorecer al máximo el éxito de la floración en los cítricos.

- **Cuajado del fruto.**

Es un momento crítico en el ciclo de los cítricos, ya que después de conseguir una floración adecuada, es imprescindible tener un buen cuaje que afiance la cosecha.

- **Desarrollo del fruto.**

Se produce durante todo el verano y parte del otoño antes de iniciar la parada invernal. Es la fase de mayores necesidades hídricas de todo el ciclo, siendo el riego deficiente un factor limitante del tamaño y calidad de los frutos.

- **Maduración.**

Es el conjunto de cambios que el fruto experimenta cuando ha terminado su desarrollo.

Normalmente se realiza en otoño-invierno, por lo que en nuestro clima se ve poco influenciado por el riego, aunque sí por la fertilización que hayamos realizado durante todo el ciclo vegetativo.

### **3.3. Requerimientos del cultivo**

Los cítricos son plantas perennes y por tanto transpiran durante todo el año. La cantidad de agua que las plantas necesitan para su adecuado crecimiento y producción es la suma de la evaporación de agua del suelo y de la transpiración por las hojas, o evapotranspiración del cultivo (ETc). La evapotranspiración depende fundamentalmente de dos grupos de factores: los climáticos (temperatura y humedad del aire, radiación solar y viento) y los derivados de la planta (área foliar o fracción de suelo sombreado por el cultivo y características aerodinámicas y de regulación estomática de dicha área foliar). Las necesidades reales del cultivo, ETc están relacionadas con la demanda climática o evapotranspiración de referencia (ETo) mediante un factor corrector denominado coeficiente de cultivo, Kc, de tal forma que  $ETc = Kc \times ETo$ . (Valvidia, 2011)

Dada la enorme casuística que se puede dar, el Kc ofrece una enorme variabilidad. En la cantidad de agua final a aportar influye, además de la variedad cultivada, otros parámetros como el marco de plantación, tipo de árbol y sistema de riego. A modo orientativo se puede estimar un volumen aproximado de 15 l/árbol adulto x mm de evaporación, lo que equivale a 6000 m<sup>3</sup>/ha. Este volumen debe reducirse en proporción a la superficie foliar que tengan los plantones que se pretendan regar. (WWF, 2009)

El naranjo al ser un cultivo de hoja perenne, el consumo de agua es bastante elevado. Una plantación de 2 años puede consumir de 200 a 250 mm año, y una plantación de 10 años de 700 a 800 mm año. (Llanque, 2012)

### **3.3.1. Agua**

El agua es el elemento vital para la vida, sin el agua no se podría vivir, la mayoría de los productos agrícolas y pecuarios están hechos en su mayor parte de agua, como ejemplo se pueden mencionar los siguientes productos; el tomate que contiene el 94% de agua, la lechuga el 95%, el plátano el 76% y la naranja el 87%. (Mendoza, Riego por Goteo, 2014)

### **3.3.2. Suelo**

Los requerimientos de suelo para un buen desarrollo del cultivo de los cítricos son: texturas franco arenosos, franco y franco arcillosos, fértiles, con una profundidad no inferior a 120 cm, bien drenados, ya que los cítricos no toleran el encharcamiento. La mesa de agua debe estar a más de 150 cm de profundidad. El pH recomendado es de 6 a 7, medianamente tolerante a la salinidad y poco tolerante a la acidez. (Gárate, 2014)

El control de la humedad del suelo permite conocer el nivel de disponibilidad de agua en forma cualitativa o cuantitativa, esto último midiendo el contenido de humedad (gravimétrico o volumétrico) o el potencial mátrico del agua en el suelo (Valvidia, 2011)

Las raíces extraen el agua del suelo a diferentes ritmos. Las raíces superficiales están extrayendo más agua que las ubicadas a mayor profundidad. Por ejemplo, a 30 cm de profundidad el suelo tiene una humedad del 60%, sin embargo, a 90 cm de profundidad el suelo aún está a capacidad de campo. Esto se debe a que las raíces en superficie están más activas que en profundidad. (Valvidia, 2011)

### **3.3.3. Temperatura**

Los cítricos son especies subtropicales, no tolera heladas, ya que estas afectan tanto a las flores, frutos y follaje, que puede desaparecer totalmente. Presenta por lo tanto escasa resistencia al frío. La temperatura es el componente del clima más importante para el desarrollo vegetativo de la floración, del cuajado y de la calidad

de los frutos. La temperatura entre 25 °C a 30 °C se consideran óptimas para la actividad fotosintética de las plantas. (Gárate, 2014)

#### **3.3.4. Humedad**

También (Gárate, 2014) menciona que la humedad relativa es otro factor importante en la producción de cítricos; el cuajado del fruto depende de la humedad relativa moderada, asimismo el tamaño del fruto se relaciona con la humedad relativa que oscila entre 35 y 70%.

### **3.4. Consideraciones básicas sobre relación suelo-agua-planta.**

#### **3.4.1. Sistema suelo agua planta**

El agua es retenida dentro de los poros del suelo con grados variables de intensidad, según la cantidad de agua presente. El agua junto con sus sales disueltas en ella, forma la solución del suelo, tan importante como medio para abastecer los principios nutritivos para las plantas que se desarrollan en dicho suelo. Según (Borquez, 1999) el interés por el suelo se centra principalmente en su papel como un lugar de almacenamiento de agua, ámbito de crecimiento de la raíz, pero también es un depósito de elementos minerales y proporciona ancladero a las plantas. Además, contiene una población microbiológica activa y muchos organismos grandes, tales como las lombrices de tierra, que tienen efectos importantes sobre sus características químicas, físicas y el crecimiento de las raíces. (Pardos, 2011)

También (Pardos, 2011) menciona que el conocimiento de la relación de suelo – agua - planta es esencial para la producción agrícola bajo riego. Cada cultivo tiene requisitos de agua particulares y cada suelo tiene sus propiedades que afectan en una forma u otra el suministro de agua a las plantas. La cantidad de agua en el suelo a un tiempo dado es un valor sumamente dinámico, ya que es el resultado neto de la cantidad recibida ya sea por lluvia o por riego menos las pérdidas por evaporación, transpiración o infiltración profunda. La disponibilidad de esta agua para las plantas depende a su vez del sistema de raíces presente y de propiedades

hidráulicas del suelo tales como porosidad, conductividad hidráulica y capacidad de retención de agua.

Las plantas transpiran grandes cantidades de agua como mecanismo para equilibrar su balance de energético. La cantidad de agua transpirada es aportada por el suelo y absorbida por las raíces. (Villafáfila, 2009)

### **3.4.2. Agua en el suelo.**

La producción de alimentos y el uso de agua están relacionados de forma inseparable, el agua siempre ha sido el principal factor que limita la producción agrícola en gran parte del mundo, donde la precipitación no es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos, con la competencia cada vez mayor por recursos hídricos no renovables en todo el mundo y la creciente demanda de productos agrícolas, nunca antes ha sido tan apremiante la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua para la producción de cultivos, a fin de garantizar la seguridad alimentaria en el futuro y enfrentar las incertidumbres asociadas con el cambio climático. (Mendoza, 2015)

El agua es el elemento vital para la vida, sin el agua no se podría vivir, la mayoría de los productos agrícolas y pecuarios están hechos en su mayor parte de agua, como ejemplo se pueden mencionar los siguientes productos; el tomate que contiene el 94% de agua, la lechuga el 95%, el plátano el 76% y la naranja el 87% de agua. (Mendoza, 2014)

El suelo es un sistema heterogéneo, disperso, poroso y polifásico, las tres fases de la naturaleza ordinaria son: fase sólida, que constituye la matriz del suelo; fase líquida, que consiste del agua del suelo, la cual contiene sustancias disueltas y se llama más correctamente solución del suelo y la fase gaseosa que es la atmósfera del suelo (Calvache, 2014).

Este mismo autor, manifiesta que, el suministro de agua al suelo, ya sea por riego, lluvia o flujos internos es indispensable para la germinación, crecimiento, desarrollo y producción de las plantas. El movimiento, contenido y disponibilidad

del agua está determinado principalmente por las propiedades físicas del suelo, particularmente la textura, estructura, porosidad, profundidad y contenido de materia orgánica.

El suministro de agua al suelo, ya sea por riego, lluvia o flujos internos es indispensable para la germinación, crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, el movimiento, contenido y disponibilidad del agua está determinado principalmente por las propiedades físicas del suelo, particularmente la textura, estructura, porosidad, profundidad y contenido de materia orgánica. (Calvache, 2014)

### **3.5. Suelo.**

El suelo es el almacén de agua para las plantas, el agua que se aplica a los terrenos ya sea mediante la lluvia o mediante el riego, es almacenado por el suelo en el espacio poroso. (Mendoza, 2014)

La buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces vegetales, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de las plantas (Rojas, 2013).

El suelo, la planta y la atmósfera constituyen un sistema continuo, en el cual el suelo proporciona un anclaje mecánico a las plantas, además del almacenaje de agua y el oxígeno que absorben las raíces, entonces para determinar las características del suelo es necesario tener en cuenta propiedades físicas. (Rojas, 2013).

#### **3.5.1. Profundidad efectiva**

Álvarez (1985), menciona que la profundidad y la distribución del sistema radicular del cultivo es de gran importancia para determinar la lámina de riego a aplicar de manera que al humedecer el suelo hasta profundidades inferiores trae problemas de déficit hídrico en la planta y al hacerlo hasta profundidades mayores constituyen un gasto innecesario de agua.

### **3.5.2. Textura**

Ortiz (1984), menciona que se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo, define la cantidad de agua que puede almacenar un suelo, movimiento del agua al suelo, facilidad de abastecimiento de nutrientes, de agua y de aire.

### **3.5.3. Densidad aparente**

La densidad aparente de un suelo, es la relación que existe entre la masa o peso seco del suelo y la unidad de volumen aparente del mismo, el volumen aparente incluye a las partículas sólidas y el espacio poroso (Gabriel, 2015)

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen ( $\text{g. cm}^{-3}$  o  $\text{t. m}^{-3}$ ). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Rojas, 2013)

### **3.5.4. Método del cilindro**

El método más utilizado para realizar esta determinación es el método del cilindro, una de las desventajas de tomar la muestra con el cilindro es que el valor puede variar con el tamaño del cilindro, siendo mayor la densidad cuando menor es el tamaño del cilindro a causa de que no se captan los poros de mayor diámetro, en general, el método presenta poca variación, es fácil de repetir y su determinación es sencilla. (Rojas, 2013)

## **3.6. Capacidad de campo**

Es un nivel de humedad que se consigue dejando drenar el agua de un suelo saturado. Este contenido de agua supone la mayor cantidad de agua que el suelo puede llegar a almacenar sin drenar. También se conoce como capacidad de campo (CC). (Gomez, 2010)

La capacidad de campo se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje, el concepto de capacidad de campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el

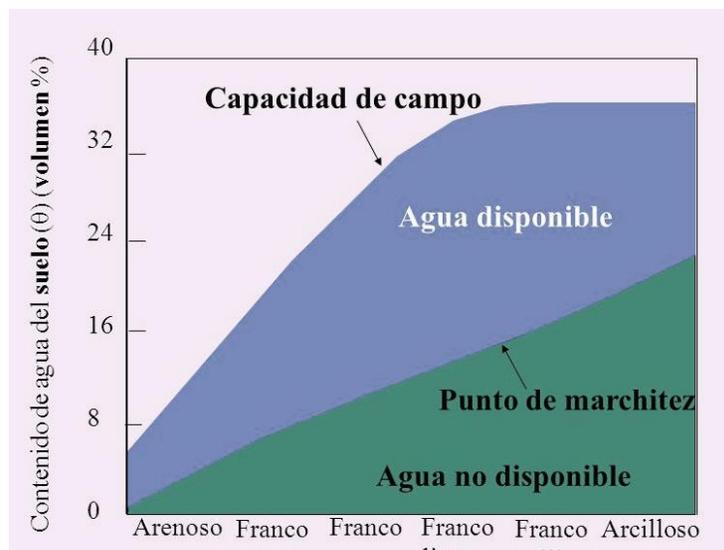
drenaje del exceso de agua es relativamente rápido, si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados, por lo general continuará durante varias semanas y este tipo de suelos de estructura tan pobre raramente tiene una capacidad de campo claramente definida, la capacidad de campo se determina mejor en un suelo saturando midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje, el suelo a capacidad de campo se siente muy húmedo en contacto con las manos (FAO, 2014)

### 3.7. Agua disponible para las plantas (AD)

La capacidad de retención de agua o Humedad Aprovechable que presentan los suelos corresponde al agua que se encuentra retenida en el suelo entre Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) y depende de la textura del suelo, su estructura, profundidad efectiva, de la presencia de piedras y otras limitantes en el perfil de suelo. (Gil, 2009)

En la figura 1, se presenta una relación entre la textura del suelo y su capacidad de retención de agua, en anexo se incluye un esquema para determinar textura al tacto en terreno.

**Figura 1: Capacidad de campo y porcentaje de marchitez permanente para suelos de distintas clases texturales.**



Fuente: (Gil, 2009)

Hay que tener presente, por otra parte, que el agua retenida en el suelo no se encuentra igualmente disponible en el suelo, por la cual para fines de riego hay que considerar sólo una fracción de esta agua (Umbral de riego), que varía entre un 30 a 40 % de la capacidad de total (0,3 a 0,4). (Gil, 2009)

### **3.8. Punto de marchitamiento permanente (PMP)**

Si el suelo no recibe un nuevo aporte, la evaporación de agua desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a este nivel en el que las raíces no pueden extraer más cantidad... Aunque el suelo aún contiene cierta cantidad de agua, las plantas no pueden utilizarla. Se conoce también como punto de marchitamiento permanente (PMP). (Gomez, 2010)

El punto de marchitez, a veces llamado punto de marchitez permanente, se define como el límite inferior de humedad aprovechable para las plantas. Por debajo de este umbral, las fuerzas de succión de las células de las raíces son insuficientes para extraer el agua retenida por el suelo.

Además, el mismo autor señala, que, en un día seco y soleado, una planta como el maíz, puede transpirar excesivamente y marchitarse temporalmente, aun cuando la humedad del suelo sea la retenida a una tensión de 1 a 2 cbar, (agua realmente disponible). Sin embargo, la planta se recuperará fácilmente durante la noche cuando las pérdidas por transpiración son mucho menores. En contraste con esta marchitez temporal, el punto de marchitez indica la baja disponibilidad de humedad; en tales condiciones las plantas marchitas no se recuperan, a menos que se agregue agua al suelo. (Calvache, 2014)

### **3.9. Evapotranspiración**

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad de viento, así mismo factores como salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia

de control de enfermedades y parásitos y el mal manejo del suelo pueden limitar el desarrollo del cultivo y reducir la evapotranspiración. (FAO, 2014)

### **3.9.1. Evaporación**

Según (FAO, 2014), la evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

### **3.9.2. Transpiración**

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas, estas son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera (FAO, 2014).

### **3.9.3. Evapotranspiración del cultivo**

La evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando  $E_{To}$  por  $K_c$  el cual es un coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del cultivo de referencia, esta diferencia puede ser combinada dentro de un coeficiente único o integrado del cultivo, o puede ser separada en dos factores que describen por separado las diferencias en evaporación y transpiración entre las dos superficies. (FAO, 2014)

## **3.10. Método FAO Penman- Monteith.**

El método FAO Penman- Monteith (Allen *et al.*, 1998) derivado de la modificación de Jhon Monteith en 1965 a la ecuación desarrollada por Haward Penman en 1948, actualmente está reconocida como un método estandarizado para la estimación de la evapotranspiración de referencia. (FAO, 2006)

El mismo autor indica que, este método utiliza un cultivo hipotético de referencia con una altura de 0,12 m, una resistencia superficial de  $70 \text{ s m}^{-1}$  y un albedo de

0,23, la cual representa la evapotranspiración de una superficie de pasto verde a una altura uniforme y que se desarrolla sin restricción de agua.

### **3.11. Riego**

#### **3.11.1. Generalidades de riego**

El riego es el suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua a los cultivos de tal manera que estos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daño al medio ambiente. La práctica del riego combina elementos de la ciencia del suelo, agronomía, ciencias sociales, hidráulica, hidrología y economía. (Chipana, 1996)

También Frías (1998), citado por (Mendoza, 2014), mencionan que, el riego por ser uno de los dinamizadores de nuestro país y muy particularmente para la producción agrícola, se caracteriza fundamentalmente por suplir las deficiencias que existen por la falta de lluvias, cuando estas no son suficientes para satisfacer y completar las necesidades de los cultivos durante el año agrícola, siendo el eje principal en la agricultura.

#### **3.11.2. Riego localizado**

El sistema de riego localizado por sus características es de alta eficiencia y ahorro, esta deriva de dos aspectos, el primero es la eliminación de pérdidas durante el transporte del agua, al llegar ésta mediante tuberías hasta la propia planta, y el segundo es la reducción de la evaporación directa del suelo al mojarse sólo una parte del terreno. (FAO, 2014)

En este método de riego, el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento, aunque esta presión es mucho más baja que la que se necesita en riego por aspersión. (Mendoza, 2014)

El objetivo del riego es proveer la humedad necesaria a las plantas durante sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo. (Rivera, 2001)

También este mismo autor indica, que en este método de riego la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña en contra de lo que sucede en el riego por superficie.

