

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Tema: “Manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura.”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Agropecuaria

AUTOR: Goyes Rodríguez Henry Vladimir

TUTOR: Ing. Ortiz Tirado Paúl Santiago, MSc.

Tulcán, 2024.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante Goyes Rodríguez Henry Vladimir con el número de cédula 0401192356 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura."

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

Ing. Ortiz Tirado Paúl Santiago, MSc.

TUTOR

Tulcán, febrero del 2024.

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo Goyes Rodríguez Henry Vladimir, con cédula de identidad número 0401192356 declaro que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.



Goyes Rodríguez Henry Vladimir

AUTOR

Tulcán, febrero del 2024.

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo Goyes Rodríguez Henry Vladimir, declaro ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura "y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Goyes Rodríguez Henry Vladimir

AUTOR

Tulcán, febrero del 2024.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, a los docentes que tuvieron la gran responsabilidad y paciencia para compartir sus conocimientos durante el transcurso de la vida estudiantil

Un especial reconocimiento al MSc. Paúl Ortiz, director de Tesis quien condujo esta investigación con solvencia profesional y oportunas orientaciones hasta culminar con éxito inspirando la confianza necesaria para salir adelante con este trabajo de grado. A mis padres, quienes con infinito amor a través de la vida han sido mi mayor fortaleza, guiándome con su ejemplo de trabajo y honestidad, por todo su esfuerzo y constante apoyo, lo que me ha permitido alcanzar un sueño para servir a la sociedad.

Henry Goyes

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado en especial al Creador de todo cuanto existe en el universo, a DIOS, por haberme permitido ser parte de su plan de vida, dándome la oportunidad de compartir con las personas más bellas amorosas y de gran significado para mí, como son mis padres quienes con su voz de aliento supieron darme ánimo en cada momento de mi existencia siendo ellos la luz y el camino por lo que les consagro en mi corazón.

Henry Goyes

ÍNDICE

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
I. EL PROBLEMA	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
1.4.3. Preguntas de Investigación.....	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Cultivo de naranja variedad Washington Navel	24
2.2.1.1. Origen.....	24
2.2.1.2. Importancia	24
2.2.1.3. Descripción Taxonómica	24
2.2.1.4. Generalidades	24
2.2.1.5. Etapas Fenológicas del cultivo de naranja	28
2.2.1.6. Tipo de suelo.....	28
2.2.1.7. Necesidades hídricas.....	28
2.2.1.8. Necesidades edafoclimáticas y nutricionales	29
2.2.2. Métodos de Riego	29
2.2.2.1. Riego por Goteo	29
2.2.2.2. Descripción del Método de Riego por Goteo	29

2.2.2.3. Ventajas.....	30
2.2.2.4. Falta de Tecnificación de riego	31
2.2.3. Requerimientos hídricos del cultivo de naranja	31
2.2.3.1. Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo	31
2.2.3.2. Método de PENMAN	31
2.2.4. Características de la zona	32
2.2.4.1. Zonas con deficiencia de agua	32
2.2.4.2. Zona con erosión hídrica.....	33
III. METODOLOGÍA.....	34
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	34
3.1.1. Cuantitativa.....	34
3.1.2. Tipos de investigación.....	34
3.1.2.1 Descriptiva.....	34
3.1.2.2. Bibliográfica/documental.....	35
3.1.2.3. Experimental.....	35
3.1.2.4. De campo	35
3.2. HIPOTESIS.....	36
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	38
3.4.1. Ubicación del ensayo.....	38
3.4.2. Clima de la zona	38
3.4.3. Datos Edáficos de la parroquia San Antonio de Ibarra	38
3.4.3.1. Textura.....	38
3.4.4. Descripción y características del experimento	39
3.4.5. Tratamientos.....	39
3.5. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.5.1. Preparación del sitio	39
3.5.2. Implementación de los sistemas de riego	39

3.5.3. Delimitación en las parcelas	41
3.5.4. Materiales utilizados en los tratamientos	43
3.5.5. Cálculo de los requerimientos hídricos.....	44
3.5.6. Cálculo de lámina y tiempos de riego aplicados.	44
3.5.7. Datos del cultivo implementado	54
3.5.8. Datos de los emisores	55
3.5.8.1. Gotero Autocompensante PC de la industria NETAFIM:	55
3.5.8.2. Microaspersor de 30 lt/h GRI de la Industria NETAFIM:	56
3.6. VARIABLES A EVALUAR.....	56
3.6.1. Número de frutos	56
3.6.2. Peso del fruto	56
3.6.3. Grados Brix	56
3.6.4. pH en las frutas	57
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1.1. Peso promedio del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).	59
4.1.2. Prueba de Tukey al 5% para peso del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).....	59
4.1.3. Grados brix promedio del fruto de naranja en % por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).....	61
4.1.4. Prueba de Tukey al 5% para la variable grados brix del fruto en % por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha.	61
4.1.5. pH promedio del fruto de naranja a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).	62
4.1.6. Prueba de Tukey al 5% para la variable pH del fruto por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).....	63

4.1.7. Incidencia de alternaria (<i>Alternaria Alternata</i> f. sp. citri) en el cultivo de naranja, desde los 15, 30, 45 y 60 días de inicio de la cosecha (ddic).....	64
4.1.8. Prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de alternaria (<i>Alternaria Alternata</i> f. sp. citri) por tratamiento a los 15, 30, 45 y 60 días después de iniciar la cosecha.....	64
4.1.9. Número de frutos de naranja formados desde la floración a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la floración(daf).....	66
4.1.10. Prueba de Tukey al 5% para la variable frutos de naranja formados desde la floración a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la floración. ...	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. CONCLUSIONES	68
5.2. RECOMENDACIONES	69
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
VII. ANEXOS	75

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Esquema por cada tratamiento, repetición y parcela neta.	41
Figura 2. Diseño de la implementación del ensayo	42
Figura 3. Reservorio	81
Figura 4. Tubería principal implementado en el sistema de riego.	81
Figura 5. Válvula de vacío.....	81
Figura 6. Ubicación del ensayo	81
Figura 7. Gotero de caudal de 25lt/h	82
Figura 8. Goteros de un caudal 8lt/h	82
Figura 9. Microaspersor de un caudal 30 lt/h	82
Figura 10. Goteros de un caudal de 4lt/h	82
Figura 11. Llave de inundación por saturación	83
Figura 12. Árbol de naranja en producción.....	83
Figura 13. Pesaje de la naranja.....	83
Figura 14. Medición de grados Brix	83
Figura 15. Incidencia de alternaria	84
Figura 16. Medición del pH.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción taxonómica de la naranja	24
Tabla 2. Matriz de operacional de variables.....	37
Tabla 3. Características de la Estación Meteorológica de Ibarra	38
Tabla 4. Diseño experimental (DBCA)	39
Tabla 5. Tratamientos	39
Tabla 6. Datos informativos de la parroquia San Antonio de Ibarra.	44
Tabla 7. Matriz Gotero Autocompensante 25 lt/h.....	55
Tabla 8. Matriz Gotero Autocompensante 8 lt/h.....	55
Tabla 9. Matriz Gotero Autocompensante 4 lt/h.....	56
Tabla 10. Análisis de varianza para peso del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).	59
Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso del fruto de naranja en kg. .	60
Tabla 12. Análisis de varianza para Grados brix promedio del fruto de naranja en % por tratamiento cada 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciada la cosecha (ddic).....	61
Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable grados brix del fruto de naranja. .	62
Tabla 14. Análisis de varianza para pH promedio del fruto de naranja por tratamiento cada 10 días.	63
Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la variable pH del fruto de naranja.....	63
Tabla 16. Análisis de varianza para incidencia de Alternaria, en el cultivo de naranja desde los 15, 30, 45 y 60 días de inicio de la cosecha (ddic).	64
Tabla 17. Prueba de Tukey al 5%, para la incidencia (%), de alternaria en un cultivo de naranja.....	65
Tabla 18. Análisis de varianza para frutos de naranja formados desde la floración por tratamiento cada 15 ddf (días después de la floración).....	66
Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para la variable número de frutos de naranja formados desde la floración.....	67
Tabla 20. Cálculo del balance hídrico por el método de Penman.	85

ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC.....	75
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.....	76
Anexo 3. Costo de Producción del cultivo de naranja (Citrus sinensis).....	78
Anexo 4. Relación costo beneficio.	80
Anexo 5. Evidencia fotográfica.	81
Anexo 6. Delimitación del terreno.....	81
Anexo 7. Riego por goteo.	82
Anexo 8. Utilización de aspersores.	82
Anexo 9. Riego por inundación en el cultivo de naranja.....	83
Anexo 10. Medición de grados brix y pesaje de la naranja.	83
Anexo 11. Anexo medición del ph.....	83

RESUMEN

El presente estudio se orientó sobre el diagnóstico del manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura, para ello, la metodología de esta investigación fue de carácter experimental, mediante la utilización de datos numéricos, para la recolección de resultados, se utilizó la observación mediante la investigación de campo; se establecieron 5 tratamientos, T1: Gotero con un caudal de 25lt/h/planta, T2: 2 goteros con un caudal de 8lt/h/planta, T3: 2 goteros con un caudal de 4lt/h/planta, T4: Micro aspersor con un caudal de 30lt/h/planta, y T5: Riego por inundación con un caudal de 60lt/h en cada hilera del cultivo, donde los resultados muestran que en los primeros 10 días de investigación se encontró que el T5 ganó más peso el fruto con un promedio de 0.0626 kg, mientras el T2 tuvo mayor porcentaje de grados brix de 10.445, a los 30 días se encontró que el T1 ganó más peso promedio del fruto de 0.0910kg, mientras que el T5 tuvo mayor porcentaje de grados brix de 10.244; en los 50 días se encontró en la investigación que el T1 ganó más peso promedio del fruto con 0.1150kg, el T5 tuvo mayor porcentaje de grados brix de 10.249; a los 60 días se encontró en la investigación que el T1 ganó más peso promedio del fruto de 0.1328kg, el tratamiento 5 tuvo mayor porcentaje de grados brix de 10.248.

Palabras clave: Manejo eficiente del agua, productividad, cultivo de naranja, sistemas de riego.

ABSTRACT

The present study focused on the diagnosis of efficient water management and its impact on productivity in the cultivation of orange (*Citrus sinensis*) variety Washington Navel in the province of Imbabura. To carry out this analysis, the methodology adopted was experimental, using numerical data. Observation through field research was used to collect results. Five different treatments were established: T1, with a drip and a flow rate of 25lt/h/plant; T2, with two drippers and a flow rate of 8lt/h/plant; T3, with two drippers and a flow rate of 4lt/h/plant; T4, with micro-sprinkler and a flow rate of 30lt/h/plant; and T5, with flood irrigation and a flow rate of 60lt/h in each row of the crop. The results obtained show that, during the first 10 days of research, T5 presented a higher average weight of the fruit, with a value of 0.0626 kg. On the other hand, T2 showed the highest percentage of brix degrees, reaching a value of 10.445. At 30 days, it was observed that T1 gained a higher average fruit weight, with 0.0910 kg, while T5 exhibited the highest percentage of brix degrees, with a value of 10.244. After 50 days of research, it was determined that T1 continued to lead in the average fruit weight, with 0.1150 kg, while T5 maintained the highest percentage of brix degrees, with 10.249. Finally, after 60 days, it was found that T1 was still the treatment with the highest average fruit weight, reaching 0.1328 kg. For its part, T5 maintained the leadership in the percentage of brix degrees, with a value of 10.248.

Keywords: Efficient water management, productivity, orange cultivation, irrigation systems.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el uso eficiente del agua es un factor importante dentro de la productividad agrícola, principalmente el recurso agua incide ampliamente sobre el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en épocas secas, siendo un factor puntual que permite garantizar la producción de esta fruta y el sustento de varias familias que se dedican al cultivo de naranja, desde esta perspectiva, Salazar, Aguilar y López (2021), afirman que la eficiencia del uso del agua o también denominada productividad del agua es una relación sobre la biomasa presente en los diferentes cultivos por una unidad de agua que es utilizada en un determinado momento.

Desde la perspectiva global, el riego influye en la producción agrícola en todos los cultivos ya sean de ciclo corto o perenne dependiendo de la zona en el ámbito mundial, cada uno de los diferentes sistemas de riego deben ser instalados en función a las necesidades hídricas de los diferentes cultivares. Por tal motivo, en Ecuador existen diferentes zonas donde la pluviosidad es baja para lo cual se deben realizar cálculos hídricos previo a la instalación de los sistemas de riego, en especial las zonas que se encuentran en valles y que están bajo temperaturas altas y deficiencias hídricas.

En la provincia de Imbabura, en especial la parroquia San Antonio de Ibarra, cuenta con meses en los cuales la sequía es evidente, por ende, es necesario realizar un análisis para la instalación de diferentes sistemas de riego con diferentes gastos hidráulicos, como es el caso del cultivo de naranja y sus requerimientos hídricos en los diferentes meses del año. En virtud de ello, el propósito del presente estudio fue analizar el manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad del cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura; desde esta perspectiva.

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel global el manejo del agua en los cultivos se ha convertido en un factor puntual, siendo el riego un componente principal sobre la producción agrícola, especialmente en el desarrollo y crecimiento de las plantas; sin embargo, se ha observado que la mayoría de los cultivos mantiene un deficiente manejo del agua esto ha ocasionado una limitada productividad; si bien es cierto, en los países de medio oriente esta situación mantiene bajos índices productivos por el escaso manejo de este líquido (Salazar, Aguilar y López, 2021). Incluso por la inexistencia de un sistema de riego que garantice la productividad de los cultivos, más aún, cuando existen diversos métodos que permitan mitigar el incremento de los cultivos, siendo los riegos superficiales, por goteo y aspersión.

Debido al irregular régimen de lluvias, ocasionadas por la deforestación, la erosión del suelo, la pérdida de la biodiversidad, el uso inadecuado y excesivo de agroquímicos, la producción de frutales y otras especies vegetales se ha visto disminuidos en cantidad y calidad, ocasionando la baja rentabilidad del cultivo. En el sector de la producción de frutos, entre estos los cítricos, como la naranja, no se han implementado procesos tecnificados de manejo del cultivo. Más aún el uso del agua en sistemas de riego por inundación, ha ocasionado una pérdida de este recurso y ha causado empobrecimiento del suelo por erosión hídrica.

Los sistemas de riego por aspersión y/o microaspersión, son escasamente utilizados en el suministro de agua de riego, y el sistema de riego por goteo está ausente en la producción de frutas cítricas. Debido al incremento de los precios de los plaguicidas y fertilizantes de síntesis química los costos de producción se han incrementado considerablemente. Por otra parte, el mercado condicionado a la ley de la oferta y demanda, no permiten que el productor tenga precios fijos de su producción, lo cual muchas veces conlleva a una pérdida económica de su producto.

Finalmente, la provincia de Imbabura se ha considerado una zona óptima para el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel; sin embargo, el

deficiente manejo del agua ha ocasionado una limitada productividad, puesto u actualmente los manejos de riego se han convertido en un desafío para los agricultores de naranja, esta problemática se agudiza especialmente en temporadas de sequía o verano, en donde los agricultores establecer alternativas para mitigar los efectos sobre el escaso líquido en las plantas, no obstante, los resultados de estas acciones no contribuyen en el desarrollo de sus cultivos afectando su productividad y economía. Por esta razón, los afectados directos de esta problemática son los agricultores de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel; quienes desconocen sobre un sistema de riego adecuado que garantice una productividad sostenible, mientras que los afectados indirectos son los consumidores e incluso intermediarios en la comercialización de esta fruta.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La escasa precipitación y el deficiente manejo del agua sin la implementación de un sistema de riego tecnificado en la parroquia San Antonio de Ibarra, disminuye la producción de los cultivos de naranja de la zona?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Actualmente los sistemas de riego eficientes permiten incrementar la producción en los cultivos, permitiendo abastecer el consumo del ser humano, de hecho, las tecnologías han sido consideradas como herramientas puntuales sobre el desarrollo de las cadenas productivas, por tal motivo, el propósito del presente estudio fue evaluar tres sistemas de riego que permitan un manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura, por tanto, este estudio fue significativo por la inexistencia de estudio similares.

En virtud a ello, la importancia de estudio radica en determinar la eficiencia de la implementación de tres sistemas de riego sobre los parámetros productivos en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel y la evaluación los parámetros de calidad del fruto en el cultivo; permitiendo incrementar la producción de este cultivo, especialmente de la naranja considerándose una fruta con gran variedad de nutrientes, especialmente por ser una fuente significativa de vitamina C. Por tal motivo, el manejo eficiente del agua contribuye en la productividad, más aún,

en la provincia de Imbabura que requiere de estudios que demuestren un manejo eficiente, siendo una guía para los productores de naranja.

Desde esta perspectiva, para el cumplimiento del propósito del presente estudio se determinó la eficiencia de la implementación de tres sistemas de riego sobre los parámetros productivos en el cultivo de naranja; posterior a ello, se evaluó todos los parámetros de calidad del fruto con la implementación de tres sistemas de riego tecnificado y finalmente se determinó el sistema de riego tecnificado que reduzca la incidencia de alternaria (*Alternata f. sp. citri*) en el cultivo de naranja.

En consecuencia, los resultados de este estudio servirán como un sustento para futuras investigaciones, siendo un antecedente que contribuya a establecer alternativas de solución sobre la problemática expuesto, de hecho, este estudio se sustenta bajo los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por la Organización de Naciones Unidas, en su objetivo 12 sobre la producción y consumo responsable, permitiendo “garantizar diferentes modalidades de consumo y producción sostenible”. En este sentido, los beneficiarios directos de este estudio serán los cultivadores de naranja (*Citrus sinensis*), puesto que contarán con una guía que les permita identificar alternativas de riego y mejorar su producción; mientras que los beneficiarios indirectos son los consumidores de naranja.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Evaluar tres sistemas de riego que permitan un manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la eficiencia de la implementación de tres sistemas de riego sobre los parámetros productivos en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel.
- Evaluar los parámetros de calidad del fruto en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel con la implementación de tres sistemas de riego tecnificado.

- Determinar el sistema de riego tecnificado que reduzca la incidencia de alternaria (*Alternata f. sp. citri*) en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el fruto que ganó más peso por tratamiento en función a los diferentes sistemas de riego implantados?
- ¿Cuál es el tratamiento con más porcentaje de grados brix en la producción del cultivo de naranja?
- ¿Cuál es el tratamiento más básico en función al pH de los frutos por tratamiento?
- ¿En qué tratamiento se evidenció el mayor número de frutos formados después de la floración?
- ¿En cuál tratamiento se observó la menor incidencia de alternaria en el cultivo de naranja?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Pérez (2019), en su trabajo de investigación titulado "Régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: propuesta para cinco cultivos permanentes" cuyo objetivo fue establecer el régimen de riego de cinco cultivos permanentes en Manabí, se evaluó Chone con suelo de textura fina (CH -TF), T1: Chone con suelo de textura media (CH-TM), T2: Mapasingue con suelo de textura media (MP-TM), T3: San Ramón con suelo de textura media (SR-TM), los resultados obtenidos fueron: Como se puede apreciar, hubo una tendencia a aumentar la dosis y el número de riegos a medida que disminuye el valor de p. En el área de San Ramón (SR) se evidenció un mayor requerimiento de riego debido a las condiciones existentes de evapotranspiración y lluvia efectiva. Las dosis anuales para aplicar en cultivo de naranja fueron de 349 mm-743 mm, donde la mayor eficiencia de la aplicación de riego fue en los suelos de textura fina con mayor porcentaje de absorción y producción en los cultivares perennes al 70% de absorción de agua y el menor porcentaje de absorción de agua fue en suelos de textura media con un 45% de absorción de agua en la producción de los diferentes cultivares de la zona.

Frederick (2020), en su trabajo de investigación titulado "Análisis de los parámetros hidráulicos de una unidad de riego por goteo, en la finca Plantel" cuyo objetivo fue comparar los diferentes parámetros hidráulicos en diferentes tipos de sistemas de riego por goteo con diferentes caudales, se evaluó 5 tratamientos a diferentes caudales y presiones de los goteros y un tratamiento testigo el cual es un sistema de riego por inundación, los cuales en el primer tratamiento se tuvo mayor producción del cultivo de limón con un caudal de 15 lt/h el cual tiene como base un gotero pinchado Autocompensante, con diferencia de nivel de presión y gasto, los demás tratamientos fueron T1= 15 lt/h, T2= 10 lt/h, T3= 12 lt/h, T4= 25lt/h T5= riego por inundación, siendo el T1 el más eficiente considerando la media de presión y gasto en el sistema de riego para tener mayor producción en el cultivar de cítricos.

Mendoza (2019), en su trabajo de investigación titulado "Simulación prospectiva de la huella hídrica mediante el Software Cropwat 8.0 para el cultivo de naranja (*Citrus Sinensis Valencia*), Huaral, Lima 2019" cuyo objetivo fue comparar los datos meteorológicos y de evapotranspiración del cultivo en diferentes sectores de la zona para lo cual utilizó 4 tratamientos en base a diferentes estaciones meteorológicas de la zona siendo T1= estación 1, con un caudal de 30 lt/h, T2= estación 2, con un caudal de 23 lt/h, T3= estación 3, con un caudal de 15 lt/h T4= estación 4, con un caudal de 10lt/h midiendo los parámetros meteorológicos de la zona y la evapotranspiración en especial el tratamiento T3, tuvo un margen de error de 0,0005 en comparación con los otros tratamientos para lo cual los datos que se tabularon para implantar un sistema de riego mediante la aplicación Cropwat 8.0 fueron casi precisos en función de las condiciones atmosféricas de la zona siendo una gran ayuda para considerar la pérdida de agua y la producción de los diferentes cultivares de la zona, existiendo mayor producción en el sistema con mayor gasto hidráulico.

Cruz (2017), en su trabajo de investigación titulado "Determinar la importancia de la instalación y mantenimiento de los diferentes sistemas de riego para el óptimo desarrollo de los diferentes cultivos, optimizando el recurso hídrico y disminuyendo el impacto ambiental de esta actividad dentro del cultivo" cuyo objetivo fue evaluar tres tratamientos, T1= riego por goteo, T2= riego por aspersion, T3= riego por microaspersion, para lo cual el tratamiento de riego por goteo fue el más eficiente y el que generó menores costos y mejor manejo en cuanto al impacto ambiental por ende fue el más eficiente al momento de ser implantado en cualquier cultivo por optimizar el recurso hídrico y tener menor costo de producción en cualquier cultivar de la zona.

Ramírez (2017), en su trabajo de investigación titulado "Sistematización de experiencias en el uso de sistemas de riego por goteo en el cultivo de limón" cuyo objetivo fue Documentar las experiencias en la aplicación de riego por goteo en limón (*Citrus limón L.*), desde el diseño hasta el mantenimiento del sistema y el correspondiente análisis financiero, se implementó el sistema de riego por goteo y los resultados obtenidos fueron de 1700 frutos por árbol y por año.

Cano (2011), en su trabajo de investigación titulado "Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego en el distrito 048 Ticul, Yucatán" cuyo objetivo fue Analizar el coeficiente de uniformidad y el sistema de riego por microaspersion en el cultivo de

naranja, cuyo análisis de eficiencia del riego por microaspersión (39%), gravedad (31%), multicompuertas (16%), aspersión (12%) y goteo (2%), y los resultados obtenidos fueron: La eficiencia del riego por microaspersión del cultivo de naranja es 46.5%, debido principalmente a las malas condiciones del equipo de bombeo y el sistema de distribución el cual presenta muchas fugas. Existiendo mayor productividad y eficiencia con el sistema de riego por goteo ya que la eficiencia y calidad se mide en el bulbo humedecido.