El riego por goteo es una técnica que consiste en colocar líneas regantes paralelamente a las hileras de los árboles, empleando goteros autocompensantes con gastos de 4 a 8 litros por hora. En huertas jóvenes se puede colocar una sola línea de riego por hilera, sin embargo, en huertas con árboles adultos se requieren de dos líneas de riego por hilera de cultivo, debido a que la demanda hídrica es mayor. (Valvidia, 2011)

### **3.11.3. Riego suplementario o deficitario**

Para Oweis y Hachum (2005), citado por (Valvidia, 2011) mencionan que el riego suplementario es la aplicación de riego cuando la lluvia no es suficiente para los requerimientos de la planta, la cantidad adicional aplicada solo es insuficiente para la sobrevivencia del cultivo. El riego deficitario, tiene como meta principal maximizar la eficiencia del uso del agua y de estabilizar en vez de maximizar la producción. El principal objetivo del riego deficitario es incrementar la eficiencia de uso de agua de un cultivo, eliminando riegos que tienen poco impacto en el cultivo. (USAID, 2008)

### **3.11.4. Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego corresponde al número de días en que se agotará el Agua Disponible (AD) y se realizará un nuevo riego. En efecto, cada día las plantas, consumen una cierta cantidad de agua, la Etc., en consecuencia, cada día disminuye el agua en el suelo hasta agotar el agua disponible. (Gil, 2009)

Los sistemas de riego localizados fueron concebidos para reponer el agua evapotranspirada por el cultivo en forma periódica con alta frecuencia (en general, para riegos diarios). Sin embargo, hay situaciones de suelo y de cultivo, donde el riego localizado da mejores resultados cuando no se realiza en forma diaria; en este caso los riegos se distancian en un mayor número de días, utilizando la

capacidad estanque del suelo y aplicando en un riego una cantidad de agua equivalente a la consumida por las plantas en el intervalo comprendido entre dos riegos. (Gil, 2009)

### **3.12. Momento óptimo de riego.**

Para determinar el momento óptimo en que debe aplicarse el agua de riego deberá considerarse la interacción de los factores de riego, lo que, en la práctica, es difícil de lograr. En la actualidad, es ampliamente reconocido el hecho de que el crecimiento de las plantas esté directamente relacionado con el contenido de agua en sus tejidos. (PRONAMACHCS, 2004)

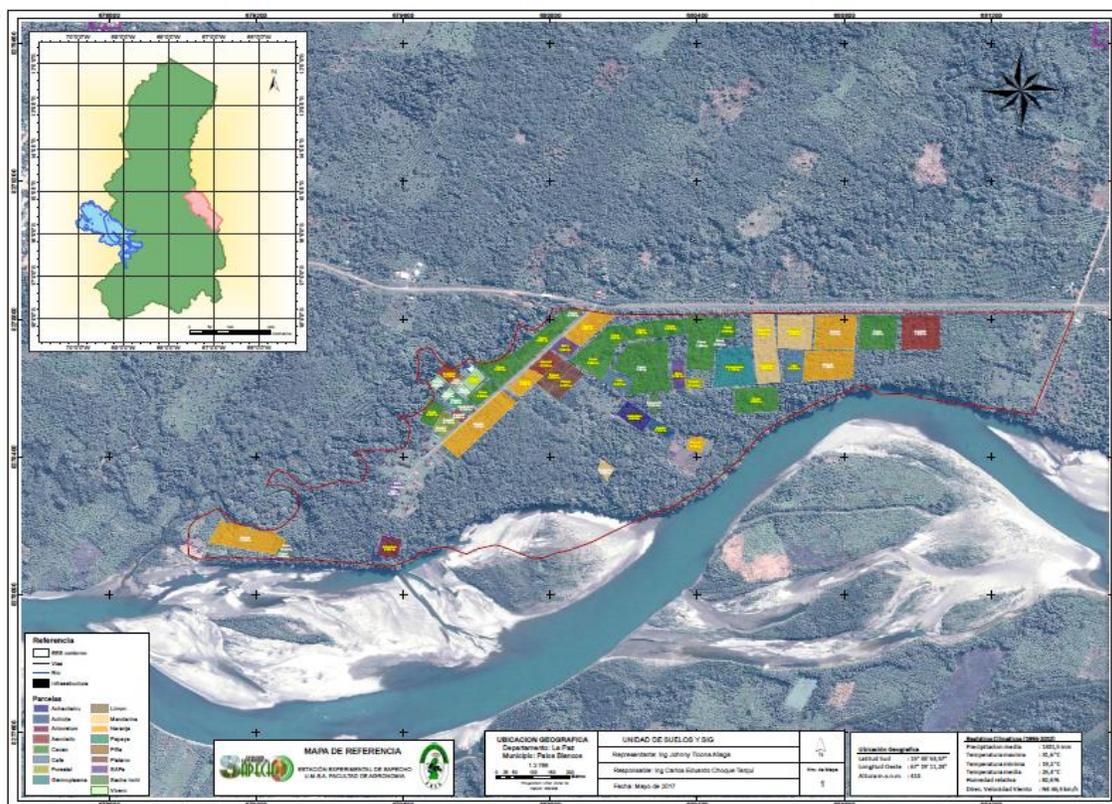
A medida que disminuye el agua en ellos, hasta ser deficiente, se presentarán trastornos fisiológicos con la consecuente reducción del crecimiento y rendimiento de los cultivos. Para mantener los tejidos de las plantas en condiciones óptimas, en términos de humedad, debe existir un adecuado balance entre la absorción de agua y las pérdidas por transpiración. Si este balance pudiera ser determinado en forma práctica y rápida se tendría la solución óptima al problema de cuándo regar, ya que se estarían integrando todos los factores que intervienen en este fenómeno. (PRONAMACHCS, 2004)

## 4 MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Localización

#### 4.1.1. Descripción agroecológica de la zona

La EES se encuentra ubicada en el municipio de Palos Blancos, localidad Sapecho, a una distancia aproximada a 270 km desde la ciudad de La Paz, geográficamente se localiza a una latitud sur  $15^{\circ}33'53,57''$ , longitud oeste  $67^{\circ}19'11,23''$  y una altitud 410 m.s.n.m.



**Figura 2: Ubicación geográfica de la Estación Experimental de Sapecho**

Fuente: (Aliaga, 2017)

#### 4.1.2. Características climáticas.

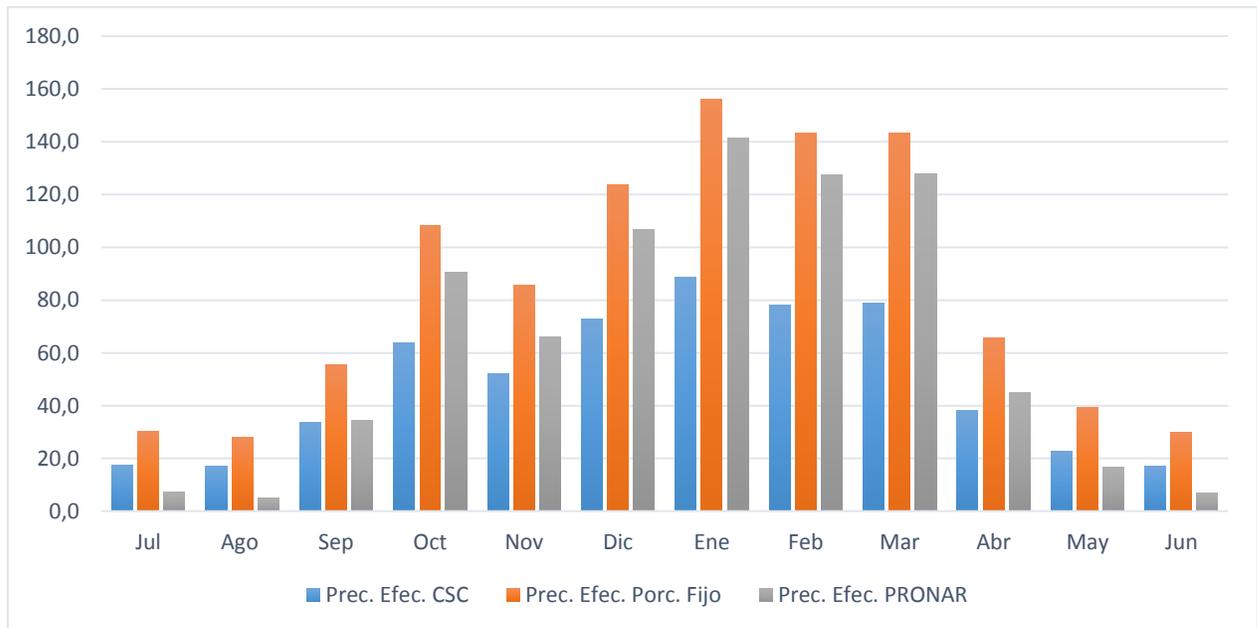
La región tiene un clima subtropical, húmedo con variaciones estacionales; las temperaturas mínimas registradas son  $19,2^{\circ}\text{C}$ , máximas  $31,6^{\circ}\text{C}$  y media  $25,4^{\circ}\text{C}$ ; las bajas temperaturas son comunes en los meses de agosto de  $31,8\text{ mm}$  y

máximos en enero 196,5 mm; la época humedad ocurre en los meses de octubre a marzo tabla 1. La humedad relativa media 82,6% y predominancia del viento Noreste 46,3 Km/h, como se muestra en la tabla 1 extraído de libro de Investigación y Formación. (Aliaga, 2017)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T máx. °C	32,5	31,7	32	31,9	29,2	28,4	29,1	31,3	33	33,4	33	32,8
T mín. °C	21,2	21,4	21,1	20	18,2	17,6	16,5	16,5	17,3	19,6	20,3	21
T med. °C	26,9	26,6	26,6	26	23,7	23	22,8	23,9	25,2	26,5	26,7	26,9
PP (mm)	196,5	186,8	193,5	88,2	54,6	42,2	40,6	31,8	71	136,9	108,6	163,2
H.R. (%)	83,6	85,5	84,6	84,9	85,4	85,5	83	80,9	78	78,3	80,5	82,4

**Tabla 1: Datos climáticos periodo 1996 – 2012, SENAMHI**

Fuente: (Aliaga, 2017)



**Figura 3: Precipitación efectiva mensuales (periodo de registro 1996 - 2015)**

Fuente: (Aliaga, 2017)

### **4.1.3. Piso ecológico**

Su paisaje está compuesto por valles aluviales y colinas que ascienden hasta los 2.000 m. Los valles se extienden a ambos márgenes del río, con topografía de plana a levemente ondulada, una altitud desde 350 hasta 600 m y suelos de origen aluvial y de fertilidad moderada a baja. (CECAD, 2016)

En el mismo (CECAD, 2016), se menciona que las colinas son moderadamente disecadas tienen pendientes de 8% a 60%, una altitud de 600 a 2000 m, suelos profundos de fertilidad moderada a baja y un escurrimiento superficial de moderado a bajo describiéndose características de superposición respecto a relieve, clima y vegetación, localizando a la región del Alto Beni en el piso ecológico del Subandino, con las siguientes formaciones vegetaciones y climáticas.

### **4.1.4. Suelos**

Según el (CECAD, 2016), los suelos del municipio de Palos Blancos, presentan una variación química de reacción ligeramente ácidos, neutros a ligeramente alcalina y tienen moderada capacidad de intercambio de cationes y alta saturación de bases, aunque excepcionalmente se observan problemas ligeros de salinidad. La fertilidad natural es muy variable, pero se puede generalizar que tienen fertilidad moderada, con moderada presencia de Potasio y fósforo y baja presencia de Nitrógeno, con PH que varía de ligera a moderadamente alcalinos (PH =6,3–7,8), estos valores se encuentran dentro de los niveles de PH recomendables para el cultivo de cacao, puesto que solo valores extremos de PH influyen en la disponibilidad de nutrientes, actividad microbiana y solubilidad de minerales del suelo.

En cuanto a los suelos de acuerdo a su origen, se incluyen entre los originarios a partir de rocas sedimentarias, terciarias, originando suelos aluviales recientes en mayor proporción, que dieron lugar a la formación de areniscas, cuarcitas, calcáreas y arcillas. (Aliaga, 2017)

#### **4.1.5. Tipo de suelo**

Los suelos son variados y cambian bruscamente de acuerdo a la topografía, las características químicas de los suelos del municipio de Palos Blancos, presentan una variación química de reacción ligeramente ácidos, neutros a ligeramente alcalina y tienen moderada capacidad de intercambio de cationes y alta saturación de bases, aunque excepcionalmente se observan problemas ligeros de salinidad; La fertilidad natural es muy variable, pero se puede generalizar que tienen fertilidad moderada, con moderada presencia de Potasio y fósforo y baja presencia de Nitrógeno, con PH que varía de ligera a moderadamente alcalinos (PH =6,3–7,8), estos valores se encuentran dentro de los niveles de PH recomendables para el cultivo de cacao, puesto que solo valores extremos de PH influyen en la disponibilidad de nutrientes, actividad microbiana y solubilidad de minerales del suelo. (CECAD, 2016)

#### **4.1.6. Arroyo Equinoe**

Es una vertiente de agua en cual se encuentra en el borde de la estación experimental, con una corriente variada durante el año, abastece de agua a las distintas áreas de la estación experimental. Se realizó una ficha técnica misma que se muestra en el anexo 1.

### **4.2. Materiales**

#### **4.2.1. Materiales de campo.**

Los materiales que se emplearon son: estacas de madera, cinta métrica, flexómetro, lienza, taquiza, cámara fotográfica, bolsas de plástico, calibrador vernier, libreta de campo, bolsas plásticas, pala, machete, espátula y cilindros.

#### **4.2.2. Material de gabinete.**

Computadora, material de escritorio, calculadora, programa de la estación meteorológica “WeatherLink 5.9.0”, programa “Eto calculator”, programa Microsoft Office, material de escritorio en general

### **4.2.3. Equipos**

Balanza analítica, mufla, tamizadores, doble cilindro infiltrómetro, estación meteorológica Davis, equipo topográfico y teodolito

### **4.2.4. Materiales para determinar variables agroclimáticas**

Anillos infiltrómetros, cilindros para determinar la densidad aparente, pluviómetros, aforador, pala, flexómetro, cuaderno

## **4.3. Metodología**

### **4.3.1. Procedimiento experimental**

El presente trabajo de investigación se inició con el reconocimiento de la parcela, demarcando el perímetro, del cual se recolectaron las muestras de suelo, después se procedió a identificar plantas de cítricos de igual tamaño tomando en cuenta la altura, diámetro del tallo y área de sombreado del follaje. Posteriormente se realizó el levantamiento topográfico, de esa manera se procedió a realizar el diseño agronómico e hidráulico, estos se obtuvieron con datos agroclimáticos que se descargó los datos de la estación meteorológica.

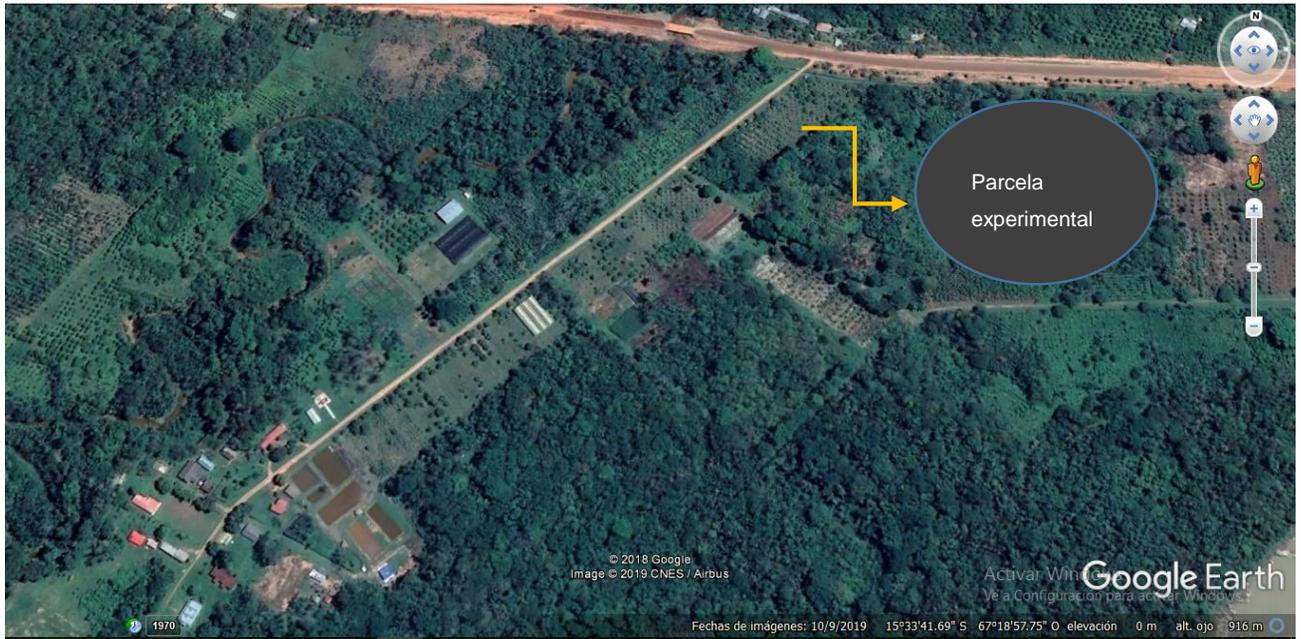
Para las características físicas edáficas se recolectaron muestras de suelo cada 15 días, desde el inicio de la investigación del cultivo de cítrico hasta la conclusión de la investigación, Los análisis físicos de las muestras de suelo se realizó en laboratorios de la Estación Experimental de Sapecho, corroborando con laboratorios de Suelos de la Facultad de Agronomía dependientes de la UMSA, seguidamente se hizo el análisis estadístico para ver los resultados, para su respectiva demostración.

Una vez realizado estas acciones se procedió a dosificar el con riego complementario para evaluar el momento óptimo de aplicación de riego.

Cabe aclarar que la metodología de trabajo corresponde a una parte descriptiva y la otra experimental

### 4.3.2. Ubicación del área experimental

La parcela de estudio se encuentra en la entrada de los predios de la Estación Experimental de Sapecho, como se enmarca en la figura 4.



**Figura 4: Ubicación geográfica del área experimental**

### 4.3.3. Características del área experimental

El área experimenta es una parcela establecida con plantaciones de naranjos, su área es de 5000 m<sup>2</sup> (0.5 ha) su edad de las plantas oscila entre tres a cuatro años, esto se debe porque se realizó refallos después del trasplante debido a la mortandad de los plantines, su densidad de siembra es de 6 metros por 6 metros, tiene como cultivo asociado otras especies, como bananos que están los callejones sin afectar el marco de plantación, así mismo son despreciables para la investigación.

#### 4.3.4. Croquis Del Área Experimental



**Figura 5: Croquis del área experimental**

*CR (Con riego, método Penman - Monteith), SR (sin riego)*

Como se observa en la Figura 5, los componentes de que están enumerados se describen a continuación; 1 la ubicación de la caseta donde se encuentra la bomba centrífuga para llenar el tanque, 2 es la ubicación del tanque de agua que se encuentra a una altura máxima de 10 metros, 3 son líneas primarias conductoras del agua, 4 son líneas secundarias conductoras de riego, 5 líneas laterales donde se realiza la evaluación con riego, 6 parcela que se evaluara sin riego 7 ubicación del arroyo donde se proveerá agua para el riego.

#### 4.3.5. Análisis de suelo

##### 4.3.5.1. Muestreo con calicata

Para obtener una calicata se utilizó: pala y picota, logrando una excavación de un área de 1 metro por 1 metro con una profundidad de 1,20 metros, esta excavación se realizó dentro de la parcela donde se llevó a cabo la investigación. Cuyo análisis físico – químico de suelo y fue realizado en el Laboratorio de Manejo y

Conservación de Suelo (Facultad Agronomía – UMSA). El tamaño de muestreo (repeticiones) en cada punto de muestreo y a cada profundidad de estudio.



**Figura 6: Calicata realizada en la parcela de estudio**

#### **4.3.5.2. Muestreo de suelo.**

Se realizó la recolección de muestras iniciales de suelo por el método de zigzag en cuatro lugares de la parcela de estudio, de las cuales se mezcló y se sacó una muestra de 1 Kg para el análisis físico-químico de suelo, el cual fue llevado al laboratorio de la Facultad de agronomía de la UMSA como se observa en el Anexo.

#### 4.3.5.3. Textura del suelo

Para determinar la textura del suelo se tomó 50 gramos de la muestra de suelo, previamente molido y tamizado en una malla de 2 mm. Para tener datos exactos se eliminó la materia orgánica existente en la muestra, después se colocó en un vaso de dispersión de 200 ml y a eso se agregó 100 ml de agua destilada y agitándolo hasta formar una suspensión. Posteriormente se introdujo 8 gramos de hexametáfosfato de sodio. Una vez agregado, se agitó la solución durante 10 minutos. Después a eso se llenó la probeta con agua destilada hasta 1000 ml para luego agitarlo hasta lograr que este se mezcle invirtiéndolo varias veces, una vez mezclado se puso la probeta en un mesón y se anotó la hora, minuto y segundo. Por lo siguiente se puso el hidrómetro en la suspensión anotando exactamente 40 segundos después que la probeta haya sido colocada en el mesón. Se anotó la temperatura después de haber hecho la primera lectura, introduciendo el termómetro en la suspensión luego se corrigió la lectura con el dato de temperatura y posteriormente se determinó el porcentaje de limo y arcilla

**Cuadro 2: Factor de corrección**

Temperatura estándar 20°C	Factor de corrección
Si la T > 20°C	+ 0,4*cada grado
Si la T < 20°C	-0,4*cada grado

Luego de haber transcurrido 2 horas, se realizó la segunda lectura con el hidrómetro, donde se registró la temperatura después de haber hecho la segunda lectura, introduciendo el termómetro en la suspensión con el dato de temperatura se volvió a corregir la lectura y determinar el porcentaje de limo y arcilla.

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla obtenidos se procedió a determinar la textura con el triángulo textural.

Cálculo del % de (limo +arcilla)

*Ec. 1*

$$\%(\text{limo} + \text{arcilla}) = \frac{\text{Densidad corregida 1}}{\text{Densidad inicial de la suspensión}} \times 100$$

Cálculo del % de arena

$$\%(\text{arena}) = 100 - \%(\text{limo} + \text{arcilla}) \quad \text{Ec. 2}$$

Cálculo del % de arcilla

$$\%(\text{arcilla}) = \frac{\text{Densidad corregida 2}}{\text{Densidad inicial de la suspensión}} \times 100 \quad \text{Ec. 3}$$

Cálculo del % de limo:

$$\%(\text{limo}) = 100 - \%(\text{arena}) - \%(\text{arcilla}) \quad \text{Ec. 4}$$

#### **4.3.5.4. Densidad aparente**

Para este propósito se empleó el método de la probeta donde se tomó una muestra en los cilindros metálicos de volumen conocido de 93 cm<sup>3</sup>, se sacó muestras de cada tratamiento luego se codificaron y se registró el peso inicial de cada uno de los tratamientos luego fueron llevados al laboratorio de química de la Facultad de Agronomía donde se colocó las cápsulas en la estufa a 105 C<sup>o</sup> por 48 horas, luego se pesó la masa de suelo seco. Henin *et. al.* (1976), para realizar el cálculo se aplicó la siguiente fórmula.

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{\text{masa del suelo}}{\text{volumen del cilindro}} \quad \text{Ec. 5}$$

Dentro de la calicata se sacó muestras de suelo en tres cilindros metálicos cuidando la muestra de compactaciones y que esta estuviese con suelo faltante al volumen del cilindro.

#### 4.3.6. pH del agua

Mediante el método potenciométrico se realizó el análisis de pH de muestras de suelo con agua en una relación 1:5.

#### 4.3.7. Determinación de la velocidad de infiltración básica

Para la infiltración básica (Ib) se consideraron puntos de prueba dispuestos en lugares diferentes de la parcela, se determinó con el método de doble anillo infiltrometros. En el caso específico de los anillos infiltrometros de acuerdo a la metodología propuesta por la FAO, la cual consistió en utilizar 2 anillos concéntricos de hierro galvanizado con un espesor de 3 mm, las medidas del anillo externo son de 60 cm de diámetro y 30 cm de largo, el anillo interno mide 30 cm de diámetro y 30 cm de largo como se presenta en la Figura 5.

Se ubicaron los anillos a 10 cm de profundidad se llenó el primer anillo exterior con agua, posteriormente se tapó con plástico el anillo central para evitar que se altere la superficie del suelo cuando se vierta el agua, una vez estabilizado el nivel del agua se procedió a elaborar una planilla de tiempos predeterminados para la lectura de lámina infiltrada en los tiempos dispuestos. La velocidad de infiltración se determinó con la ecuación de Kostiakov que expresa la infiltración en un punto.

$$I = at^b * \left( \frac{mm}{h}, \frac{mm}{min} \right) \quad Ec. 6$$

Donde:

I = Velocidad de Infiltración (mm h<sup>-1</sup>, mm min<sup>-1</sup>)

a = Coeficiente de velocidad de infiltración en un tiempo igual a 1 (mm/min<sup>(1+b)</sup>).

T = Tiempo de infiltración (h o min.)

b = Exponente sin dimensiones, es negativo y con valor que va de 0 a 1. La infiltración acumulada (Icum).

$$Icum = 60 * b * t^{b-1} * (mmh^{-1}) \quad Ec. 7$$

Donde:

t = tiempo de infiltración (h o min):

60 = factor que transforma los minutos a horas. Infiltración básica:

$$Ib = a * 60 * (-10 * 60 * b)^b \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

a Y b = Parámetros que son determinados mediante la hoja logarítmica o regresión lineal

#### **4.3.8. Balance hídrico**

Para realizar el balance hídrico del cultivo de naranjo se procedió a determinar los parámetros climáticos temperatura, precipitación, evapotranspiración y características físicas del suelo

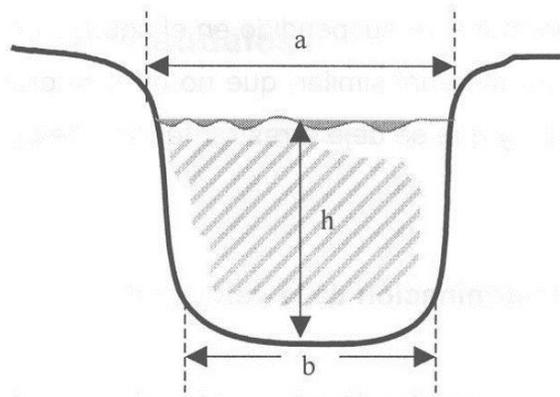
##### **4.3.8.1. Toma de datos de arroyo Equinoe**

Para determinar el caudal del arroyo, que es la principal oferta de agua para el riego de la investigación, se calculó mediante el método flotador, el cual consistió en demarcar la distancia a medir y se toma el tiempo que demora un flotador en recorrerla, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección. Como flotador se usó un trozo de madera que no ofrecía resistencia al contacto con el aire y se deje arrastrar fácilmente por la corriente del agua.

##### **- Determinación de la velocidad del arroyo Equinoe**

$$V = \frac{\text{Largo seccion (m)}}{\text{Tiempo en recorrerla (s)}} = (m/s) \quad \text{Ec. 9}$$

Para determinar el área promedio del canal se midió el ancho del canal por su profundidad, todas las medidas expresadas en metros, ver Figura 1



**Figura 7: Medidas para determinar el área de un canal**

Fuente: (Bello, 2010)

Una vez conocida la velocidad (V) de agua y el área (A) del canal, se aplicó la siguiente fórmula para calcular el caudal (Q):

$$Q = A * V \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

Q = Caudal en L/s

A = Area del canal en M<sup>2</sup>

V = Velocidad en m/s

#### **4.3.8.2. Análisis climático 2018-2019**

Para la obtención de datos agro climatológicos se instaló una estación climática portátil de marca Davis (equipo que registra la temperatura ambiente, precipitación, humedad relativa, radiación), estos datos son almacenados en el tablero que se encuentra en el laboratorio de la institución, la estación climática registra cada 15 min todos los datos mencionados, los mismos descargados con un software en computadora (WeatherLink) cada 15 días, en de todo el ciclo de la investigación del cultivo.



**Figura 8: Comparación de Evapotranspiración y Precipitación**

Fuente: Extracción de la interfaz de CROPWAT.

#### 4.3.9. Riego

Para cubrir la demanda de riego se utilizó el método de la FAO Penman-Monteith.

##### 4.3.9.1. Método Penman-Monteith de la FAO

Donde se utilizó la ecuación de la FAO Penman-Monteith propuesto por Allen et al. Citado por (FAO, 2014).

$$ET_0 = 1 + \frac{0,408\Delta(Rx_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_2 - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad Ec. 11$$

Donde:

- ET<sub>0</sub>: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día<sup>-1</sup>)
- R<sub>n</sub>: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>)
- G: Flujo de calor del suelo (MJ m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>)
- T: Temperatura media del aire a 2 m de altura °C
- U<sub>2</sub>: Velocidad del viento a 2 m de altura (m s<sup>-1</sup>)
- e<sub>s</sub>: Presión de vapor de saturación (K Pa).
- e<sub>a</sub>: Presión real de vapor (K Pa)
- e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>: Déficit de presión de vapor (K Pa)
- Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (KPa°C<sup>-1</sup>)
- γ: Constante psicométrica (KPa°C<sup>-1</sup>)

El método Penman-Monteith de la FAO, los datos como radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento se obtuvieron con la estación Davis la cual se encuentra instalada en los predios de la estación experimental Sapecho.

#### 4.3.9.2. Evapotranspiración del cultivo

Una vez obtenida la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) con la siguiente fórmula.

$$ET_c = Eto * Kc \quad Ec. 12$$

Donde:

*ET<sub>c</sub>* = Evapotranspiración del cultivo (mm día<sup>-1</sup>)

*Eto* = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día<sup>-1</sup>)

*Kc* = Coeficiente del cultivo

Para realizar el cálculo de la evapotranspiración del cultivo se aplicó K<sub>c</sub> para las diferentes fases fenológicas del cultivo como indica el cuadro 9, para ello se utilizaron diferentes coeficientes del cultivo los cuales fueron propuestos por (FAO, 2014), para el cultivo de cítrico.

**Cuadro 3: Coeficiente del cultivo de cítrico**

Cultivo	kc ini	kc med	kc final	altura de planta
Cítricos, sin cobertura del suelo				
– 70% cubierta vegetativa	0,70	0,65	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,65	0,60	0,65	3
– 20% cubierta vegetativa	0,50	0,45	0,55	2
Cítricos, con cobertura activa del suelo o malezas				
– 70% cubierta vegetativa	0,75	0,70	0,70	4
– 50% cubierta vegetativa	0,80	<b>0,75</b>	0,80	3
– 20% cubierta vegetativa	0,85	0,85	0,85	2

Fuente: (FAO, 2014)

Se considero el coeficiente de cultivo 0.75 para la fase del cultivo de cítrico con una edad de 2 a 3 años.

#### 4.3.9.3. Necesidades brutas de riego

Finalmente, una vez obtenida la ETc. se calculó las necesidades brutas de riego del cultivo, corrigiendo la evapotranspiración del cultivo (Etc) por la eficiencia del sistema de riego (Efa). La parcela cuenta con un sistema de riego por goteo y por lo con siguiente la eficiencia en de 90% (0,9).

La demanda bruta diaria del cultivo (Db) se obtuvo utilizando las siguientes relaciones:

$$Db(\text{mm/día}) = \frac{ETc (\text{mm/día})}{EFA} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

*Db* = Demanda bruta del cultivo (mm/día)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

EFA: = Eficiencia de aplicación. En general se considera un Efa= 0,85 en el caso de micro aspersion y de 0,9 para goteo.

#### 4.3.9.4. Demanda bruta de agua

La demanda bruta de agua (mm/día) se puede expresar también en términos de requerimientos de agua por planta (RAP) expresados en litros de agua por planta y por día (L/pl/día).

Para calcular el RAP se debe multiplicar los mm/día obtenidos en la demanda bruta por el marco de plantación (MP, en metros), de esta forma se obtienen los litros de agua que consume una planta cada día. El cálculo se realiza de la siguiente manera.

$$RAP (\text{L/planta/día}) = Db (\text{mm/día}) \times MP (\text{m}^2) \quad \text{Ec. 14}$$

Donde

*RAP* = Requerimiento de agua por planta, en litros de agua por planta y por día.

*Db* = Demanda bruta

*MP* = Marco de plantación

#### 4.3.9.5. Cálculo de tiempo y la frecuencia de riego.

Se tiene que entender que los riegos de baja frecuencia (riegos distanciados) se adaptan mejor a suelos con alta capacidad de retención de humedad y baja capacidad de aire, suelos pesados y profundos.

#### 4.3.9.6. Riegos diarios

Para calcular los tiempos de riego, además de conocer la demanda bruta, el necesario el caudal de agua que aplican a cada planta (L/h), y determinar la intensidad de precipitación del equipo.

El caudal de agua que se aplica a cada planta se calcula como.

$$Q_{pl} = q \text{ (L/h)} \times N_e \times (CU\%/100) \quad \text{Ec. 15}$$

Donde:

$Q_{pl}$  = caudal de agua aplicado a cada planta (L/h)  
 $q$  (L/h) = caudal del emisor (L/h)  
 $N_e$  = número de emisores por planta  
 $CU\%$  = coeficiente de uniformidad

La intensidad de precipitación del equipo ( $I_{pp}$ ), se expresa en mm/hr, y se obtiene de la siguiente manera:

$$I_{pp} = \frac{q_{pl} \text{ (L/h)}}{MP \text{ (m}^2\text{)}} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

$I_{pp}$  = intensidad de precipitación del equipo (mm/h)  
 $MP \text{ (m}^2\text{)}$  = Marco de plantación

El tiempo de riego se obtiene aplicando la siguiente relación:

$$TR \text{ (hr/día)} = \frac{D_b \text{ (mm/día)}}{I_{pp} \text{ (mm/hr)}} \quad \text{Ec. 17}$$

Otra forma de determinar el tiempo de riego es considerando el RAP (L/pl/día) y el caudal

(L/h) que se aplica a cada planta

TR (hr/día) = RAP (L/pl/día)

Qpl (L/h)

#### **4.3.9.7. Determinación de capacidad de retención y agua disponible**

Un paso previo a la determinación de frecuencia de riego es conocer la capacidad de retención de agua que tienen los suelos (Humedad Aprovechable) de los diferentes sectores de riego. La capacidad de retención de agua o Humedad Aprovechable que presentan los suelos corresponde al agua que se encuentra retenida en el suelo entre Capacidad de Campo

(CC) y Porcentaje de Marchites Permanente (PMP) y depende de la textura del suelo, su estructura, profundidad efectiva, de la presencia de piedras y otras limitantes en el perfil de suelo.

Hay que tener presente, por otra parte, que el agua retenida en el suelo no se encuentra igualmente disponible en el suelo, por la cual para fines de riego hay que considerar sólo una fracción de esta agua (Umbral de riego), que varía entre un 30 a 40 % de la capacidad de total (0,3 a 0,4). (Gil, 2009)

Tomando en cuenta lo anterior es posible calcular el agua disponible (AD) que las plantas pueden agotar del suelo antes de volver a regar. Este cálculo se hace de la siguiente manera:

$$AD \text{ (mm)} = [(CC\% - PMP\%) / 100 * Da] \times H \times UR \times PSM \times (1 - Pied) \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

AD = Agua disponible (mm)

CC% = Capacidad de Campo del suelo (%)

PMP% = Porcentaje de marchites permanente (%)

Da	= densidad aparente del suelo
H	= profundidad de raíces (mm)
UR	= Umbral de riego (0,3 a 0,4)
PSM	= Porcentaje de suelo mojado por los emisores (0,4 a 0,7)
Pied	= fracción de piedras presentes en el perfil de suelo

#### 4.3.9.8. Frecuencia de riego

La frecuencia de riego corresponde al número de días en que se agotará el Agua Disponible (AD). (Gil, 2009)

Y para determinar teóricamente, la frecuencia de riego se determina de la siguiente manera:

$$Fr = \frac{AD(mm)}{Etc (mm/día)} \quad Ec. 19$$

Donde:

AD = Es el Agua Disponible

Etc = Es la evapotranspiración media del cultivo

#### 4.3.9.9. Tiempo de riego

El tiempo de riego se calcula de manera análoga a lo explicado en el caso de los riegos diarios, es decir considerando la intensidad de precipitación del equipo de riego, pero esta vez se considera la AD, y la eficiencia del equipo de riego.

$$TR = (AD (mm)/Efa)/ Ipp \quad Ec. 20$$

Donde:

AD = Agua Disponible en milímetros

Efa = Eficiencia del sistema

Ipp = Intensidad de precipitación del equipo (mm/h)

#### **4.3.9.10. Labores culturales y control fitosanitario**

Para la investigación se realizó las labores culturales, entre ellas: las podas fitosanitarias y de formación, se tuvo una gran viabilidad de malezas, siendo las características de la región.

La poda: Debido a las características de la poda se utilizó cola de zorro para no maltratar, esto se realizó cada 3 meses.

El objetivo es favorecer al máximo la vigorosidad de la planta en el interior de la copa, por lo tanto, se eliminaron las ramas internas en cantidad suficiente para que pueden penetrar bien la luz y el aire. También se eliminaron las ramas laterales, procurando abrir al máximo la copa.

Desmalezado: se usó maquinas desmalezado ras (Motodesierbadoras), y para el anillado se lo realizo con machetes, estas actividades de desmalezado y anillados se realizó cada 3 meses.

También se fertilizo de con abonos orgánicos de manera manual y externa al sistema de riego.

#### **4.3.10. Variables de respuesta**

Para la toma de datos en las variables agronómicas se tomaron datos de: altura de planta, diámetro de follaje y diámetro de tallo, los cuales se realizaron cada 30 días iniciando el 20 de mayo hasta el 30 noviembre del 2019.

Para la medición se utilizó las forcípulas de precisión las mismas que son usadas como un instrumento de gran fiabilidad y precisión en la medición de árboles, troncos. Con su diseño y sus brazos sueltos y ajustables.

#### 4.3.10.1. Altura de planta



***Figura 9: Toma de datos de altura de planta***

La toma de datos se realizó midiendo 70 plantas ya seleccionadas por su homogeneidad dentro del área de investigación, los datos se registraron en unidades de centímetros, se realizó la medida de planta desde el cuello de la planta hasta el ápice de la planta, como indica en la Figura 9.

#### 4.3.10.2. Diámetro de follaje



**Figura 10: Toma de datos, diámetro del follaje**

El diámetro del área foliar se registró en centímetros (cm), midiendo desde la parte media del área foliar principal hasta el borde dimensional dimétrico de la copa del naranjo como se indica en la Figura 9, esta toma de datos se realizó con un dendrómetro. Se inició con el registro de diámetro, la frecuencia de la medición de la variable fue cada 30 días.

$$Ac = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

Ac = Área de la superficie de la copa m<sup>2</sup>

d = Diámetro de la base de la copa

### 4.3.10.3. Diámetro de tallo



**Figura 11: Toma de datos, diámetro del tallo**

Para obtener estos datos se realizó medidas del tallo, tomando en cuenta 35 centímetros de altura del suelo para así medir el diámetro del tallo en su punto más representativo, así como se ve en la Figura 11, esta acción se realizó con ayuda de un dendrómetro en el cual se registró en centímetros.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Estudio de suelos

#### 5.1.1. Descripción del perfil

Las características encontradas en la calicata demuestran tres tipos de suelos en donde predominaban las texturas francas arcillosos, arcillosos, y francos limosos, respectivamente como se observa en la Figura 12



**Figura 12: Ilustración visual de la calicata**

Como se puede apreciar en la Figura 12, se observa cuatro horizontes los cuales son A de 0 a 14 cm, que demarca un horizonte rico en material orgánico, B de 14 a 28 cm, donde se aprecian los elementos finos, y C de 28 a 40 cm la cual se aprecia los fragmentos de roca madre.

Así mismo (Gárate, 2014), indica que los requerimientos de suelo para un buen desarrollo del cultivo de los cítricos son: texturas franco arenosos, franco y franco arcillosos, fértiles, con una profundidad no inferior a 120 cm, bien drenados, ya que los cítricos no toleran el encharcamiento. La mesa de agua debe estar a más de 150 cm de profundidad.