Arenas (2018), en su trabajo de investigación titulado "Crecimiento del fruto de naranjo bajo el sistema de riego por goteo con una y dos líneas" cuyo objetivo fue indagar acerca del crecimiento del fruto, ph y sólidos solubles totales, en cuanto a menor crecimiento del fruto mayor es el porcentaje de grados brix en el fruto de naranjo, mientras que, en cuanto al pH del fruto de naranjo, cuando alcanza el mayor grado de madurez los ácidos son transformados en azúcares.

Durán (2017), en su trabajo de investigación titulado "Evolución de los parámetros de calidad de naranja Valenciana producida en el Municipio de Chimichagua, César-Colombia" el cual tuvo como objetivo principal analizar el pH del fruto, sólidos solubles totales en función al aumento del peso del fruto de naranjo, donde tuvo resultados desde un peso de 162.84 g, pH de 3.7, grados brix de 10.7; hasta llegar a un peso de 179.17 g, pH de 4.8 y grados brix de 10.8; lo que significa cuando mayor es el grado de madurez del fruto de naranjo, el grado de acidez se transforma en azúcar.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de naranja variedad Washington Navel

2.2.1.1. Origen

La naranja según Gonzales (2016), es considerada como “un cultivo que surge en China, en donde fue llevada a Europa en donde se realizaron diferentes injertos en la búsqueda de nuevas variedades que fueron introducidas en Latinoamérica en el año 1500” (p. 12). Desde esta perspectiva, el cultivo de naranja es conocido sobre aproximadamente tres mil años en el área mediterránea, puesto que el naranjo se extendió a lo largo de la India e incluso en Japón, de hecho, llegó a Occidente mediante rutas de la seda.

2.2.1.2. Importancia

Con relación a su importancia, “este cultivo mantiene representaciones sobre sus propiedades nutritivas, especialmente de vitamina C, que puede combatir algunas patologías; mientras que en la industria es utilizada para la extracción de su jugo y poder comercializarlo dándole un valor agregado” (Gonzales, 2016, p. 14).

2.2.1.3. Descripción Taxonómica

La Naranja se puede describir taxonómicamente de la siguiente manera:

Tabla 1. Descripción taxonómica de la naranja

Taxonomía de la naranja	
Reino	Plantae
División	Traqueofitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Arquiclamídeas
Orden	Geraniales
Suborden	Geraniineas
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioinoideae
Tribu	Citreae
Género	Citrus
Subgénero	Eucitrus
Especies	Naranja dulce: <i>Citrus sinensis</i> (L.) Osb Naranja amarga: <i>Citrus aurantium</i> (L.)

Fuente. Hernández (2015)

2.2.1.4. Generalidades

Según Gonzales (2018), afirma que el cultivo de la naranja “se presenta en óptimas condiciones que mantienen un promedio de altura de 6 m, además es importante mencionar que el cultivo se lo realiza en zonas cálidas tropicales” (p. 13). Siendo

Imbabura una zona óptima para su cultivo, en donde la producción de esta fruta en la variedad Washington Navel es considerada dulce y sin semilla, manteniendo un jugo moderado.

En virtud de ello, es importante destacar que el óptimo rango sobre el Ph en el desarrollo de este cultivo oscila entre los 5 a 8, de hecho, el cultivo de la naranja es desarrollado en temperaturas mayor a los 13°C, en donde su rango de humedad en relativa sobre el 85% y 90%. Con respecto a las hojas del árbol de naranja, Mejía y tapicaña (2015), señala que son oscuras, "elípticas con el limbo grande, además es importante destacar que el pecíolo mantiene espinas, mediante una tendencia a florecer mediante una gran cantidad, ocasionando una demora en el cuajado del fruto" (p.4). Por tanto, conforme a la raíz es considerada como un pivotante, en donde mantiene raíces primarias y secundarias que pueden alcanzar un metro de profundidad, de hecho, su tallo y tronco son de forma cilíndrica mediante una altura de 3 metros.

Conforme a lo anteriormente expuesto, el agua en el cultivo de naranja es considerado un recurso esencial para el desarrollo de esta planta, en donde se deben establecer cantidad necesarias, de hecho, un sistema de riego por goteo presenta una lata eficiencia y rendimiento que puede ser aplicado directamente en la raíz del cultivo para un desarrollo efectivo sobre las diferentes etapas de cultivo. En este contexto, Sánchez (2016), menciona que "los diferentes tipos de riego no mantienen una efectividad que garantice un mejor desarrollo del cultivo, siendo el riego por goteo un proceso eficiente sobre la aplicación de los cultivos frutales" (p. 16). Puesto que absorben mayores cantidades de este líquido, en donde presentan un desarrollo fisiológico; de hecho, es importante mencionar que la uniformidad al momento de la aplicación del riego por goteo, fomenta el rendimiento sobre la aplicación en los cultivos de la fruta.

Ahora bien, con respecto a las características edáficas del suelo en la provincia de Imbabura, garantiza mantener una valoración sobre la implementación de un sistema de riego por goteo, más aún, en la parroquia San Antonio que mantiene las condiciones adecuadas para el cultivo de naranja, debido que los suelos son arcillosos que mantienen un mínimo drenaje, además por la plasticidad mantienen dificultades para la adecuada implementación de un riego por goteo, siendo puntual en el cultivo de esta fruta. Por tal motivo, "es puntual la evapotranspiración

en los diferentes cultivos, siendo igual a la suma de la pérdida del agua en el suelo, manteniendo una forma de vapor y sobre todo por la pérdida de este líquido vital sobre la planta como un proceso fisiológico" (Hernández, 2016).

Con respecto a los productos de cultivos bajo la fertirrigación son puntuales, es decir con la aplicación de fertilizantes sobre los sistemas de riego permiten la optimización de la mano de obra, representando una forma tecnificada sobre el manejo de los cultivos, siendo los frutales que requieren de estos sistemas, puesto que deben ser manejados de forma eficiente para obtener una efectiva producción y desarrollo fisiológico. En este sentido, Leira (2019), afirma que "es importante considerar el régimen sobre el manejo en la evaluación de todos los sistemas de riego en todos los cultivos, independientemente de su ciclo corto; para ello, es importante considerar los diversos pisos climáticos que mantienen los cultivos" (p. 10). Para identificar el desarrollo de los sistemas de riego por goteo, además de su aplicación sobre el área agrícola, por tanto, se puede deducir que los diversos pisos climáticos permiten conocer la eficiencia de un sistema de riego.

Con respecto a la finalidad de un sistema de riego es importante mencionar que permite medir la eficiencia sobre los diferentes cultivos, siendo la naranja un cultivo que requiere de la aplicación de estos sistemas gracias a la implementación de la fertirrigación e irrigación, debido que se mantiene una producción sobre el aumento de esta fruta, además de erradicar problemas sobre la producción en todos los cultivos y la eficiencia sobre el control de enfermedades y plagas, además de una facilidad sobre el manejo de los cultivos, de hecho, los cultivos que se manejan con sistemas de riego permiten una mejor producción y desarrollo.

Desde esta perspectiva, "los diversos cálculos hidráulicos sobre la implementación en un sistema de riego por goteo mantienen la caracterización bajo una medida de presión sobre todo en las tuberías, especialmente cuando son implementadas" (Medrano, 2020). En donde la forma de realizar los cálculos sobre la presión y caudal del sistema mantiene los efectos deseados en el cultivo sobre el sistema de riego que supera el 93% sobre su rendimiento en los diferentes cultivos de ciclo corto. En este contexto, la aplicación de la tecnología mantiene un diseño sobre los sistemas de riego por goteo en la provincia de Imbabura, siendo su distribución mediante líneas principales de riego y terciarias sobre el cultivo de naranja, gracias a la caracterización de los cálculos hidráulicos y de goteros que se realiza en predios para

obtener resultados al momento de ser implementados sobre el sistema de riego por goteo.