## 5.2. Análisis del suelo

Para la determinación física del suelo se realizó en el laboratorio de la facultad de agronomía en suelos y agua (LAFASA) dando los siguientes resultados

**Cuadro 4: Análisis físico del suelo**

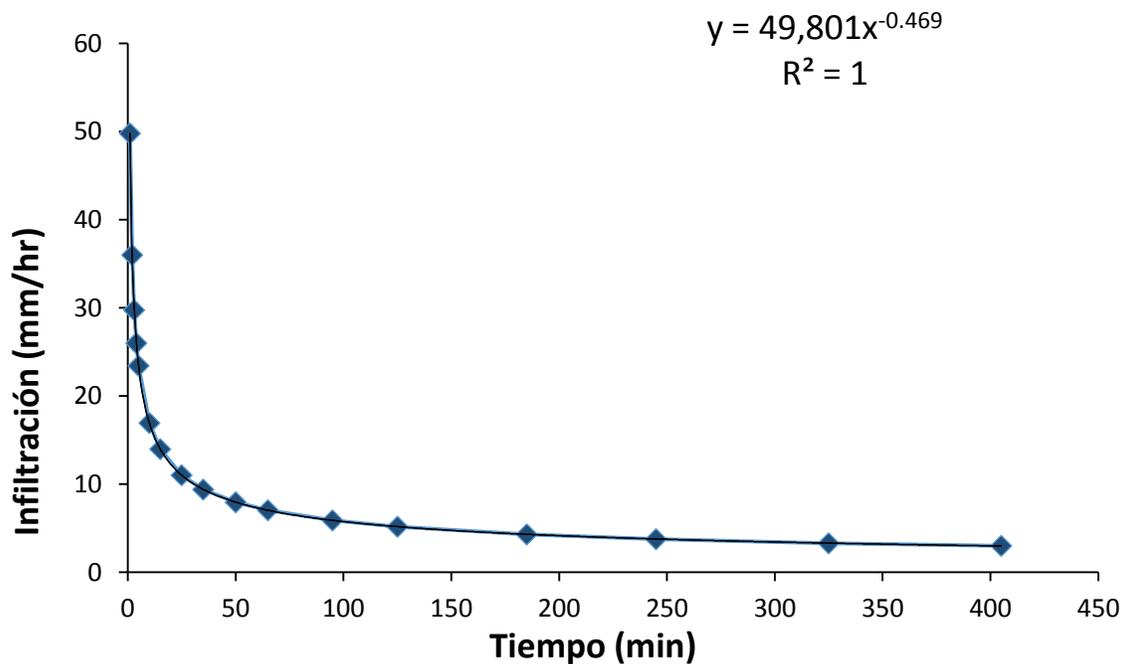
PARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	METODO
TEXTURA	Arena	%	28	Bouyoucus
	Limo	%	49	
	Arcilla	%	23	
	<b>CLASE TEXTURAL</b>		<b>FRANCO</b>	
<b>Densidad Real</b>		g/cm <sup>3</sup>	2,548	Picnómetro
<b>Densidad Aparente</b>		g/cm <sup>3</sup>	1,25	Probeta
<b>Humedad CC</b>		%	26	Olla a presión de Richards
<b>Humedad PMP</b>		%	11	Olla a presión de Richards

Los resultados de LAFASA, como muestran en el cuadro 4 un suelo con textura franca, una densidad real 2,54 g/cm<sup>3</sup>, densidad aparente 1,25 g/cm<sup>3</sup>, capacidad de campo de 26% y un Punto de marchitamiento permanente de 11%.

Los resultados que se muestra en el cuadro 4 donde se tiene un suelo con textura franco. CC 26 y un PMP de 11, los cuales se representan dentro los parámetros donde se muestra en el anexo 2 de (Israelen y Hansen) citado por (Gomez, 2010)

### 5.3. Velocidad de infiltración

Los resultados de infiltración, obtenidos a nivel de campo mediante el método de infiltrometros de doble cilindro, muestran la variación de la lámina infiltrada acumulada y la Variación de la infiltración con el tiempo (Figura 8)

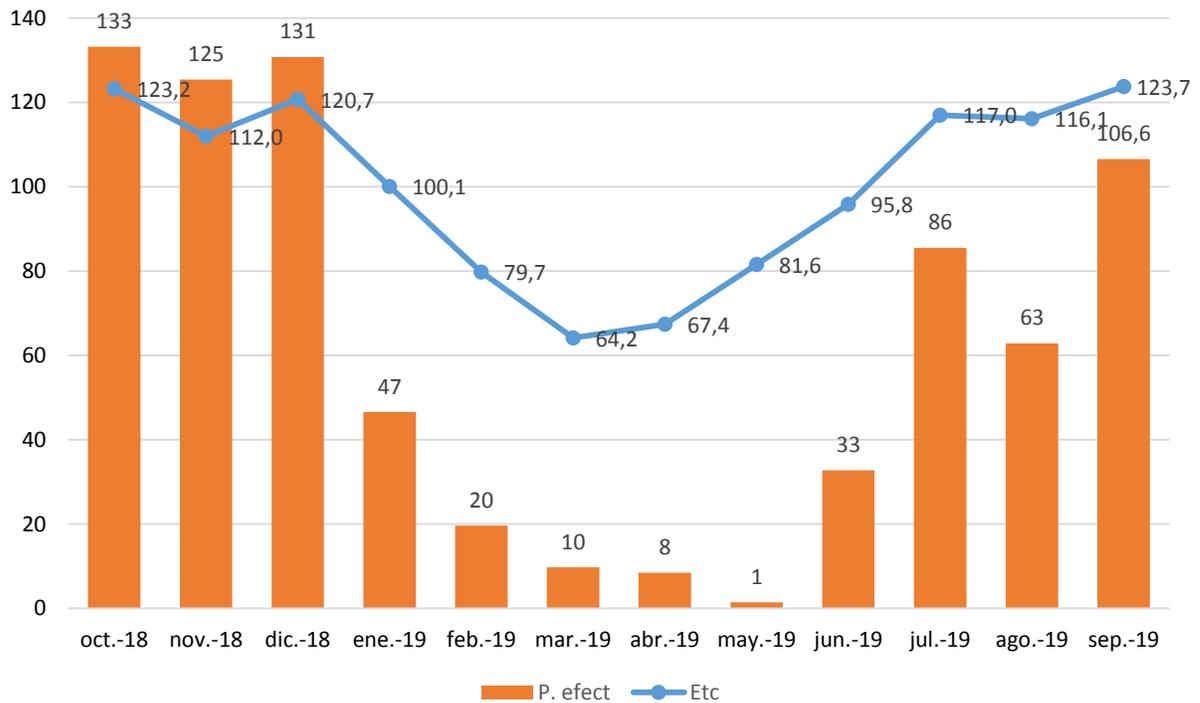


**Figura 13: Velocidad de infiltración en el suelo bajo estudio**

En la Figura 13, expresa la curva de la velocidad de infiltración (mm/h) versus el tiempo, según el tipo de suelos se ha evidenciado que la velocidad de infiltración básica VIB es igual a 3,54 mm/h valor bajo típico para suelos arcillosos.

Así mismo (Iriarte, 2016) confirma que según tablas como se muestra en el anexo 3, que la velocidad de infiltración de 3,54mm/h está en el rango de textura arcillosa. Así mismo la capacidad de absorción de agua por el suelo presenta una relativa variación, debido a las características físicas del suelo sin piedras y con textura arcillo-limosa, una porosidad de 49% y grado de compactación que presenta el suelo.

#### 5.4. Datos climáticos precipitación

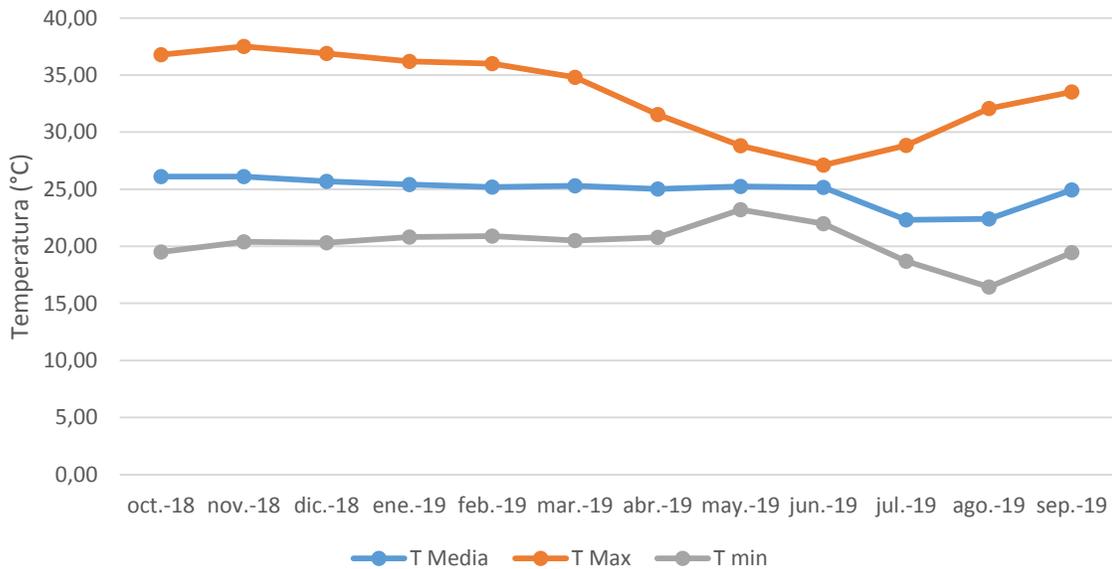


**Figura 14: Análisis climático gestión 2018 – 2019**

Como se observa en la figura 14 la precipitación más alta registrada fue de 138 mm/día el 21 de octubre de 2018, en tanto la precipitación más baja fue en mayo marcando 0 mm/día. También se puede apreciar la diferencia entre la precipitación efectiva y la evaporación del cultivo, existe una diferencia de déficit hídrico, el cual empieza desde enero 2019. El Déficit hídrico ( $ETc - Pe > 0$ ) inicia el mes de enero y concluye el mes de septiembre.

En la misma figura se observa que a inicios de enero la evapotranspiración es mayor a la precipitación lo que indica que existe un déficit que es la cantidad de agua que necesita al cultivo respecto al  $ETc$  que será aplicado en forma de riego.

## 5.5. Temperatura



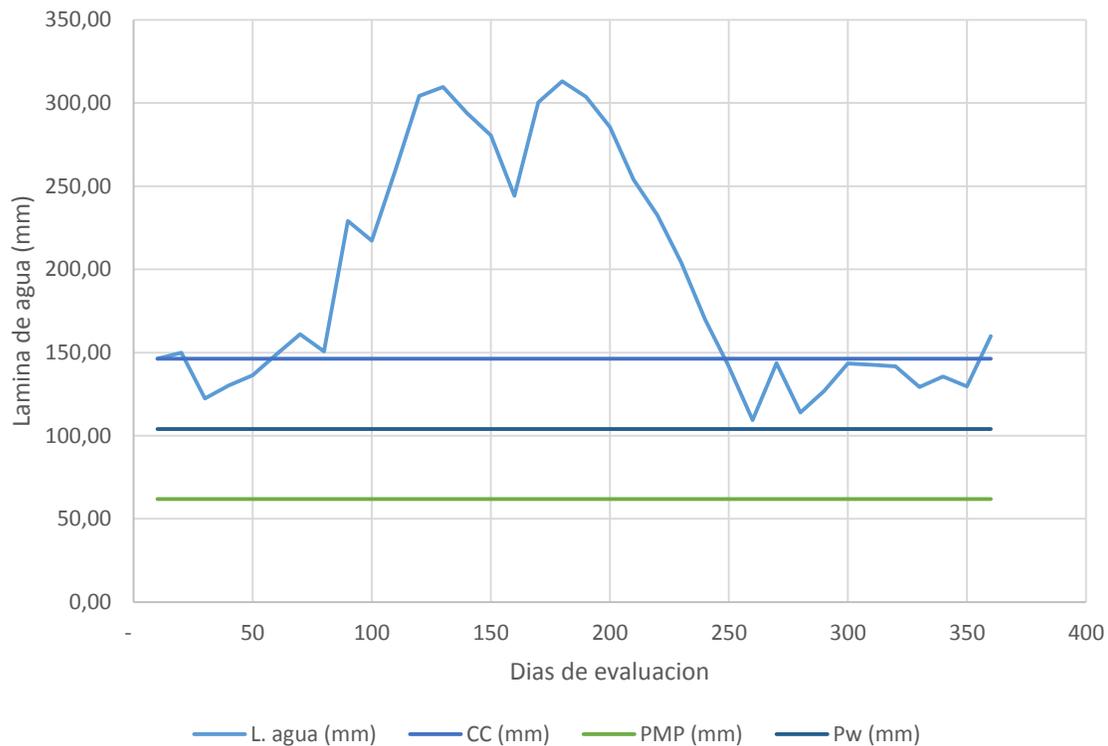
**Figura 15: Temperaturas máximas mínimas y medias registradas en la estación Experimental de Sapecho Periodo 2018 – 2019**

Con la base de datos de la investigación se obtuvieron datos de temperatura desde el mes de octubre de 2018 hasta el mes de septiembre de 2019 Figura 10.

Como se puede observar en la Figura 15, el mes de Noviembre del 2018 alcanzó la máxima temperatura con 37,5 °C los meses restantes también presentaron temperaturas por encima de los 20 °C como se puede ver las temperaturas son elevadas con cielos despejados, el cual generó la evapotranspiración del agua, por otro lado durante ese periodo de crecimiento y desarrollo el cultivo presentó síntomas estrés.

(Segnana, 2019) Indica Entre los factores climáticos que ejercen influencia sobre los Cítricos, se destacan la temperatura y la humedad. En un rango de temperatura inferior a 10 °C y superior a 39 °C, el desenvolvimiento metabólico de las plantas es prácticamente interrumpido. La faja comprendida entre 13 a 32 °C

## 5.6. Programación de riego calculado para la gestión 2018-2019



**Figura 16: Balance hídrico gestión 2018 - 2019**

Lámina de agua; Cc = capacidad de campo; Pmp = punto de marchitez permanente; Pw = umbral de riego

En la siguiente figura observamos las cantidades de agua requeridas según el umbral de riego, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Según el periodo de evaluación los cuales los datos, mismos datos de requerimiento hídrico se muestran en el Anexo 6.

Como se observa en la figura 16 las necesidades de riego en el periodo de evaluación inician el día 150 indicando que se realizaron 9 riegos a partir del día del inicio de la evaluación, los días de riego son 40, 50, 270, 290 300, 310 y 340 cada uno con un 42,19 mm, según la figura 16 y el indicador del umbral de riego, los cuales se muestran en el anexo 6.

Por otro, lado se evidencia que en el periodo de evaluación el nivel del agua no ha descendido por debajo del umbral de riego, los niveles inferiores se abastecieron con aplicación de riego.

## 5.7. Variables agronómicas

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de la presente investigación con relación en variables agronómicas. Considerando altura de planta, diámetro del follaje y diámetro de tallo.

### 5.7.1. Altura de planta

El análisis estadístico para la variable agronómica altura de planta indica que no existen diferencias significativas producidas por el nivel de riego. Lo que nos indica que las etapas de riego, influyen poco en la altura de planta en los primeros riegos de la investigación. A continuación, se presenta los resultados obtenidos, los cuales se presenta en función al tiempo evaluado.

**Cuadro 5: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	219,04	39,14	0,54	0,5988	NS
<b>Sin riego</b>	207,91	43,49			

En el cuadro 5, la variable altura de planta de los 30 días de evaluación después de los 150 días del año y los primeros riegos, demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 6: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	221,92	38,99	0,39	-0,7048	NS
<b>Sin riego</b>	213,78	44,94			

En el cuadro 6, la variable altura de planta de los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 7: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	233,1	38,72	0,63	0,5382	NS
<b>Sin riego</b>	219,58	46,62			

En el cuadro 7, la variable altura de planta de los 90 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 8: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	241,78	38,7	0,4	0,3137	NS
<b>Sin riego</b>	219,58	46,62			

En el cuadro 8, la variable altura de planta de los 120 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo

### **Cuadro 9: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	251,92	38,99	1,08	0,3002	NS
<b>Sin riego</b>	229,04	45,79			

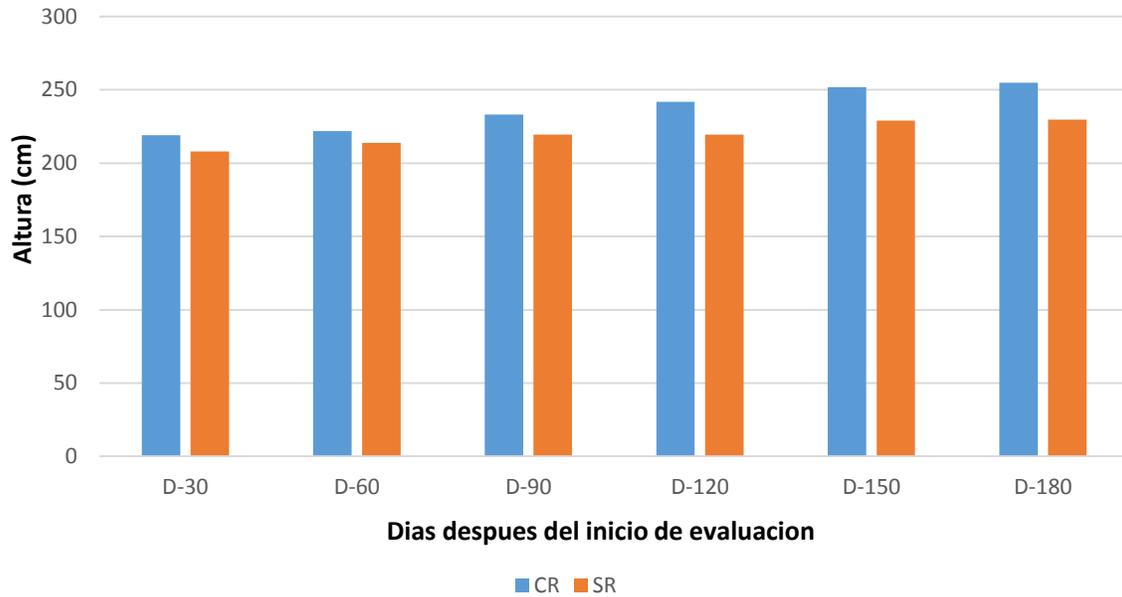
En el cuadro 9, la variable altura de planta de los 150 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo, estadísticamente son iguales.

### **Cuadro 10: Prueba de medias para altura de planta**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	241,92	38,99	0,57	0,5751	NS
<b>Sin riego</b>	229,58	46,62			

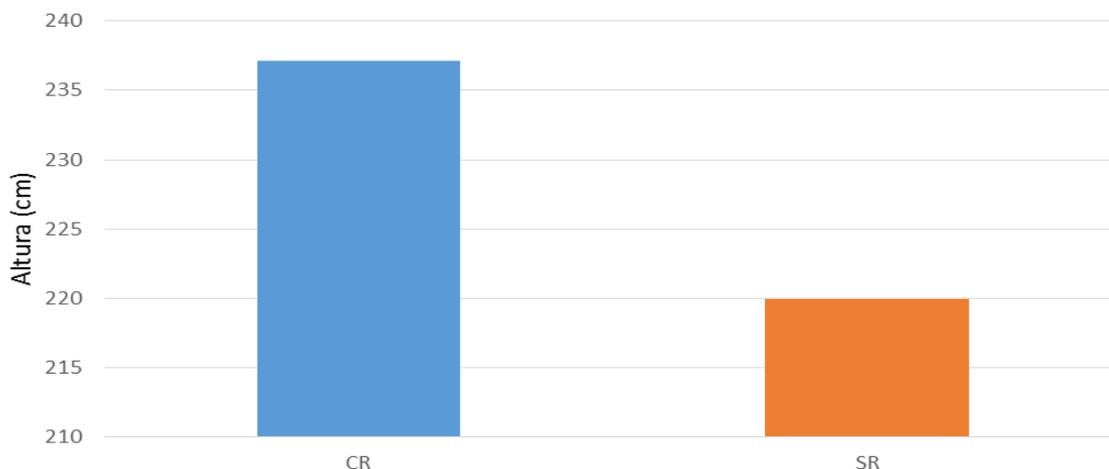
En el cuadro 10, la variable altura de planta de los 180 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

A continuación, se muestra el resumen total de los datos evaluados durante la investigación en prueba de medias de altura la cual se muestra en la Figura 17.



**Figura 17: Resumen de prueba de medias de altura de planta**

Estadísticamente en todas las evaluaciones no se encontraron diferencias significativas entre medias. Sin embargo, en la figura 17 se puede observar una diferencia numérica entre la evaluación con riego y sin riego. En el resumen de pruebas de medias de altura de planta en la Figura 17, se puede apreciar que existe un crecimiento constante por una mínima diferencia en el sistema con riego que, sin riego, como se muestra en los cuadros 4, 5, 6, 7, 8 y 9.



**Figura 18 resumen comparativo de altura de planta**

Como se observa en la figura 18, la altura promedio en la evaluación agronómica en altura de planta con riego es 237,1 cm y en sin riego es 219,9 cm.

Debido a la edad del cultivo en la que se ha evaluado, el ciclo del cultivo y las respuestas fisiológicas no se encontraron diferencias significativas estadísticamente.

### 5.7.2. Diámetro del tallo

El análisis estadístico para el variable agronómico, en el diámetro de tallo se muestra los resultados de la evaluación con riego y sin riego, los siguientes cuadros muestran los resultados obtenidos después del inicio hasta la conclusión de la investigación.

**Cuadro 11: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,37	1,05	-0,12	0,9047	NS
<b>Sin riego</b>	5,44	1,28			

En el cuadro 11, la variable diámetro de tallo de los 30 días de evaluación después de los 150 días del año y los primeros riegos, demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 12: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,44	1,13	-0,1	0,9951	NS
<b>Sin riego</b>	5,44	1,28			

En el cuadro 12, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 13: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,48	1,07	0,17	0,8683	NS
<b>Sin riego</b>	5,39	1,23			

En el cuadro 13, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 14: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,58	1,06	0,33	0,7428	NS
<b>Sin riego</b>	5,39	1,23			

En el cuadro 14, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 15: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,67	1,04	0,32	0,7555	NS
<b>Sin riego</b>	5,49	1,23			

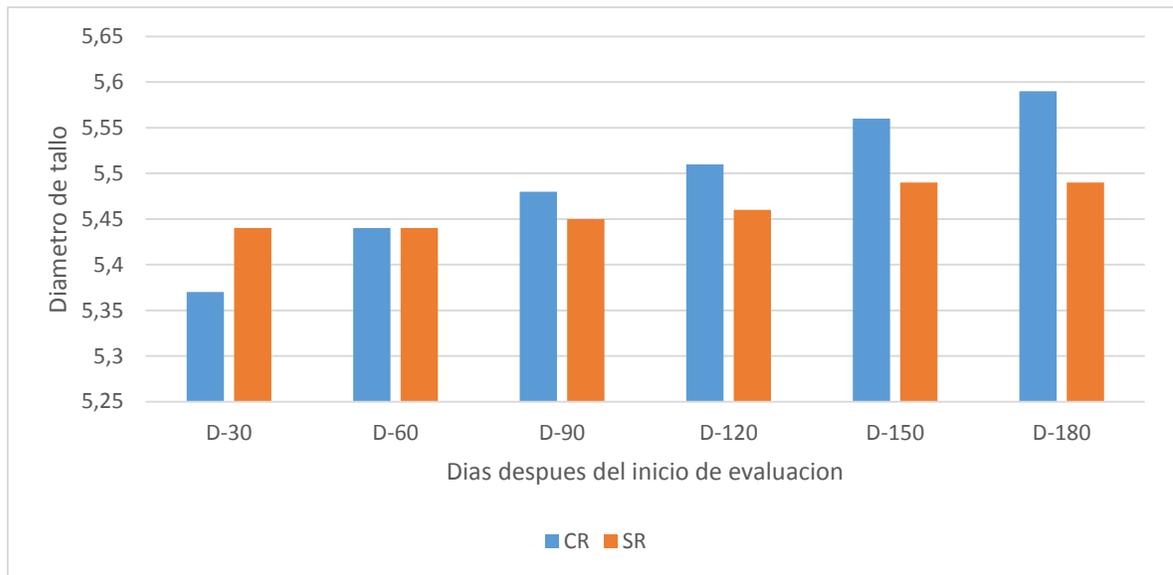
En el cuadro 15, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

### **Cuadro 16: Prueba de medias para diámetro de tallo**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	5,59	1,08	0,17	0,8653	NS
<b>Sin riego</b>	5,49	1,23			

En el cuadro 16, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

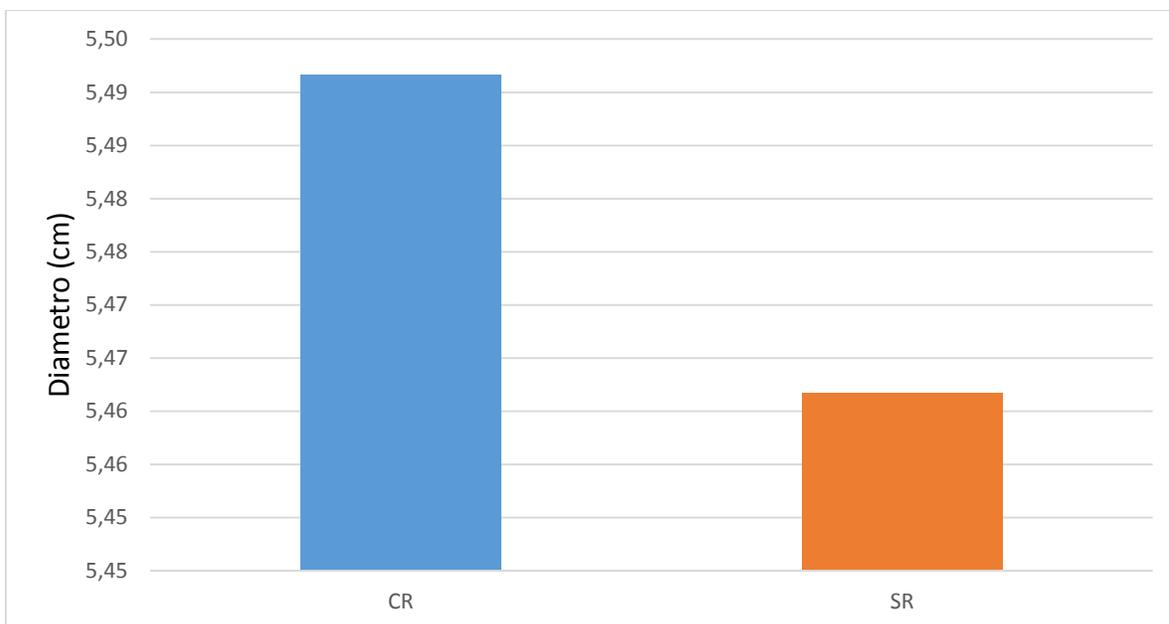
A continuación, se muestra el resumen total de los datos tomados durante la investigación de prueba de medias de altura de planta en la figura 19.



**Figura 19: Resumen de prueba de medias para diámetro de tallo**

Estadísticamente en todas las evaluaciones se puede apreciar que no se encontraron diferencias significativas entre medias. Sin embargo, en la Figura 19 se puede observar una diferencia numérica entre las evaluaciones de diámetro de periferia del tallo entre con riego y sin riego. En los días después del inicio de evaluación D-30 de la Figura 19 y el Cuadro 11 se puede apreciar diferencia numérica, que la evaluación con riego es menor sin riego, y también en la última evaluación D-180 se observa la diferencia de numérica, que es su evaluación con riego es mayor que sin riego, como indica el cuadro 16. Los datos mencionados indican que existe un aumento de diámetro en el tallo.

Debido a la edad del cultivo en la que se ha evaluado, el ciclo del cultivo y las respuestas fisiológicas no se encontraron diferencias significativas estadísticamente.



**Figura 20: Resumen comparativo para diámetro de tallo**

Como se observa en la figura 20, el diámetro de tallo en la evaluación agronómica para diámetro de tallo promedio con riego es 5,49 cm y en sin riego es 5,46 cm.

### 5.7.3. Diámetro copa del árbol

El análisis estadístico para la variable Diámetro copa del árbol de planta nos muestra el desarrollo del cultivo. A continuación, se presenta los resultados obtenidos, los cuales se presenta en función al tiempo evaluado.

**Cuadro 17: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	58,76	19,65	-0,36	0,7251	NS
<b>Sin riego</b>	62,18	18,49			

En el cuadro 17, la variable diámetro copa del árbol de los 30 días de evaluación después de los 150 días del año y los primeros riegos, demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 18: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	69,89	18,34	0,84	0,4166	NS
<b>Sin riego</b>	62,18	18,49			

En el cuadro 18, la variable diámetro de tallo a los 60 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 19: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	76,36	18,85	0,7	0,4943	NS
<b>Sin riego</b>	69,79	18,59			

En el cuadro 19, la variable diámetro de tallo a los 90 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 20: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	86,36	18,85	0,77	0,0985	NS
<b>Sin riego</b>	69,79	18,59			

En el cuadro 20, la variable diámetro de tallo a los 120 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 21: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	96,36	18,85	1,77	0,0985	NS
<b>Sin riego</b>	79,79	18,59			

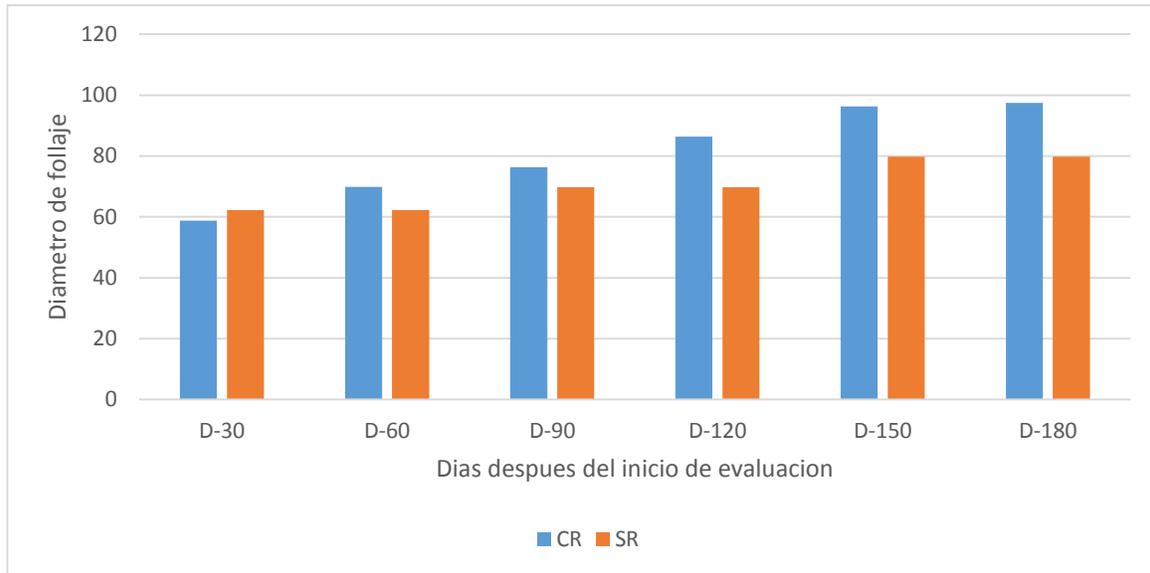
En el cuadro 21, la variable diámetro de tallo a los 150 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

**Cuadro 22: Prueba de medias para diámetro copa de árbol**

SISTEMA	Media	D.E.	T	P>t	Significancia
<b>Con riego</b>	97,43	18,85	0,5	0,6278	NS
<b>Sin riego</b>	79,79	18,59			

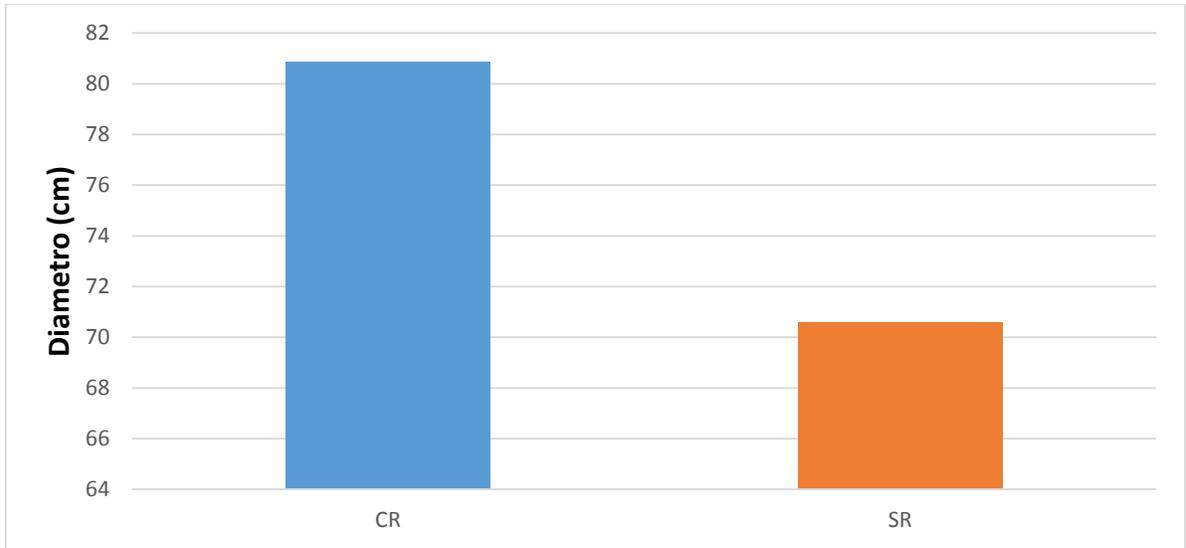
En el Cuadro 22, la variable diámetro de tallo a los 180 días de evaluación demuestra un valor en el cual resulta ser no significativo.

A continuación, se muestra el resumen total de los datos tomados durante la investigación de prueba de medias de altura de planta en la Figura 19.



**Figura 21: Resumen de prueba de medias para diámetro de copa de árbol**

Estadísticamente en todas las evaluaciones se puede apreciar que no se encontraron diferencias significativas entre medias. Sin embargo, en la Figura 21 se puede observar una diferencia numérica entre las evaluaciones con riego y sin riego. Debido a la edad del cultivo en la que se ha evaluado, el ciclo del cultivo y las respuestas fisiológicas no se encontraron diferencias significativas.



**Figura 22: Resumen comparativo diámetro copa de árbol**

Como se observa en la Figura 22, la altura promedio en la evaluación agronómica en diámetro de árbol con riego es 80,86 cm y en sin riego es 70,58 cm.

Debido a la edad del cultivo en la que se ha evaluado, el ciclo del cultivo y las respuestas fisiológicas no se encontraron diferencias significativas estadísticamente.

## 6. CONCLUSIONES

Con los objetivos planteados y los resultados obtenidos en la presente investigación se llegaron a las siguientes conclusiones.

- No se mostró significancia estadística en el desarrollo de los naranjos, sin embargo se puede apreciar la diferencia numérica, mismas características se muestran en todas las variables
- La significancia numérica en diferencia de con riego y sin riego en altura de planta en la evaluación es con riego es 237,1 cm y en sin riego es 219,9 cm.
- En la evaluación de diámetro de tallo no hay evidencia de diferencia significativa en promedio, sin embargo se presenta una diferencia numérica, como se presenta en la evaluación agronómica en para diámetro de tallo promedio con riego es 5,49 cm y en sin riego es 5,46 cm. Pero el promedio del tallo en la evaluación con riego es mucho menor 5,37 cm a comparación de sin riego 5,44 cm, pero al finalizar la evaluación muestra con riego 5,59 cm y sin riego 5,49 cm. Es una diferencia mínima estadísticamente, suficiente para resaltar que el árbol naranjo gana vigorosidad.
- En la evaluación de diámetro de follaje se obtuvo resultados no significativos entre con riego y sin riego.

## **7. RECOMENDACIONES**

Para el estudio del cultivo de naranjos en edad de 2 a 3 años se recomienda tener registro histórico sobre el desarrollo del cultivo, porque no existe mucha información bibliográfica respecto al cultivo en esta fase.

Así mismo se recomienda repetir el trabajo de investigación por lo menos tres años continuos antes de la fructificación del naranjo para resaltar el momento óptimo de riego en función al cultivo.

Para un mejor mantenimiento del sistema de riego por goteo, es recomendable realizar el sistema en parcelas previas a la implementación, de esa manera evitar dañar raíces en parcelas con cultivos ya establecidos y por lo mismo realizar un mejor mantenimiento del sistema de riego.

Para tener un registro en el óptimo momento de riego se recomienda evaluar al cultivo de naranjo, desde la implementación de campo definitivo de los plantines hasta su producción para obtener resultados en las diferentes fases del cultivo.

Así mismo para tener registro climático, se recomienda tener la instalación de una estación meteorológica.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Aliaga, J. T. (2017). *INVESTIGACION Y FORMACION "Pilares del Desarrollo Productivo Sostenible"*. La Paz.
- Ancillo, G. (2014). *Los Citricos*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Anderson, C. (Lunes de Octubre de 2017). *inta.gob.ar*. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_manual\\_citricultura\\_cap6.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_manual_citricultura_cap6.pdf)
- Bello, M. A. (2010). *Medicion de presion y caudal*. Punta Arenas.
- Borquez, E. S. (1999). *PROGRAMACION DE RIEGO*. Talca.
- Calvache. (2014). VII CONGRESO ECUATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO. *Manejo del agua, Principios fundamentales*.
- CECAD. (2016). *PLAN TERRITORIAL DE DESARROLLO INTEGRAL*. Palos Blancos.
- Chipana, R. (1996). *Principios de Riego y Drenaje*. La Paz, Bolivia: IRTEC.
- Eric, G. F. (2009). *ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEO Y EXUDACION, EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (Lactuca sativa L. var. alface stella), BAJO INVERNADERO*. IBARRA: PUCE-SI.
- FAO. (2006). *Evapotranspiracion del Cultivo*. Roma.
- FAO. (2014). Estudio FAO riego y drenaje. *Evapotranspiracion del cultivo*. Recuperado el 8 de febrero de 2018, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s.pdf>

FAO. (jueves de junio de 2019). - *Actualitix- Todos los derechos reservados.*  
Obtenido de rankin de produccion de naranjas:  
<https://es.actualitix.com/pais/wld/naranja-paises-productores.php>

Fernández, J. E. (2015). *Estrategias y programación del riego.* Sevilla, España.

Gabriel, M. L. (2015). DETERMINACIÓN DEL MOMENTO ÓPTIMO DE RIEGO EN PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.). Calcuta: ESPAM MFL.