En relación a los sistemas de riego y su mantenimiento suelen ser puntuales para corregir los daños que son ocasionados por su uso, en donde la eficiencia es importante mantenerla al momento de su uso sobre las diferentes plantaciones de cultivos, de hecho, es importante establecer supervisiones sobre la pérdida de los recursos hídricos sobre un sistema periódicamente para obtener un funcionamiento óptimo, por tanto, desde la perspectiva de Gonzales (2017), menciona que mediante las diferentes aplicaciones sobre las técnicas de riego en los cultivos sobre un ciclo corto permite el establecimiento de un adecuado monitoreo sobre el desarrollo fisiológico, además es importante identificar la definición del agua sobre el rendimiento de los cultivos, además de su óptima utilización en los campos agrícolas, por tal motivo, los trabajos ejercidos bajo los diversos tipos de suelo y su manejo correcto permite el establecimiento de las correcciones en momentos oportunos sobre la utilidad en los cultivos.

Conforme a lo anteriormente expuesto, los diversos ensayos y técnicas que se realizan en los sistemas de riego por goteo permiten establecer un diagnóstico sobre las diferentes curvas sobre los caudales y emisores sobre la presión del sistema que permite el análisis de los rendimientos en los cultivos, permitiendo además analizar los modelos evaluados y sus curvas sobre el desempeño en los diferentes sistemas de riego por goteo, bajo el propósito de obtener una serie de ecuaciones matemáticas permitiendo cualificar y cuantificar los datos obtenidos sobre el sistema de riego por goteo.

La naranja, mandarina y toronja son considerados cultivos de gran potencial sobre su desarrollo fisiológico, de hecho, mantiene una serie de propiedades energéticas, puesto que la eficiencia de crecimiento se mantiene en un promedio del 88% sobre los pisos climáticos sobre los diferentes sistemas de frutales. (Valencia, 2020). Por tanto, a nivel global la naranja mantiene una aceptación del 40% sobre la exportación en las diferentes naciones que la producen

En este sentido, los avances tecnológicos permiten el aprovechamiento de todos los recursos sobre la utilización de las propias energías del ambiente que son utilizados en los sistemas de riego, siendo el caso del uso de energía solar y sobre todo su aplicación en los sistemas de riego por goteo, mejorando su rendimiento sobre las

pérdidas energéticas mediante un sistema sobre el área mecánica del cabezal de riego y sobre todo en las tuberías del sistema. (Valencia, 2020). Cabe mencionar que se podrá analizar las condiciones físicas y ambientales del sistema de riego por goteo.

2.2.1.5. Etapas Fenológicas del cultivo de naranja

Ciclo Vegetativo: Si bien es cierto, el árbol del naranja es delicado, puesto que su cultivo radica en la plantación mediante injertos, mas no en semillas, en donde se utiliza árboles base para su efectivo crecimiento.

Infancia: la infancia de este árbol radica entre los 2 a 3 años de vida, puesto que si energía es dedicada a crecer más no a producir el fruto.

Juventud: con respecto a su juventud, es importante destacar que se produce en los 5 a 7 años desde su plantación, por tanto, la producción del fruto se incrementa continuamente según su fase de desarrollo.

Madurez: Por su parte, la madurez es una etapa puntual en este árbol, debido que la producción llega en esta etapa, en donde se muestra un ligero crecimiento y su energía se dedica a la fructificación y floración, según las condiciones que requiera.

Vejez: Conforme a la vejez se caracteriza por la disminución de la producción, en donde el árbol será produciendo pequeños frutos, sin embargo, a lo largo de los años su producción será menor.

Decrepitud: Finalmente, el naranjo llegará a la etapa de decrepitud, en donde producirá muy pocos frutos, siendo mayormente susceptible a las enfermedades y plagas y llegando a su fin de la vida útil.

2.2.1.6. Tipo de suelo

Desde el punto de vista de Molina (2018), sostiene que los cítricos se pueden adaptar a diferentes tipos de suelos, de hecho, sostienen mayor facilidad que los suelos que son denominados ligeros, presentando una textura arenosa o incluso arcillosa, en donde el drenaje y aireación sea una particularidad de fácil adaptación

2.2.1.7. Necesidades hídricas

Conforme a las necesidades hídricas Molida (2018), mención que el cultivo de naranja radica sobre aquellas condiciones que presentan los suelos, además las que mantienen los cultivos, puesto que para un mayor rendimiento es necesario tomar como referencias de 7500 a 12000 metros cúbicos cada año

2.2.1.8. Necesidades edafoclimáticas y nutricionales

En relación a las necesidades edafoclimáticas y nutricionales Gonzales (2017), menciona que resulta importante mencionar que la naranja es considerada como una fruta que requiere de suelos de buen drenaje; puesto que tiende adaptarse a los suelos con textura arenosa, en donde la profundidad debe ser grande; además de una permeabilidad que oscile entre los 25 a 30 cm/h, desde luego, resulta importante mencionar que es necesario evitar suelos con capacidades altas de encharcamiento, de hecho, el ph de naranja debe comprender entre un valor de 5 a 6 para denominarse óptimo.

Desde esta perspectiva, Gonzales (2017) menciona "Para obtener un drenaje adecuado sobre los cultivos de naranja la temperatura debe estar comprendida sobre los 23 a 30 °C, alcanzó un valor superior de 39°C y una mínima de 12°C" (p. 12). De hecho, la naranja es un producto que requiere de fósforo nitrógeno, calcio y potasio, además de algunos micronutrientes de magnesio, hierro, zinc entre otros.

2.2.2. Métodos de Riego

2.2.2.1. Riego por Goteo

2.2.2.2. Descripción del Método de Riego por Goteo

El método que trae consigo mayor rendimiento y eficiencia sobre las plantas es el riego por goteo que actualmente se ha convertido en un método tecnificado, puesto que su efectivo implantamiento como un sistema es capaz de producir un máximo ahorro, puesto que los goteros pueden dosificar mediante las cantidades de agua necesaria mediante bulbos aprovechables sobre la zona radicular.

Conforme a lo anteriormente expuesto, Novagric (2016), señala "un sistema innovador, debido a la optimización con respecto a los otros sistemas de riego, además es importante destacar que el agua es distribuida sobre una proporción de un caudal, siendo este emitido gracias a una bomba compensada mediante goteros" (p. 12). En donde las gotas de este líquido se dirigen directamente sobre el área radicular y siendo absorbida de forma precisa mediante las necesidades hídricas que se requiere en los cultivos; cabe mencionar que no existe encharcamiento debido que se trata de gotas que pueden suministrar a la planta sobre los tiempos necesarios, para ello, es necesario tomar en cuenta que cada cultivo debe tener las condiciones necesarias de riego y el tipo de suelo utilizado.

Desde esta perspectiva, es importante mencionar que existen varios tipos de goteros, encontrándose los antidrenante, autocompensantes y los regulares, en donde se puede identificar que los goteros autocompensantes se lo define como aquellos que permiten emitir un caudal fijo bajo un rango amplio sobre presión, permitiendo de esta manera equilibrar el sistema de riego, por su parte, el gotero antidrenante se lo define como un emisor que mantiene una cerradura automática cuando se presenta un caudal bajo y sobre todo por la disminución de la presión sobre el sistema de riego, en donde se puede verificar que no existe entrada de aires en las cintas; de hecho, evita daños de las bombas, y finalmente los goteros regulares como su nombre lo indica regulan el caudal del agua bajo diferentes mandos mecánicos.

En este contexto, es importante señalar que se debe tomar en cuenta el mantenimiento de todos los cabezales sobre el riego, puesto que permite una limpieza de todos los filtros, evitando el ingreso de partículas de área sobre las tuberías y exista algún tipo de taponamiento, en donde se puede aplicar la fertirrigación que permite el ahorro de todos los recursos hídricos, además de proporcionar los nutrientes suficientes a las plantas. Por tal motivo, según Novagric (2016), afirma que, "mediante la implementación del sistema de riego por goteo, el gotero o también denominado emisor debe ser considerado en campo sobre la velocidad de la infiltración sobre el caudal del emisor además del área del bulbo humedecido" (p. 12).