Gárate, M. A. (2014). *Produccion de Citricos.* Santa Cruz, Bolivia: Imprenta IMAG.

Gil, P. (2009). *Manual de riego para paltos y cítricos.* V Region -Chile: INIA.

Gomez, R. F. (2010). *Fundamentos de Riego.* Sevilla, España: Junta de Andalucía.

INE. (Viernes de Octubre de 2019). <https://www.ine.gob.bo>. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/mandarina-y-naranja-principales-cultivos-citricos-en-bolivia/#:~:text=Producci%C3%B3n%20de%20c%C3%ADtricos%20en%20macroregiones,correspondiente%20a%2056.682%20toneladas%20m%C3%A9tricas>.

Iriarte, O. D. (2016). *Medicion de infiltracion de agua en el suelo.* Cochabamba.

Jimenez Miranda, J. R. (2008). *EVALUACION DE TES TIPOS DE INJERTO EN CHUPONES BASALES PARA LA REHABILITACION DE PARCELAS IMPRDUCTIVAS DE CACAO EN SAPECHO ALTO BENI.* La Paz, Bolivia: UMSA.

Llanque, F. J. (2012). *NECESIDADES DE AGUA EN LAS PLANTACIONES DE NARANJO.* Andalucía: IFAPA Centro Alameda del Obispo.

Mendoza, A. E. (2014). *Riego por Goteo.* El Salvador: Centa.

Mendoza, A. E. (2015). *RIEGO POR GOTEO.* El Salvador.

- Pardos. (2011). *Diseño de módulo tipo de riego por goteo para cultivo hortícolas en San Vicente de Loja*. Santa Elena.
- PDM. (2013). *DIAGNOSTICO PRODUCTIVO*. Palos Blancos.
- PRONAMACHCS, P. N. (2004). *Programa Nacional de manejo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos*. Lima.
- Quispe, E. Q. (2007). *PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL METODO DE RIEGO POR ASPERSION EN LA SUB - CENTRAL LA FLORIDA DEL MUNICIPIO DE CHULUMANI*. Chulumani: Universidad Mayor de San Andres.
- Rivera, L. E. (2001). *RIEGO*. Puerto Rico.
- Rodriguez, M. A. (2015). *Practicas de edadologia*. Madrid, España: Universidad de la Roja.
- Rojas, J. M. (2013). *DENSIDAD APARENTE*. Regional el Chaco: Estacion Experimental Agropecuaria Zaéns Peña.
- Segnana, L. R. (2019). *Cultivo de Citricos*. San Lorenzo.
- Steduto, P. (2014). *Repuesta del rendimiento de los Cultivos al agua*. California: Margherita Bongiovanni.
- Ticona Aliaga, J., & Choque Tarqui, C. E. (Mayo de 2017). *UBICACION GEOGRAFICA ESTACION EXPERIMENTAL DE SAPECHO*. Palos Blancos, Sud Yungas, Bolivia: UMSA Facultad de Agronomia.
- USAID. (2008). *PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL PALOS BLANCOS 2008 - 2012*. Palos Blancos.
- Valvidia, P. B. (2011). *Manejo de Riego en Citricos*. Santiago - Chile: INIA.
- Villafáfila, E. (2009). *RIEGO EN HORTICULTURA*. Santo Pipó - Misiones: INTA.

WWF. (2009). *MANUAL DE PRACTICAS DE RIEGO*. Madrid.

Yagüe, J. L. (2012). *INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO*. Madrid: España.

# ANEXOS

## Anexo 1: Ficha de identificación del arroyo Equinoe

Fecha de llenado	Día	Mes	Año
	31	07	2018

### IDENTIFICACIÓN

<b>Sistema</b>	riego por goteo en cítricos y cacao
----------------	-------------------------------------

**Localización:** Estación Experimental Sapecho EES

	Coordenadas	
	Geográficas	UTM
Latitud (N)	15°33' 44,15"	8278775
Longitud (E)	67°19' 13,75"	680102
Altitud m.s.n.m.	420	

### Registros climáticos:

Periodo 1996 – 2012, SENAMHI

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T. max °C	32.5	31.7	32.0	31.9	29.2	28.4	29.1	31.3	33.0	33.4	33.0	32.8
T. min °C	21.2	21.4	21.1	20.0	18.2	17.6	16.5	16.5	17.3	19.6	20.3	21.0
T. media °C	26.9	26.6	26.6	26.0	23.7	23.0	22.8	23.9	25.2	26.5	26.7	26.9
Pp (mm)	196.5	186.8	193.5	88.2	54.6	42.2	40.6	31.8	71.0	136.9	108.6	163.2
H.R. (%)	83.6	85.5	84.6	84.9	85.4	85.5	83	80.9	78	78.3	80.5	82.4

### Fuente de agua:

Arroyo Equinoe

### Aforo de la fuente de agua

Nombre de la fuente	Fecha de muestra	Caudal (l/s)
Arroyo Equinoe	18/02/2018	5,50
Arroyo Equinoe	20/06/2018	1,86

### Calidad del agua

Nombre de la fuente	pH	C.E. dS/m
Arroyo Equinoe	6.6	0.300

### Superficie regable

Descripción	Superficie (ha)	Nro. de plantas
Cultivo de naranja variedad Valencia Tardía	0,5	162

## Método de aplicación del riego:

El sistema de riego utilizado es por goteo con emisores auto compensables de 4 l/s

## Características del suelo en el área de riego

**Topografía:** plana con pendientes entre 0 a 2%, con pequeños micro relieves cóncavos y convexos.

**Profundidad efectiva:** desde 30 a 50 cm en gran parte del cultivo

**Anegamiento:** muy poco frecuente durante épocas de lluvia debido a lugares cóncavos.

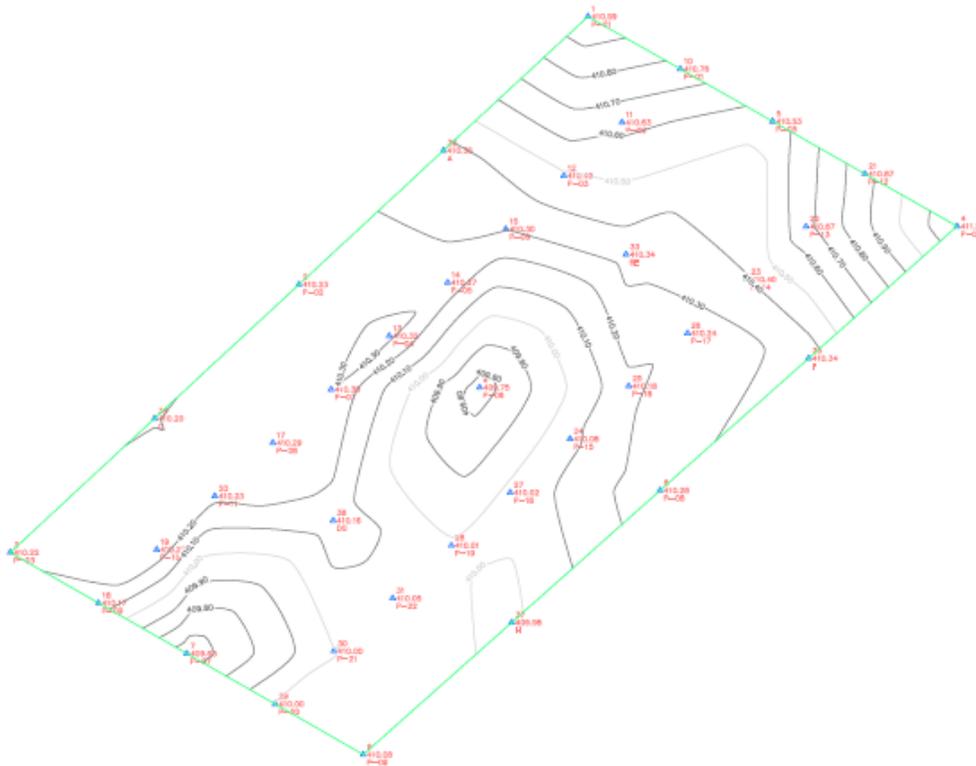
## Tipos de infraestructura para el sistema de riego

Descripción	Características
Estanque de tierra construido cerca a la toma.	Capacidad de 15 m <sup>3</sup> , función como cámara de sedimentación
Tanque elevado de estructura, de hormigón armada de 6 m de altura	Capacidad de 10 m <sup>3</sup> , plástico

## Componentes del sistema:

- Aducción 102 metros de tubería de 2"
- Primaria 48 metros de tubería de 2"
- Secundaria 108 metros de tubería de 1 ½ "
- Laterales 18 líneas 57 metros cada uno, total 1026 metro, politubo de 16mm.
- Emisores 162

## Plano del sistema de riego



## Anexo 2: Resumen de las propiedades Físicas del suelo, según texturas

Textura	Porosidad Total (%)	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	CC (%)	ppm (%)	Agua disponible		
					Humedad gravimétrica (%)	Humedad volumétrica (%)	Capacidad de Retención (cm/m)
Arenoso	38	1.65	9	4	5	8	8
	(32 – 42)	(1.55) – 1.80)	(6 – 12)	(2 – 6)	(4 – 6)	(6 – 10)	(7 – 10)
Franco - Arenoso	43	1.50	14	6	8	12	12
	(40 – 47)	(1.40 – 1.60)	(10 – 18)	(4 – 8)	(6 – 10)	(9 – 15)	(9 – 15)
Franco	47	1.40	22	10	12	17	17
	(43 – 49)	(1.35 – 1.50)	(18 – 26)	(6 – 12)	(10 - 14)	(14 – 20)	(14 – 19)
Franco - arcilloso	49	1.33	27	13	14	19	19
	(47 – 51)	(1.30 - 1.40)	(23 – 31)	(12 – 15)	(12 – 16)	(16 – 22)	(17 – 22)
Arcillo - arenoso	51	1.30	31	15	16	21	21
	(49 – 53)	(1.25 – 1.35)	(27 – 35)	(14 – 18)	(14 – 18)	(18 – 23)	(18 – 23)
Arcilloso	53	1.25	36	17	18	23	23
	(51 – 55)	(1.20 – 1.30)	(31 – 39)	(16 – 20)	(16 – 20)	(20 – 25)	(20 – 25)

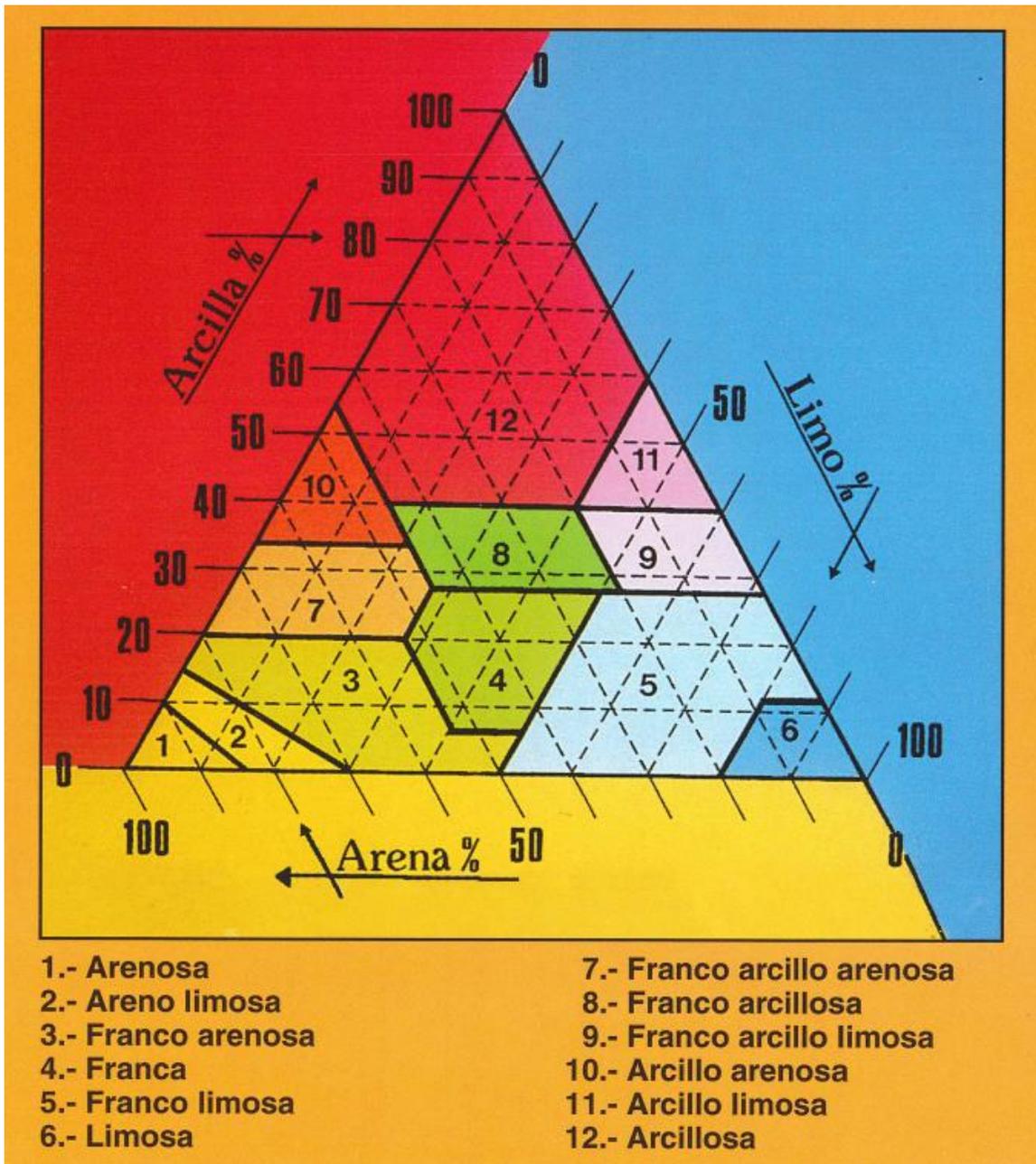
Fuente: (Israelen y Hansen) citado por (Gomez, 2010)

## Anexo 3: Rangos de velocidad de infiltración básica de los diferentes tipos de suelo

Textura del suelo	Infiltración básica. Rango de Variación (mm/h)	Ib promedio (mm/h)
Arena	25 - 50	50
Franco-arenoso	13 – 75	25
Franco	7,5 – 20	12,5
Franco-limoso	2 - 15	7,5
Arcillo- limoso	0,2 – 5	2,6
Arcilla	0,1 - 1	0,5

Fuente: (Brouwer et al., 1988) citado por (Iriarte, 2016)

Anexo 4: Triangulo de Texturas



Triángulo textural de USDA

### Anexo 5: Reporte Climatológico, de octubre de 2018 a noviembre de 2019

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE OCTUBRE DE 2018												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho		<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia						
<b>ELEV:</b>	420 m		<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>	67° 32' 00" W						
			<b>TEMPERATURE:</b>	(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)				
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			
						DAYS	DAYS		SPEED			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16	28.5	35.7	3:00p	23.4	12:00m	0	6.4	9.8	0	3.6	6:00p	ESE
17	26.4	35.6	1:45p	22.8	6:30a	0	8.1	1.2	0	2.2	2:30p	S
18	28	36.8	3:00p	23.2	6:15a	0	9.7	0	0	2.2	9:45a	SE
19	28.1	35.8	2:15p	24	6:00a	0	9.8	0	0.1	3.6	6:45p	SW
20	24	26.6	1:15p	20.3	12:00m	0	5.7	0	0	2.2	5:00a	ENE
21	25.2	33.4	3:00p	19.5	2:15a	0	6.8	0	0	2.2	12:30p	S
22	25.3	35	12:30p	21.4	12:00m	0	6.9	0	0	4	12:45p	S
23	23.9	30.8	4:15p	21.1	2:45a	0	5.6	11.4	0	0.9	2:15p	SE
24	23.8	28.6	12:00p	22.3	9:15p	0	5.4	14.6	0	3.1	2:00p	SW
25	23.5	27.7	4:45p	21.6	12:00m	0	5.2	8.6	0	0.9	2:45p	SSW
26	24.8	31.4	1:30p	20.9	4:45a	0	6.5	0.8	0	2.2	2:15p	SSW
27	26.2	33.9	2:30p	22.2	6:00a	0	7.9	16.6	0	1.8	8:15a	SW
28	26.8	34.4	2:15p	22.2	6:00a	0	8.4	2.4	0	2.2	1:45a	SW
29	27.7	33.9	3:30p	24.1	6:30a	0	9.3	0	0	1.8	9:15a	SSW
30	27.6	34.9	1:15p	21.9	5:45a	0	9.3	0	0	2.2	12:45p	S
31	28	35.6	2:00p	23.1	6:15a	0	9.7	0	0	2.2	2:15p	NW
---												
	26.1	36.8	18	19.5	21	0	121.3	65.4	0	4	22	SW

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE NOVIEMBRE DE 2018													
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho		<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m		<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>	67° 32' 00" W							
			<b>TEMPERATURE:</b>		(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>					(m/s)
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM	
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR	
						DAYS	DAYS		SPEED				
1	28.9	37	3:15p	23.2	5:30a	0	10.6	0	0	2.2	11:45a	ESE	
2	28.8	37.5	3:00p	23.9	6:00a	0	10.4	0	0	2.2	1:45p	S	
3	27.1	35.9	2:30p	23.9	3:00a	0	8.7	9.2	0	2.2	2:45p	SW	
4	25.4	30.9	5:00p	23.1	12:00m	0	6.8	1.4	0	2.2	5:15p	SSW	
5	25.1	30.3	4:15p	22.3	7:00a	0	6.7	1.4	0	1.8	2:45p	WSW	
6	25.5	34.2	3:15p	22.4	1:00a	0	7.2	0	0	4	3:30p	ESE	
7	24.1	27.9	5:15p	21.9	10:45p	0	5.7	2.4	0	3.1	9:15a	SW	
8	25	31.2	3:30p	21.3	7:30a	0	6.7	6.8	0	2.2	10:15a	SE	
9	25.8	34.3	4:00p	20.4	3:30a	0	7.5	0	0	3.1	2:45p	SE	
10	27.3	36	5:00p	20.4	5:45a	0	9	0	0	3.1	1:15p	N	
11	28.4	35.5	3:45p	24.1	7:00a	0	10.1	0	0	3.1	2:45p	ESE	
12	27.9	33.7	5:15p	24.6	6:15a	0	9.6	0	0	1.8	1:45p	ESE	
13	28.6	36.3	4:15p	23.3	6:45a	0	10.3	0	0	3.1	5:45p	SW	
14	26.1	31.1	1:30p	24.2	12:00m	0	7.8	11	0	2.7	1:45p	SW	
15	23.8	27.3	2:30p	21.9	7:30a	0	5.4	0.4	0	3.6	6:00a	SSW	
16	25.4	30.1	4:00p	21.5	3:00a	0	7.1	0.2	0	1.3	11:45a	SSW	
17	24.2	27.2	11:00a	22.7	12:00m	0	5.8	0	0	2.2	11:00a	SW	
18	26.8	33.6	4:15p	22.4	1:00a	0	8.4	0	0	2.2	12:45p	SW	
19	22.7	25.2	12:15a	20.9	7:30a	0	1.8	0	0	3.1	4:30a	SW	
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
-----													
	26.1	37.5	2	20.4	9	0	145.6	32.8	0	4	6	SW	

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE DICIEMBRE DE 2018												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
			TEMPERATURE: (-C),	RAIN (mm),	WINDSPEED (m/s)							
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			
						DAYS	DAYS		SPEED			DIR
1	26.2	33.3	15:00	22.2	07:00	0	7.8	0.4	0	3.1	19.15	S
2	22.4	23.6	0.15	20.4	23:45	0	4.1	13.2	0	1.8	00:45	SSW
3	24.1	30.6	3:15p	20.5	1:30a	0	5.7	0	0.1	2.7	12:30p	NNW
4	25.3	32.1	5:30p	20.7	4:45a	0	7	0	0	2.7	1:15p	NNW
5	26.5	34.2	4:45p	21	1:00a	0	8.2	0	0	2.2	11:45a	NE
6	25.9	31.6	6:00p	22.4	7:00a	0	7.5	0	0	1.8	1:00p	SSE
7	25.6	32.4	1:30p	21.7	7:00a	0	7.3	0	0.1	3.6	1:45p	SSW
8	26.6	33.3	4:15p	20.7	6:00a	0	8.2	0	0	2.2	12:15p	ENE
9	27.7	36.2	4:15p	21.9	4:45a	0	9.4	0	0.1	2.2	12:30p	NNW
10	29.3	36.9	4:45p	23.9	7:45a	0	11	0	0.1	2.7	2:00p	NNW
11	28.7	36.3	5:15p	23.8	5:00a	0	10.3	0	0	2.7	3:30p	NNE
12	28.7	36.3	3:30p	23.8	7:15a	0	10.4	0	0	3.1	2:15p	NE
13	24.1	28.2	4:45p	21.1	12:30p	0	5.7	13.6	0	5.4	9:30a	S
14	26.4	34.1	5:15p	21.3	2:00a	0	8.1	0.2	0	2.2	12:30p	N
15	25.8	29.7	2:00p	23.8	11:15p	0	7.5	0.4	0	1.8	1:00p	SSW
16	25.4	32.5	5:15p	21.2	6:30a	0	7.1	25.6	0	2.7	4:45a	SSE
17	25.1	31.2	5:00p	22.6	6:15a	0	6.7	13.8	0	2.2	4:15p	SSW
18	23.4	26.5	6:00p	22.1	12:00m	0	5.1	20.4	0	1.8	11:00a	S
19	23.9	30.7	2:15p	21.8	2:45a	0	5.6	27.8	0	3.6	4:15p	S
20	24.9	29.9	3:45p	22.2	6:45a	0	6.6	1.4	0	1.8	12:00p	S
21	25.5	31.7	3:00p	21.8	7:15a	0	7.2	0.4	0	2.2	5:00p	E
22	24.8	28.8	4:30p	23.3	4:15a	0	6.4	6.2	0	1.8	2:00p	E
23	25.4	31.2	5:00p	22.8	7:30a	0	7.1	0.6	0	2.7	2:00p	SE
24	22.8	24.2	6:15p	21	11:45p	0	4.4	17.2	0	2.7	12:45p	S
25	24.3	30.7	3:30p	20.3	3:30a	0	6	0.2	0	2.7	4:00p	WSW
26	25.7	33.9	4:00p	21.8	1:45a	0	7.4	0.6	0.1	2.7	3:15p	NNW
27	27.8	35	5:15p	23.5	7:30a	0	9.4	0	0.1	2.7	1:45p	NNW
28	26.7	32.5	5:15p	23.5	4:00a	0	8.3	1.4	0	1.8	1:15p	NE
29	26.6	32.3	4:45p	24.3	7:30a	0	8.2	0.6	0	1.8	12:45p	NE
30	25.8	30.5	5:45p	24.3	5:45a	0	7.5	13.2	0	2.7	12:45p	S
31	25.8	32.1	2:45p	23.4	6:45a	0	7.4	12.6	0	2.7	1:15p	SSW
-----												
	25.7	36.9	10	20.3	25	0	228.8	170	0	5.4	13	NNW

<b>REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE ENERO 2019</b>												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
		<b>TEMPERATURE:</b>	(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)					
0						<b>HEAT</b>	<b>COOL</b>	<b>RAIN</b>	<b>AVG</b>	<b>HIGH</b>	<b>TIME</b>	
<b>DAY</b>	<b>MEAN</b>					<b>DEG</b>	<b>DEG</b>		<b>WIND</b>			<b>DOM</b>
	<b>TEMP</b>	<b>HIGH</b>	<b>TIME</b>	<b>LOW</b>	<b>TIME</b>	<b>DAYS</b>	<b>DAYS</b>		<b>SPEED</b>			<b>DIR</b>
1	26.4	33.6	16:45	22.9	07:45	0	8.1	0.2	0	2.7	14:15	NNW
2	25.6	31.1	17:00	23.6	02:45	0	7.2	0	0	2.2	14:00	SSW
3	25.2	27.9	11:45a	23.6	11:45p	0	6.8	2.2	0	1.3	3:30p	SSW
4	24.4	28.3	6:00p	22.9	7:15a	0	6.1	34.2	0	1.8	1:00p	SSW
5	26.2	32.4	3:30p	22.6	6:30a	0	7.9	3	0	2.2	12:15p	NE
6	25.5	30.6	3:45p	23.1	11:00a	0	7.2	16.6	0	2.2	3:45p	NNW
7	25.8	30.6	4:15p	23.6	7:45a	0	7.4	6.2	0	1.3	11:45a	NNE
8	24.4	26.3	12:45p	23.1	11:45p	0	6.1	19.8	0	1.8	9:15a	SE
9	25.7	32.7	3:30p	23.1	8:30a	0	7.3	25.4	0	3.6	6:30p	E
10	22.9	24.5	12:15a	21.4	2:15p	0	4.6	18.8	0	4	12:45p	SSW
11	22.9	28.6	3:00p	21.1	12:00m	0	4.6	21.4	0.1	4	5:00p	SSW
12	24.4	30.6	4:00p	20.8	7:15a	0	6.1	0.4	0	2.2	1:15p	S
13	25.6	33.5	5:00p	22.2	6:00a	0	7.3	0	0	2.7	11:45a	S
14	26.2	33.7	4:15p	23.2	6:30a	0	7.9	0.4	0	2.2	5:15p	SSW
15	26.3	33.2	3:30p	22.3	2:30a	0	8	0	0	2.7	2:15p	ENE
16	24.5	31.7	1:30p	22.1	7:15a	0	6.2	12.4	0	2.2	1:15p	SSE
17	25.8	32.8	3:15p	22.3	6:30a	0	7.4	0.4	0	2.7	2:00p	NNW
18	25.7	32.7	2:45p	22.8	7:45a	0	7.4	2	0	2.2	1:30p	E
19	24.9	30.7	2:45p	22.6	7:15a	0	6.6	3.2	0.1	4.9	10:45a	SSW
20	25.9	32.9	3:45p	21.7	6:45a	0	7.6	0	0	2.7	6:00p	SSW
21	27.2	34.1	5:45p	22.6	7:45a	0	8.9	3.6	0	2.2	1:00p	SSW
22	24.6	29.8	6:00p	22.8	12:00m	0	6.3	15	0	1.8	7:15a	S
23	25.9	34.7	4:00p	22.1	2:00a	0	7.4	0	0	2.2	11:45a	S
24	28.2	36.2	4:30p	22.6	6:45a	0	9.9	0	0	2.2	9:30a	N
25	26.6	34.1	5:00p	22.3	7:15a	0	8.3	6	0	2.7	12:45p	NNE
26	26.9	35.9	3:45p	21.1	5:15a	0	8.6	0	0	2.2	10:45a	NE
27	26.3	35.8	3:15p	22.4	6:00a	0	8	3.8	0	3.6	4:15p	NE
28	25.4	29.1	4:45p	22.3	7:00a	0	7.1	12.8	0	1.8	10:00a	WNW
29	25.3	30.4	2:30p	22.3	5:15a	0	6.9	16.6	0	2.7	2:00p	S
30	23.5	27.6	11:45a	21.7	10:45p	0	5.2	12.4	0.1	4	3:30p	S
31	23	28.4	2:45p	21.6	2:00a	0	4.7	18.6	0	1.8	3:45p	SSW
-----												
	25.4	36.2	24	20.8	12	0	218.9	256	0	4.9	19	SSW

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE FEBRERO 2019												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
			TEMPERATURE: (-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)					
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR
						DAYS	DAYS		SPEED			
1	22.7	24.6	16:00	21.7	07:15	0	4.4	34.2	0	2.2	15:45	SSE
2	21.8	22.8	16:30	20.9	22:30	0	3.5	49.8	0	3.1	02:30	S
3	23.7	29.5	4:15p	21	1:45a	0	5.3	0.6	0	2.2	6:15p	SW
4	25.6	32.8	3:30p	21.8	1:00a	0	7.2	0	0.1	3.1	6:30p	N
5	24.2	31.1	2:15p	22.1	6:45a	0	5.9	38.8	0	4.9	2:30p	S
6	25.4	31.6	1:00p	22.1	1:30a	0	7.1	11	0	3.6	2:15p	SE
7	26.6	33.8	3:45p	22.4	5:45a	0	8.2	0	0	2.2	10:00a	SSE
8	26.5	34.7	3:00p	22.4	3:30a	0	8.2	0	0.1	4.5	3:30p	NNW
9	26.7	34.9	3:15p	22.9	7:00a	0	8.4	0	0.1	2.7	12:30p	N
10	26.8	34.7	3:45p	23	11:45p	0	8.5	23.6	0.1	3.1	9:30p	NNW
11	26.1	32.9	3:45p	22.2	7:30a	0	7.8	38.8	0	2.2	2:45a	NNW
12	26.1	31.8	3:15p	23.5	6:30a	0	7.8	10.4	0	2.2	4:45p	NNE
13	24	27.3	3:15p	22.4	5:30a	0	5.7	40	0	1.8	1:45a	S
14	24.4	28.8	2:30p	22.1	4:45a	0	6.1	3.6	0	1.8	2:45p	SE
15	24.7	29.8	3:30p	22.9	6:30a	0	6.4	17.6	0	2.7	10:15a	S
16	23.3	25.9	5:00p	20.9	11:15p	0	4.9	7.6	0.1	3.6	7:45a	S
17	24.8	32.4	4:30p	21	12:15a	0	6.4	0	0	2.2	11:45a	SW
18	25.9	32.7	3:00p	22	12:15a	0	7.6	0	0	2.7	1:00p	NNW
19	26.4	33	2:30p	23.6	7:00a	0	8.1	2.4	0	2.2	3:00p	SE
20	24.7	29.9	5:30p	22.2	12:00m	0	6.4	43	0	2.2	5:15a	SSE
21	25.8	33.7	3:15p	22	12:30a	0	7.4	2	0.1	2.7	11:00a	NNW
22	27.4	35.2	3:00p	23.4	7:00a	0	9.1	0	0.1	4	3:15p	NNW
23	28	36	4:30p	24.1	7:00a	0	9.7	0	0	2.2	10:15a	N
24	25.1	29.8	4:45p	22.3	10:15a	0	6.7	10.6	0	3.1	1:45p	S
25	26.6	33.1	4:30p	22.6	1:15a	0	8.2	0	0	2.2	12:15p	SW
26	25.7	30.1	2:45p	23.1	8:30a	0	7.3	5.8	0	1.8	2:45p	NNE
27	23.4	27.4	5:15p	21.5	6:45a	0	5.1	10.8	0.1	2.7	1:00a	S
28	23.4	26.8	2:00p	20.9	11:15p	0	5.1	0	0	2.7	1:45p	SSW
-----												
	25.2	36	23	20.9	2	0	192.5	351	0	4.9	5	S

### REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE MARZO 2019

**NAME:** EES-Sapecho **CITY:** La Paz **STATE** Bolivia

67° 32' 00"

**ELEV:** 420 m **LAT:** 15° 56' 00" S

**LONG:** W

TEMPERATURE: (-C), RAIN (mm), WINDSPEED (m/s)

DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM DIR
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			
						DAYS	DAYS		SPEED			
1	24.6	32.2	15:30	20.9	00:15	0	6.3	6	0.1	3.1	12:45	NNW
2	26.6	34.8	16:15	2.15	00:00	0	8.2	0	0	2.2	13:00	SSW
3	24.8	28.1	5:00p	22.2	12:00m	0	6.5	0.2	0.1	7.2	8:00a	SSW
4	26.2	34.2	4:15p	21.7	2:30a	0	7.9	0.2	0	2.2	2:30p	SSW
5	27.6	34.4	3:30p	23.3	12:15a	0	9.3	0.4	0	2.2	10:30a	NNE
6	24.9	28.1	12:30p	22.7	12:00m	0	6.6	4.2	0	2.7	11:30a	SSW
7	25.6	32.6	4:45p	21.6	4:45a	0	7.2	0	0	2.2	12:30p	NE
8	27.7	34.8	2:45p	24	7:00a	0	9.3	1.6	0	3.6	3:15p	NNW
9	24.6	29.2	1:00p	22.6	8:00p	0	6.2	18	0	2.7	11:30a	SE
10	24.3	30.9	3:30p	21.7	5:00a	0	6	1.6	0	2.7	12:45p	S
11	24.7	30.8	4:15p	21.9	2:45a	0	5.4	0	0	1.3	10:15a	S
12	25.4	29.6	1:15p	23.1	5:30a	0	7.1	0.6	0	2.2	1:00p	N
13	24.8	29.6	1:45p	22.8	10:45p	0	6.5	4	0	1.8	1:45p	SSW
14	26.4	34	4:45p	22.6	5:45a	0	8.1	0.8	0	2.2	5:00p	SSE
15	25.7	32	3:00p	23.1	10:00p	0	7.3	1.2	0	2.2	8:30a	N
16	25.6	32.8	2:45p	22.4	6:45a	0	7.2	0	0	2.2	1:30p	S
17	25.8	31.7	4:45p	23.4	4:30a	0	7.5	2	0	1.8	1:45p	NNE
18	26.3	32.7	2:45p	23.2	6:45a	0	7.9	2	0	2.2	2:45p	NNE
19	27.1	33.4	3:45p	23.8	3:15a	0	8.8	0	0	2.2	6:30p	NNW
20	25.7	29.7	1:45p	22.9	6:30a	0	7.4	0.8	0	2.2	12:15p	NE
21	24.1	30	3:45p	21.3	7:00a	0	5.7	18.4	0	1.8	1:45a	SSW
22	23.8	28.9	12:45p	21.7	4:45a	0	5.5	0.4	0	0.9	4:30p	SE
23	24.4	29.2	12:45p	21.4	7:00a	0	6.1	0	0	1.8	11:00a	NNE
24	25.2	31.6	4:30p	21.9	6:15a	0	6.9	0.2	0	1.8	11:45a	NE
25	23.4	28.1	4:15p	21.3	10:15a	0	5.1	56.2	0	4.5	9:15a	SSW
26	23.1	30	5:00p	21.4	2:45a	0	3.3	0	0	2.2	8:30p	SSE
27	24	28.5	3:15p	21.9	6:30a	0	5.7	20.4	0	1.8	11:15a	S
28	25.8	33.6	4:15p	21.6	7:00a	0	7.5	0	0	2.2	11:30a	NNW
29	23.3	27.7	3:00p	20.5	5:45a	0	4.9	0	0	1.8	12:00p	ESE
30	25.1	31.7	2:30p	21.2	1:45a	0	6.7	0	0	2.2	1:30p	NNW
31	26.8	34.1	4:15p	22.7	12:45a	0	8.4	0	0.1	2.7	11:00a	NNW
-----												
	25.3	34.8	8	20.5	29	0	212.6	139	0	7.2	3	SSW

<b>REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE ABRIL 2019</b>												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
		<b>TEMPERATURE:</b>	(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)					
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR
						DAYS	DAYS		SPEED			
1	25.2	28.5	12:45	23.3	06:45	0	6.8	9.8	0	0.4	06:15	ESE
2	26.6	32.1	15:15	2.3	04:00	0	8.2	0	0	2.2	11:15	S
3	26	32.5	2:30p	23.3	4:15a	0	7.7	1.8	0	2.2	1:30p	SSW
4	25.1	31.1	4:30p	22.3	9:00a	0	6.8	34.4	0	2.7	11:00a	SSW
5	25.9	33.4	4:00p	23.4	5:45a	0	7.6	6.2	0.1	3.6	7:45p	SSW
6	23.3	29.2	3:15p	20.2	12:00m	0	5	0.4	0	1.8	12:15p	W
7	23.2	29.8	3:15p	19.6	1:15a	0	4.8	0	0	2.2	12:45p	N
8	23.4	31.7	4:30p	19.2	12:00m	0	5.1	0	0	2.7	2:00p	NNE
9	22.8	31.5	3:30p	18	2:45a	0	4.6	0	0	2.2	10:45a	NNW
10	23.3	32.9	3:45p	18.8	2:30a	0	4.9	0	0	2.2	12:15p	NNW
11	24.1	32.1	3:15p	19.1	6:30a	0	5.8	0	0	2.2	11:30a	N
12	23.6	29.4	2:00p	19.6	4:15a	0	5.2	0	0	2.2	1:45p	S
13	24.2	29.4	4:15p	21.4	5:00a	0	5.9	3.2	0	2.7	12:45p	NNE
14	26.2	34.1	4:45p	21.7	12:30a	0	7.8	0	0	2.2	9:45a	NNW
15	26.6	34.4	3:45p	21.9	6:00a	0	8.2	0	0	2.7	1:15p	N
16	25.5	30.9	4:00p	22.1	10:00p	0	7.1	9	0	4.9	9:15p	S
17	24.8	30.1	2:15p	22.1	12:15a	0	6.4	9.4	0	1.8	11:45a	S
18	25.6	32.7	2:45p	22.5	12:15a	0	7.2	4.4	0	2.2	4:45p	WSW
19	26.1	33.1	2:30p	22.8	3:15a	0	7.8	0	0	1.8	12:15p	SSW
20	26.4	33.8	4:15p	23.7	3:00a	0	8.1	0	0	1.8	2:00p	NNE
21	27.1	34.2	2:30p	23.7	4:45a	0	8.8	0	0	2.2	1:15p	SE
22	27.3	33.1	2:15p	23.8	4:30a	0	9	0	0	2.2	12:00p	SE
23	24.1	27.9	4:00p	21.6	7:00a	0	5.7	18.8	0.1	4	6:45a	S
24	24.4	29.2	3:15p	22.5	6:00a	0	3.9	0	0.1	2.7	10:15a	SSW
25												
26												
27												
28												
29												
30												
-----												
	25.03	31.546	0.583333	20.788		9	0	158.4	97.4	0	4.9	16 NNW