2.2.2.3. Ventajas

- Es económico en consumo de agua.
- Mantiene mayor producción de los diferentes cultivos dependiendo de la zona.
- Se puede realizar fertirrigación es decir que al mismo tiempo que se proporciona el riego se implementan las necesidades nutricionales de las plantas como son los diferentes fertilizantes.
- Se lo aplica en invernaderos, viveros y en campo abierto.
- Velocidad de infiltración del agua adecuada sobre la zona radicular.
- El agua que es transmitida por los goteros llega en proporcionalidad hacia el área radicular evitando saturación de agua en el suelo.
- Cumple con las necesidades hídricas del cultivo en tiempos de sequía,
- Este sistema basándose en el emisor está ubicado en el suelo.

- Se debe considerar la eficiencia del riego que se da por la relación entre lámina de agua neta y lámina de agua bruta.
- La eficiencia del riego por goteo se basa en la lámina neta de agua que necesita cada planta (lt/planta) en función del porcentaje del goteo.

2.2.2.4. Falta de Tecnificación de riego

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2017), menciona que “la escasa tecnificación sobre las diferentes zonas es necesario llevar a cabo un adecuado uso sobre los sistemas de riego, optando por una mayor producción sobre los cultivos” (p. 12). Por esta razón, según esta cartera de Estado sostiene que en la provincia de Imbabura se mantiene un alto desperdicio sobre los terrenos sin mantener un mayor cultivo y producción, en donde los agricultores mantienen un conocimiento sobre el cultivo de los recursos hídricos sobre la implementación de los sistemas de riego tecnificados sobre el adecuado uso del agua.

2.2.3. Requerimientos hídricos del cultivo de naranja

2.2.3.1. Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo

2.2.3.2. Método de PENMAN

Con respecto al método de Penman es importante mencionar que bajo este método “se puede combinar constantes del cultivo y la atmósfera mediante factores sobre la expresión o ecuación, en donde se tiene que tener en cuenta un balance energético sobre las funciones vitales de la planta y las condiciones atmosféricas” (Cano, 2017, p. 5). Por tanto, mediante este método se utiliza estaciones meteorológicas, en donde los datos que provee el INAMHI, en donde este método es preciso sobre el cálculo de evapotranspiración sobre la estimación de los cultivos, en donde se obtiene un cálculo sobre los requerimientos hídricos de la planta, además de su balance hídrico, considerando un factor coeficiente mensual sobre el cultivo, en donde se exhibe la siguiente ecuación.

$$E = \frac{(\Delta \times R_n) + (\gamma \times E_a)}{\Delta + \gamma}$$

$$E_a = k \times (e_s - e_a) \times f \times V_w$$

$$R_n = (1 - r) \times R_c - R_B$$

$$\Delta = \frac{e'_s - e_a}{T'_s - T_a}$$

Donde:

E = Evaporación mensual (mm)

e'_s = Presión de vapor de saturación media para temperatura del aire en la zona de intercambio (mmHg)

γ = Constante psicometría = 0.27 (mmHg/°F)

r = Reflectividad o albedo: $r = 0.25$ para superficies de cultivo.

e'_s = Presión de vapor de saturación media para temperatura del aire (hPa)

e_a = Presión de vapor tomada a la temperatura de punto de rocío (hPa)

Δ = Gradiente de Presión

T'_s = Temperatura del aire en la zona de intercambio (°C)

T_a = Temperatura menor a la Promedio (°C)

R_a = Radiación estratosfera

R_c = Radiación solar (g*cal/cm² día)

K = Constante

V_w = Velocidad del viento (km/h)

R_B = Radiación emitida por la masa de agua (g*cal/cm² día)

R_N = Radiación Neta. (Cano, 2017)

2.2.4. Características de la zona

2.2.4.1. Zonas con deficiencia de agua

Por su parte, las zonas con mayor deficiencia de agua sobre la zona Norte de la provincia de Imbabura es la parroquia San Antonio de Ibarra, debido que mantiene bajos índices de lluvia en las diferentes temporadas del año, por esta razón, la implementación de un sistema de riego tecnificado es puntual en esta zona, debido que permite el uso eficiente del agua sobre la productividad de las plantas, especialmente de naranja que requiere de un sistema de riego eficiente, por tanto, un eficiente sistema de riego en la provincia de Imbabura garantiza el adecuado desarrollo (Gisbert, 2018).

2.2.4.2. Zona con erosión hídrica

Conforme a la erosión hídrica, según Ares (2016), la define como un “tipo de erosión que mantiene una dificultad sobre la productividad de los suelos bajo la deficiencia del agua, además es importante mencionar que existe poca productividad, puesto que el agua que se mueve en la tierra es muy escasa” (p. 11). De hecho, la cubierta vegetal también es escasa y el suelo se caracteriza por mantener poca resistencia, por esta razón, la necesidad de un sistema de riego es fundamental para mantener una producción en los diferentes suelos; cabe mencionar que para establecer mayor productividad sobre los diferentes suelos con erosión hídrica es necesario manejar el agua sobre los diferentes cultivos y sus necesidades hídricas.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

El presente estudio fue de carácter mixto, es decir, cualitativo y cuantitativo como se exhibe a continuación:

3.1.1. Cuantitativa

En el método cuantitativo, según Arteaga (2020), señala que este enfoque utiliza métodos cuantitativos que se centran en mediciones objetivas sobre el análisis estadístico, numérico o matemático, además se encarga de la recopilación de datos gracias a técnicas de recolección de datos cuantitativos que permita la manipulación de datos estadísticos existentes. Desde esta perspectiva, el presente estudio utilizó datos cuantitativos sobre la recolección y análisis del experimento, permitiendo determinar el manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura; de hecho, será puntual en la comprobación de la hipótesis de la investigación.

3.1.2. Tipos de investigación

Con respecto a los tipos de investigación fueron descriptivo, bibliográfico/documental, experimental y de campo.

3.1.2.1 Descriptiva

En relación con el tipo de investigación descriptiva permitió la explicación del fenómeno de estudio, en este sentido, Mejía (2020) sostiene que esta investigación se encarga de la descripción de una población o fenómeno donde se centra la investigación, de hecho, procura brindar toda la información necesaria sobre el que, como, cuando y donde ocurre el problema de estudio. Desde este punto de vista, mediante esta investigación se describió la realidad de la problemática estudiada sobre el manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel, en la provincia de Imbabura; además fue puntual en el diagnóstico del experimento en estudio.

3.1.2.2. Bibliográfica/documental

Ahora bien, mediante la investigación bibliográfica se utilizaron recursos bibliográficos, por lo tanto, según Matos (2020), menciona que esta investigación “consiste en la revisión de material bibliográfico existente con respecto al tema a estudiar. Se trata de uno de los principales pasos para cualquier investigación e incluye la selección de fuentes de información” (párr. 1). Por esta razón, en el presente estudio se utilizaron libros, revistas científicas, tesis entre otros materiales que permitieron la construcción de las bases teóricas sobre el uso eficiente del agua, como sustento de la presente investigación.

3.1.2.3. Experimental

Por su parte, la investigación experimental según Rus (2020), la define como aquella investigación que mantienen una serie de actividades de variables de control que pueden ser constantes; de hecho, los demás sujetos de estudio se miden como sujetos del experimento. En este contexto, gracias a este tipo de investigación se diagnosticó el manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad sobre el cultivo de naranja con respecto al riego por goteo, microaspersión, inundación; para ello, es importante destacar que los cálculos se realizan mediante las variantes que permiten probar la hipótesis de estudio; donde cada dato tomado de este experimento fue evaluado mediante el uso de ecuaciones matemáticas que permitan evaluarlos sobre sus condiciones meteorológicas y edáficas. Además, para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA).

3.1.2.4. De campo

Arteaga (2020), define a la investigación de campo como aquella que analiza, comprende e interactúa con los sujetos de estudio y permite recopilar los datos mediante el uso de instrumentos de recolección de datos, de hecho, se estudian actividades y sucesos en los que se presenta el problema de estudio, también se la define como la recolección de datos observados por los investigadores. Por tal motivo, desde este punto de vista mediante este tipo de investigación se pudo realizar el experimento sobre el manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel en el cantón Ibarra, de la provincia de Imbabura.

3.2. HIPOTESIS

H0: La implementación de un sistema de riego tecnificado incrementa la productividad en el cultivo de naranja.

H1: La implementación de un sistema de riego tecnificado no incrementa la productividad en el cultivo de naranja.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. Matriz de operacional de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
Variables independientes Sistema de riego por goteo, microaspersión e inundación	Riego por goteo	Goteros	Goteo de 25 lt/h, 8 lt/h y 4 lt/h	Fórmula para el cálculo de la eficiencia del riego por goteo
	Riego por microaspersión	Microaspersores	Microaspersor de 30 lt/h	Fórmula para el cálculo de la eficiencia del riego por microaspersión
	Riego por inundación	Llave de agua	Inundación por saturación	Análisis de la eficiencia del riego por inundación mediante ensayo
Variables dependientes Productividad en la naranja	Número de frutos	Cantidad de frutos cosechados	Conteo	Tijera de podar, gaveta, libreta
	Peso de los frutos	Peso de los frutos en kg/parcela neta	Pesaje de los frutos en balanza gramera	Balanza gramera, libreta
	Grados Brix de los frutos	% de Sólidos solubles en los frutos	Medición instrumental	Refractómetro, libreta
	pH de los frutos	Escala numérica de acidez o alcalinidad de los frutos	Medición del valor de pH	pH metro, libreta
	Incidencia de alternaria	Porcentaje de incidencia de alternaria en las plantas cítricas	Fórmula para el cálculo de la incidencia de la enfermedad	Libreta

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Ubicación del ensayo

El presente estudio se realizó en San Antonio de Ibarra, ubicado en el cantón Ibarra con una altitud de 2504 metros sobre el nivel del mar con una latitud de 0,334, longitud de -78,173, manteniendo una temperatura promedio de 17°C; además la humedad media es del 80%, presentándose las condiciones adecuadas para el cultivo de naranja.

3.4.2. Clima de la zona

La provincia de Imbabura es considerada por un clima acorde a las condiciones de cultivo de naranja, en donde existen dos estaciones climáticas, es decir, la época invernal que se presenta a finales de diciembre hasta mayo y la época de verano de mayo a diciembre, en donde las temperaturas oscilan entre los 10 a 15° en épocas de invierno y de 18 a 25° en verano, por tanto, las precipitaciones sobre la época invernal se mantiene entre 500 a 1100 mm, por tal motivo, a continuación se exhiben las características climáticas del cantón Ibarra (Tabla 3).

Tabla 3. Características de la Estación Meteorológica de Ibarra

Estación Meteorológica Ibarra	Automática
Código:	M1240
Provincia:	IMBABURA
Propietario:	INAMHI
Latitud:	0.329733
Longitud:	-78.132431
Altitud:	2256.00 metros
Tipo:	METEOROLÓGICA
Estado:	OPERATIVA

Fuente. adaptado de (INAMHI, 2017)

3.4.3. Datos Edáficos de la parroquia San Antonio de Ibarra

3.4.3.1. Textura

Según Gisbert, Ibáñez y Moreno (2010), lo definen como un suelo arcilloso que ha sido establecido mediante diferentes estudios en la parroquia San Antonio de Ibarra, por tanto, al definir los suelos arcillosos, se los caracteriza con poco drenaje y plasticidad, en este sentido, estos suelos mantiene un nivel de dificultad para trabajarlos; además retienen agua y nutrientes sobre un alto porcentaje, siendo un suelo apto sobre el desarrollo del cultivo de naranja; puesto que esta fruta se adapta a los suelos arenosos y arcillosos.

3.4.4. Descripción y características del experimento

Para la ejecución del experimento se estableció un modelo experimental sobre un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), para ello, se realizaron 5 tratamientos con 5 repeticiones, dando un total de 25 Unidades Experimentales. De las cuales se tuvo un total 275 plantas del ensayo, y se muestrearon 4 plantas por tratamiento, considerando el centro de la parcela a las plantas muestra.

Tabla 4. Diseño experimental (DBCA)

Diseño experimental	
Tratamientos	5
Repeticiones	5
Unidades experimentales	25
Separación de plantas	5m entre hilera y 4m entre planta

3.4.5. Tratamientos

Tabla 5. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Gotero con un caudal de 25lt/h por planta
T2	2 goteros con un caudal de 8lt/h por planta
T3	2 goteros con un caudal de 4lt/h por planta
T4	Micro aspersor con un caudal de 30lt/h por planta
T5	Riego por inundación (saturación) en cada hilera del cultivo

3.5. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN.

3.5.1. Preparación del sitio

La investigación se realizó en un lote implementado con naranja (*Citrus sinensis*) variedad Washington Navel. En el cultivo se realizó la limpieza respectiva del terreno, podas de mantenimiento, sanidad y fructificación a los árboles de naranja, limpieza del reservorio, limpieza del canal de riego, limpieza de los linderos, levantamiento de tierra en los árboles, cabe destacar que los árboles de naranja tenían 4 años de edad y estaban en producción, con cintas se señaló los racimos que estaban en flor para posteriormente realizar la toma de datos.

3.5.2. Implementación de los sistemas de riego

Para la implementación de los diferentes sistemas se utilizó una bomba de 4hp, la cual está ubicada junto al reservorio, una válvula de vacío que se encuentra colocada en la manguera a lado de la bomba, 130m de manguera de 2 pulgadas desde el reservorio hasta la tubería principal y llave del sistema, 125m de manguera de 2 pulgadas en la tubería principal del sistema, acoples y uniones en cada uno de los

sistemas de riego, 60m de manguera de ½ pulgada en las líneas secundarias del sistema; para T1, un gotero por planta de 25lt/h; T2, dos goteros por planta de 8lt/h cada uno; T3, dos goteros por planta de 4lt/h cada uno; T4, un microaspersor por planta de 30 lt/h; T5, una llave de 60 lt/h, cabe destacar que en el área de estudio se contó con un reservorio de 400 m³.

3.5.3. Delimitación en las parcelas

En el área de estudio se tuvo 5 tratamientos con 5 repeticiones.

T1R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T2R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T3R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T4R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T5R1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T1R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T2R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T3R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T4R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T5R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T1R3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T2R3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T3R3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T4R3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T5R3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T1R4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T2R4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T3R4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T4R4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T5R4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T1R5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T2R5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T3R5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T4R5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
T5R5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15

Leyenda: Significado: P4, P5, P11 y P12=Parcela neta.

Figura 1. Esquema por cada tratamiento, repetición y parcela neta.