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE MAYO 2019												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
			TEMPERATURE: (-C),		RAIN (mm),	WINDSPEED (m/s)						
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR
						DAYS	DAYS		SPEED			
1												
2												
3												
4												
5												
6	28.5	34.7	4:30p	22.8	12:00m	0	6.4	0	0	1.8	1:15p	NE
7	26.1	34.2	3:30p	22.2	3:00a	0	7.8	0	0	2.2	12:00p	SE
8	24.8	32.2	4:15p	22.6	2:15a	0	5.8	0	0	2.2	10:45a	NNW
9	26.2	32.7	1:30p	23.4	2:00a	0	7.9	0	0	2.7	11:30a	N
10	26.6	31.4	3:30p	23.8	3:45a	0	8.2	0	0	2.2	10:45a	SE
11	25.1	28.1	2:30p	23.3	12:00m	0	6.7	3.4	0	2.2	5:00p	SSW
12	21.2	23.3	12:15a	20.1	8:00a	0	2.8	9	0	2.7	1:45a	S
13	22	25.8	2:45p	19.7	5:45a	0	3.5	1.8	0	1.8	12:00p	ENE
14	21.9	26.7	4:30p	19.7	6:00a	0	3.6	0	0	1.8	2:00p	W
15	23.2	29.3	4:00p	20.1	12:15a	0	4.8	0	0	2.2	12:45p	N
16	22.2	27.2	2:15p	19.6	6:00a	0	3.8	0	0	2.2	1:00p	SE
17	22.8	29	3:00p	19.6	7:00a	0	4.4	0	0	1.8	12:15p	NE
18	23.4	29.9	3:00p	20.4	6:45a	0	5.1	0	0	2.2	12:30p	NNE
19	24.1	30.2	2:00p	21.1	6:45a	0	5.8	0	0	1.8	10:15a	SSW
20	26.5	28.1	5:00p	25.3	9:00a	0	8.2	0	0	0	---	---
21	27.2	28.9	4:15p	25.6	7:30a	0	8.9	0	0	0	---	---
22	27.3	28.1	7:15p	26.4	7:45a	0	8.9	0	0	0	---	---
23	26.7	27.4	12:15a	26	11:45p	0	8.3	0	0	0	---	---
24	24.9	26	12:15a	24.2	11:45p	0	6.6	0	0	0	---	---
25	24.7	26.3	6:15p	23.4	7:30a	0	6.3	0	0	0	---	---
26	25.5	27.2	6:15p	24.2	7:45a	0	7.2	0	0	0	---	---
27	26.7	28.2	5:45p	25.5	8:00a	0	8.4	0	0	0	---	---
28	27.3	28.9	6:15p	26	7:45a	0	9	0	0	0	---	---
29	27.3	28.7	6:45p	26.2	8:00a	0	8.9	0	0	0	---	---
30	27.1	28.7	6:15p	25.8	8:15a	0	8.8	0.2	0	0	---	---
31	27.3	27.8	3:00p	26.7	7:30a	0	9	0.8	0	0	---	---
----	----	-----				-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	25.25	28.808		23.219		0	175.3	15.2	0	2.7	9	NNW



REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE JULIO 2019												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W						
		<b>TEMPERATURE:</b>	(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)					
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR
						DAYS	DAYS		SPEED			
1	26.4	31.8	14:00	22	00:00	0	5.6	0	0	2.2	13:30	N
2	25.3	33.1	15:30	21.4	01:00	0	7	0	0	2.2	11:30	SE
3	24.8	29.8	11:15	21.6	04:15	0	6.4	0	0	3.1	17:00	S
4	23.8	26.1	13:30	22.6	06:00	0	5.5	3.8	0	0.9	11:15	SSW
5	19.3	23.6	00:30	15.7	00:00	0.3	1.3	23	0.2	4.5	07:00	SSW
6	16.4	20.3	13:15	14.5	09:00	2.1	0.2	1.2	0	2.2	08:45	E
7	18	21.8	12:15	15.2	00:15	1.3	0.9	0	0	1.8	10:30	NNW
8	19.8	27.5	16:15	16.3	05:15	0.6	2.1	0	0	1.8	11:30	E
9	21.8	29.9	16:00	17	00:30	0.1	3.6	0	0	1.8	11:00	E
10	22.7	30.8	16:30	18.6	00:00	0	4.4	0	0	2.2	12:45	NE
11	22.5	31.4	16:15	18.4	03:00	0	4.2	0	0	2.2	13:00	SSE
12	23.1	31.4	15:45	18.7	07:00	0	4.8	0	0	1.3	12:00	N
13	23.9	31.9	16:45	20.5	07:00	0	5.6	0	0	1.8	11:15	NNW
14	23.9	30.7	13:30	19.8	06:45	0	5.6	0	0	2.2	12:30	E
15	24.2	31.6	16:00	20.9	06:00	0	5.8	0.2	0	1.8	09:30	SSW
16	21.4	22.6	12:30	19.8	21:45	0	3.1	2.8	0	1.8	05:30	SE
17	21.8	28.3	16:30	18.6	23:45	0	3.4	0	0	0	---	---
18	23.2	31.1	16:30	18.4	01:00	0	4.9	0	0	0	---	---
19	23.9	32.1	16:15	20.6	07:00	0	5.6	0	0	0	---	---
20	24.2	32.6	16:30	20.1	02:45	0	5.9	0	0	0	---	---
21	24.9	33.4	15:45	19.7	06:45	0	6.6	0	0	0	---	---
22	23.7	30.3	15:45	20.2	04:00	0	5.4	0.2	0	0	---	---
23	24.4	31.9	13:30	21.8	22:00	0	6.1	0.8	0	0	---	---
24	20.7	23.1	14:15	17.1	20:30	0.2	2.6	7.2	0	2.7	12:45	S
25	18.1	19.3	14:15	17	00:00	0.4	0.2	0.6	0	0	---	---
26	20	26.5	15:30	16.3	01:15	0.5	2.2	0	0	0.4	14:45	ENE
27	19.9	26.8	15:45	16.4	23:45	0.4	2.1	0	0	0	---	---
28	20.7	28.1	16:45	16.4	00:15	0.3	2.7	0	0	0	---	---
29	21.7	29.8	16:15	17.4	00:15	0.1	3.4	0	0	0	---	---
30	23.7	33	15:45	18.7	01:45	0	5.3	0	0	2.2	14:45	ESE
31	23.6	33.9	16:15	18.1	04:45	0	5.3	0	0	1.8	10:30	SE
	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	22.32	28.855	0.611895	18.703	6	6.3	127.8	39.8	0	4.5	5	NNW

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE AGOSTO 2019													
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia								
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W							
			TEMPERATURE: (-C),	RAIN (mm),	WINDSPEED (m/s)								
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM	
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR	
						DAYS	DAYS		SPEED				
1	24.1	33.4	16:00	19.1	01:30	0	5.7	0	0	1.8	12:45	NW	
2	21.1	29.7	12:15	16.1	21:45	0.3	3	8.2	0.1	2.7	12:45	SSW	
3	17.4	24.2	16:45	13.4	00:00	1.9	1	1	0	1.3	11:15	SSW	
4	17.4	26.9	16:15	11.9	00:00	2.6	1.7	0.2	0	1.8	10:30	ESE	
5	16.6	28.2	16:45	9.4	06:45	3.7	1.9	0.2	0	2.2	14:00	ENE	
6	17.2	30	16:45	10.4	03:30	3.4	2.4	0	0	1.3	10:30	NNW	
7	18.3	32.4	16:45	9.6	06:15	3.1	3	0	0	1.8	11:15	W	
8	20.6	32.9	16:30	13	04:15	1.7	3.9	0.2	0	1.8	10:15	NNW	
9	22.5	33.3	16:15	15.2	04:15	0.8	5	0	0	2.2	12:45	WSW	
10	23.5	33.1	15:30	17.9	03:45	0	5.2	0	0	1.8	13:15	SE	
11	23.9	32.1	16:15	19.4	04:30	0	5.6	0	0	2.2	13:15	SE	
12	24.2	32.6	15:00	18.3	05:00	0	5.8	0	0	1.8	14:15	SW	
13	21.4	24.1	15:30	19.4	03:00	0	3.1	2.4	0	1.3	14:15	N	
14	22.4	28.9	16:15	17.6	00:00	0	4.1	0	0	1.8	11:45	ENE	
15	21	31.1	15:30	14.6	05:30	1.1	3.7	0	0	2.2	11:30	NW	
16	21.7	33.3	16:30	15	04:15	0.9	4.2	0.2	0	1.8	12:00	N	
17	21.8	33.8	16:00	13.9	06:30	1.2	4.6	0	0	2.2	14:45	NNW	
18	23.1	34.3	16:30	15.6	05:30	0.6	5.3	0	0	2.2	15:15	NNW	
19	24.3	31.9	14:00	20.6	06:00	0	5.9	0	0	2.2	22:30	SSW	
20	23.2	28.6	16:00	20.6	07:00	0	4.8	0	0	2.2	12:30	SW	
21	22.6	31.4	16:00	17.8	06:30	0.1	4.3	0	0	1.8	13:00	SW	
22	23.6	35.1	16:00	15.9	06:30	0.4	5.6	0	0	1.8	10:30	N	
23	24.3	33.4	15:00	18.9	00:00	0	5.9	0	0	2.2	14:15	E	
24	23.2	33.9	16:15	16.2	05:15	0.3	5.3	0	0	2.2	14:15	NNW	
25	24.2	34.4	16:15	18.6	06:45	0	5.9	0	0	1.8	10:30	SW	
26	25.1	34.5	16:00	19.6	06:45	0	6.8	0	0	2.2	14:00	ENE	
27	24.4	33.7	14:45	18.5	06:30	0	6.1	0	0.1	3.6	10:30	ENE	
28	24.9	34.9	15:30	19	04:30	0	6.6	0	0	2.7	12:30	ENE	
29	24.7	35.9	15:45	17.3	05:30	0.1	6.4	0	0	2.7	16:00	NNW	
30	25.6	36.1	16:30	17.8	06:30	0	7.3	0	0	2.2	13:30	SSW	
31	26.4	36.3	14:45	19.2	06:45	0	8.1	0	0	2.7	14:45	SSE	
	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
	22.41	32.077	0.658602	16.445	5	22.1	148.4	12.4	0	3.6	27	NNW	

REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE SEPTIEMBRE 2019													
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia								
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>		67° 32' 00" W							
			TEMPERATURE: (-C),	RAIN (mm),	WINDSPEED (m/s)								
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM	
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR	
						DAYS	DAYS		SPEED				
1	23.6	29.3	16:15	19.7	05:45	0	5.2	43.2	0.1	4.5	02:15	SSW	
2	24.2	31.9	15:15	19.8	07:00	0	5.9	0	0	2.7	13:45	NE	
3	23.6	32.3	14:45	17.9	07:00	0	5.3	0.4	0	1.8	09:30	W	
4	23.4	27.6	14:30	20.8	00:00	0	5.1	17	0	2.2	14:30	SSW	
5	25.1	33.1	15:45	20.4	01:30	0	6.7	0	0	2.2	09:45	E	
6	25.7	34.9	16:45	21.1	04:15	0	7.4	0	0	2.2	09:45	E	
7	24.4	33.7	16:00	18.9	06:30	0	6.1	0	0	1.8	11:45	WSW	
8	22.6	27.2	16:30	20.1	03:15	0	4.3	0	0	2.2	14:45	WSW	
9	24.1	33.2	16:15	18.8	04:15	0	5.7	0.2	0	1.8	14:30	SW	
10	24.7	33.2	15:30	19.3	05:15	0	6.3	6.6	0	3.1	18:00	E	
11	25.3	34.4	16:30	21.4	04:30	0	7	0	0	1.8	15:15	WSW	
12	22.4	25.7	13:00	21.3	22:15	0	4.1	11.8	0.1	4	14:15	S	
13	23.1	29.1	15:45	20.5	23:15	0	4.8	0	0	1.8	11:45	NE	
14	25.3	34.9	16:15	20.4	00:30	0	7	0	0	2.2	13:45	NNW	
15	25.7	37.1	16:00	18.3	06:30	0	7.4	0	0	2.2	13:30	SE	
16	26.4	37.6	16:15	18.8	06:30	0	8.1	0	0	2.2	10:30	NNE	
17	25.2	36.6	14:30	19.3	06:45	0	4.1	0	0	2.2	13:45	ENE	
18													
19													
20													
21													
22													
23	28.5	35.8	15:30	20	00:00	0	6.6	0	0	2.2	12:30	ENE	
24	25.8	37.2	16:45	17.4	06:15	0.1	7.5	0	0	1.8	09:15	N	
25	26.7	36.8	15:00	18.9	06:30	0	8.4	0	0.1	5.4	22:00	SSW	
26	23.9	27.9	15:15	19.3	00:00	0	5.6	0.2	0	2.7	01:15	N	
27	24.3	34.8	16:15	17.3	04:15	0.2	6.1	0	0	2.2	12:00	ENE	
28	26.3	37.6	16:00	19.7	06:30	0	8	0	0	2.7	17:30	ESE	
29	26.2	38.1	16:00	17.7	06:30	0.1	7.9	0	0	2.7	15:15	NE	
30	26.9	38.1	15:00	19.1	06:30	0	8.6	0	0	4	16:45	E	
Max	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
Max	24.94	33.524	0.6525	19.448	27	0.3	159	79.4	0	5.4	25	SSW	

<b>REPORTE CLIMATOLOGICO MENSUAL DEL MES DE OCTUBRE 2019</b>												
<b>NAME:</b>	EES-Sapecho	<b>CITY:</b>	La Paz	<b>STATE</b>	Bolivia							
<b>ELEV:</b>	420 m	<b>LAT:</b>	15° 56' 00" S	<b>LONG:</b>	67° 32' 00" W							
		<b>TEMPERATURE:</b>	(-C),	<b>RAIN</b>	(mm),	<b>WINDSPEED</b>	(m/s)					
DAY	MEAN					HEAT	COOL	RAIN	AVG	HIGH	TIME	DOM
	TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	DEG	DEG		WIND			DIR
						DAYS	DAYS		SPEED			
1	24.6	30.6	11:30	21.7	04:45	0	6.2	13.6	0	4	12:30	WSW
2	24.4	32.3	14:00	20.3	06:15	0	6.1	8.2	0	3.1	16:45	SW
3	23.7	27.9	15:00	21.9	06:30	0	5.4	20.2	0	1.8	08:30	SSW
4	25.3	32.1	16:30	22	02:30	0	6.9	0	0	1.8	12:45	ENE
5	23.7	30.7	14:00	20.9	02:15	0	5.4	22.2	0	3.1	14:15	ENE
6	19.2	21.6	00:15	18.4	00:00	0	0.9	12	0	3.1	01:45	SSW
7	21.3	27.2	16:30	18.1	04:00	0	3	0	0	1.8	11:45	S
8	23.9	33.7	15:30	17.7	01:15	0.1	5.7	0.2	0	2.7	15:00	NNW
9	26.5	36.9	16:15	19.5	06:00	0	8.2	0	0	1.8	09:30	SSW
10	26.3	37.9	16:15	18.4	06:00	0	7.9	0	0	2.2	12:30	ENE
11	26.1	36.3	14:30	18	05:45	0	7.7	0	0	2.2	14:00	ENE
12	26.8	35.9	13:30	19.8	05:45	0	8.4	0	0	2.7	15:45	E
13	26.9	36.2	14:30	20.2	06:00	0	8.6	0	0	2.2	14:15	E
14	26.6	36.1	14:00	20.1	06:00	0	8.2	0	0	3.6	20:00	S
15	22.8	24.7	11:15	20.7	23:00	0	4.5	8.2	0.1	3.6	12:00	SSW
16	24.3	30.7	14:00	21	00:15	0	6	0.6	0	0	---	---
17	25.6	34.3	13:45	19.6	04:45	0	7.2	0	0	0	---	---
18	24.4	28.9	10:30	21.6	00:00	0	6.1	0.2	0	0	---	---
19	23.3	28.4	16:15	21.3	05:30	0	4.9	13	0	0.4	12:45	S
20	25.5	33.2	16:15	21	00:00	0	7.2	0.4	0	0	---	---
21	26.6	35.7	15:15	20.4	05:45	0	8.3	0	0	0	---	---
22	23.3	23.8	08:45	22.7	05:45	0	1.9	0	0	0	---	---
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	24.6	31.595	0.564867	20.241	8	0.1	134.8	98.8	0	4	1	SSW

## Anexo 6: Programación de riego

		Pp		ETo						
fecha	DDI E	pp(mm/de c)	Kc	mm/de c	Etc (mm)	CC (mm)	PMP (mm)	Pw (mm)	Riego (mm)	L. agua (mm)
oct-3	10	22,40	0,75	61,46	46,10	146,25	61,88	104,06	0,00	146,25
nov-1	20	54,40	0,75	67,7	50,78	146,25	61,88	104,06	0,00	149,88
	2	21,20	0,75	65,06	48,80	146,25	61,88	104,06	0,00	122,28
	3	11,60	0,75	61,02	45,77	146,25	61,88	104,06	42,19	130,30
dic-1	50	11,60	0,75	63,69	47,77	146,25	61,88	104,06	42,19	136,32
	1	60,00	0,75	63,27	47,45	146,25	61,88	104,06	0,00	148,87
	2	60,00	0,75	63,8	47,85	146,25	61,88	104,06	0,00	161,02
ene-1	80	40,40	0,75	67,69	50,77	146,25	61,88	104,06	0,00	150,65
	2	126,40	0,75	64,03	48,02	146,25	61,88	104,06	0,00	229,03
	3	40,20	0,75	69,33	52,00	146,25	61,88	104,06	0,00	217,23
feb-1	110	88,80	0,75	61,19	45,89	146,25	61,88	104,06	0,00	260,14
	2	158,00	0,75	61,9	46,43	146,25	61,88	104,06	0,00	304,25
	3	163,40	0,75	50,14	37,61	146,25	61,88	104,06	0,00	309,65
mar-1	140	29,20	0,75	59,81	44,86	146,25	61,88	104,06	0,00	293,99
	2	32,20	0,75	60,96	45,72	146,25	61,88	104,06	0,00	280,47
	3	11,40	0,75	63,7	47,78	146,25	61,88	104,06	0,00	244,10
abr-1	170	95,60	0,75	52,47	39,35	146,25	61,88	104,06	0,00	300,35
	2	52,60	0,75	53,12	39,84	146,25	61,88	104,06	0,00	313,11
	3	26,00	0,75	47,23	35,42	146,25	61,88	104,06	0,00	303,68
may-1	200	18,80	0,75	49,32	36,99	146,25	61,88	104,06	0,00	285,49
	2	0,00	0,75	41,98	31,49	146,25	61,88	104,06	0,00	254,01
	3	14,20	0,75	47,7	35,78	146,25	61,88	104,06	0,00	232,43
jun-1	230	1,00	0,75	39,31	29,48	146,25	61,88	104,06	0,00	203,95
	2	1,40	0,75	47,48	35,61	146,25	61,88	104,06	0,00	169,74
	3	0,00	0,75	37,52	28,14	146,25	61,88	104,06	0,00	141,60
jul-1	260	0,00	0,75	43,05	32,29	146,25	61,88	104,06	0,00	109,31
	1	28,00	0,75	47,92	35,94	146,25	61,88	104,06	42,19	143,56
	2	3,00	0,75	43,35	32,51	146,25	61,88	104,06	0,00	114,05
ago-1	290	8,80	0,75	51,04	38,28	146,25	61,88	104,06	42,19	126,76
	2	9,80	0,75	47,19	35,39	146,25	61,88	104,06	42,19	143,35
	3	2,60	0,75	60,55	45,41	146,25	61,88	104,06	42,19	142,73
sep-1	320	0,00	0,75	57,75	43,31	146,25	61,88	104,06	42,19	141,60
	2	32,00	0,75	59,07	44,30	146,25	61,88	104,06	0,00	129,30

3	340	11,80	0,75	63,55	47,66	146,25	61,88	104,06	42,19	135,62
oct-1	350	0,20	0,75	64,57	48,43	146,25	61,88	104,06	42,19	129,58
2	360	76,40	0,75	61,46	46,10	146,25	61,88	104,06	0,00	159,89