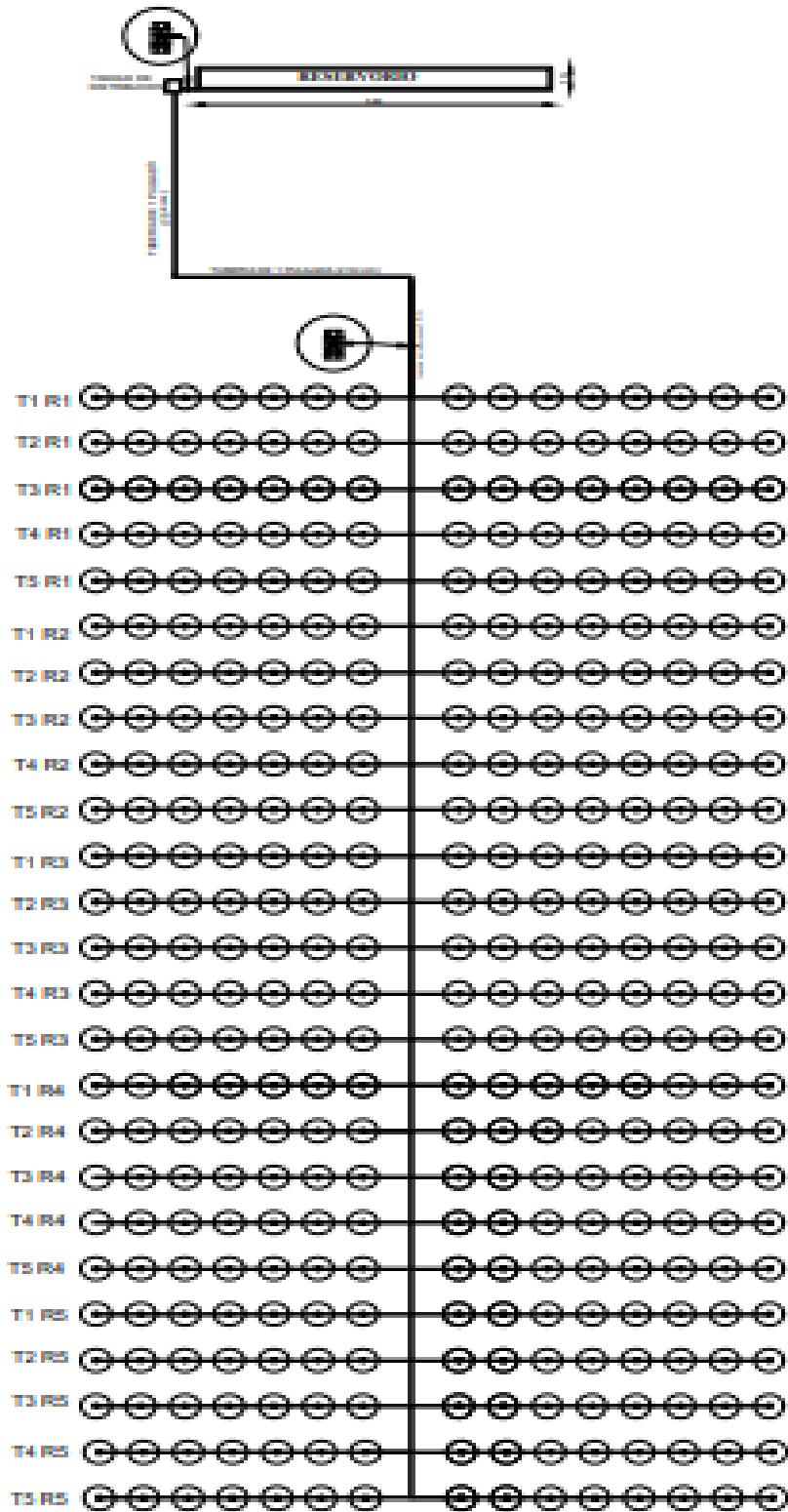


Figura 2. Diseño de la implementación del ensayo

3.5.4. Materiales utilizados en los tratamientos

- 6 abrazaderas banariego de 2 pulgadas
- 4 acoples banariego de 2 pulgadas
- 6 adaptadores flex de 2 pulgadas
- 25 conectores inicial sold de 16mm
- 75 estaquillas para microaspersor
- 75 goteros autocompensados de 25 lt/h
- 75 microaspersores de 30lt/h
- 150 goteros autocompensantes de 4 lt/h
- 150 goteros autocompensantes de 8 lt/h
- 30 cauchos banariego de 16 pulgadas
- 1 cheque banariego de 2 pulgadas
- 6 collarines banariego de 63 x ½ pulgada
- 1 litro de aceite 20w50 para la bomba
- 5 llaves banariego ½ pulgada
- 1 llave banariego de 2 pulgadas
- 1 mangueras de bronce de 2pulgadas y 60 psi
- 3 mangueras banariego de 16 de 400 metros cada una
- 4 mangueras de 2 pulgadas de 60 psi de 400 metros cada una
- 6 mangueras de succión verde de 2 pulgadas
- 1 bomba banariego de 7hp
- 5 neplós perdidos banariego de ½ pulgada
- 1 weldon 725- 1/8
- 1 tapón sold roscable de 2 pulgadas h
- 1 unión flex de 2 pulgadas
- 25 válvulas banariego de 16

3.5.5. Cálculo de los requerimientos hídricos.

Tabla 6. Datos informativos de la parroquia San Antonio de Ibarra.

Datos Edáficos	Profundidad (200 mm)	Profundidad (400 mm)	Promedio
Densidad aparente del suelo	1,11 g/cm ³	1,05 g/cm ³	
Densidad real del suelo	2,65 g/cm ³	2,65 g/cm ³	
Porosidad	58,6%	64,7%	
Capacidad de Campo	37,5%	36,2%	36,86%
Punto de Marchitez Permanente	22,75%	21,8%	22,28%

Fuente. (Mayanquer Mayanquer, 2019)

3.5.6. Cálculo de lámina y tiempos de riego aplicados.

Mediante el método de Penman Monteith que se muestra en la tabla 20, para el balance hídrico tiene las siguientes evapotranspiraciones diarias para los meses de la evaluación del ensayo, febrero: 2.48mm, marzo: 3.28mm, abril:3.69mm, mayo: 4.04mm, junio: 4.12mm, julio: 5.50mm, agosto: 4.17mm, septiembre: 5.04mm

Lámina de riego calculada para el mes de febrero

$$L_n = 2.48 \text{ mm} \times k_c$$

Donde:

$$L_n = 2.48 \text{ mm} \times 0.5 = 1.2 \text{ mm}$$

L_n = Lámina neta

$$L_b = \frac{L_n}{E_f}$$

L_b = Lámina bruta

$$L_b = \frac{1.2 \text{ mm}}{0.9}$$

f_r = Frecuencia de riego

$$L_b = 1.3 \text{ mm}$$

E_f = Eficiencia del emisor

$$f_r = \frac{L_n}{E_v}$$

E_v = Evapotranspiración diaria

$$f_r = \frac{1.2 \text{ mm}}{2.48 \text{ mm}}$$

$$f_r = 0.5 \text{ días}$$

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de febrero

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t = \frac{A \times L_b}{Q}$$

Q = Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500 \text{ m}^2 \times 1.3 \text{ mm}}{1875 \text{ lt/h}}$$

t = Tiempo de riego

t=1 hora

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x1.3mm}{1200lt/h}$$

t=1.6 horas

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x1.3mm}{600lt/h}$$

t=3.3 horas

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{1.2mm}{0.7}$$

Lb= 1.7mm

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x1.7mm}{2250lt/h}$$

t=1.1 horas

Lámina de riego calculada para el mes de marzo

Ln= 3.28 mm x kc

Donde:

Ln=3.28 mmx0.55=1.8 mm

Ln= Lámina neta

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

Lb= Lámina bruta

$$Lb = \frac{1.8mm}{0.9}$$

fr= Frecuencia de riego

Lb= 2mm

Ef= Eficiencia del emisor

$$fr = \frac{Ln}{Ev}$$

Ev= Evapotranspiración diaria

$$fr = \frac{1.8mm}{3.28mm}$$

fr= 0.5 días

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de marzo

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

Q= Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500m \times 2mm}{1875lt/h}$$

t= Tiempo de riego

t=1.6 hora

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 2mm}{1200lt/h}$$

t=2.5 horas

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 2mm}{600lt/h}$$

t=5 horas

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{1.8mm}{0.7}$$

Lb= 2.6 mm

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 2.6mm}{2250lt/h}$$

t=1.7 horas

Lámina de riego calculada para el mes de abril

Ln= 3.69 mm x kc

Donde:

$$Ln=3.69 \text{ mm} \times 0.55=2 \text{ mm}$$

$$Lb=\frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb=\frac{2mm}{0.9}$$

$$Lb= 2.2 \text{ mm}$$

$$fr=\frac{Ln}{Ev}$$

$$fr=\frac{2mm}{3.69mm}$$

$$fr= 0.5 \text{ días}$$

Ln= Lámina neta

Lb= Lámina bruta

fr= Frecuencia de riego

Ef= Eficiencia del emisor

Ev= Evapotranspiración diaria

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de abril

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t=\frac{AxLb}{Q}$$

Q= Caudal de los emisores

$$t=\frac{1500m \times 2.2mm}{1875lt/h}$$

t= Tiempo de riego

$$t=1.8 \text{ hora}$$

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t=\frac{AxLb}{Q}$$

$$t=\frac{1500m \times 2 \times 2.2mm}{1200lt/h}$$

$$t=2.8 \text{ horas}$$

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t=\frac{AxLb}{Q}$$

$$t=\frac{1500m \times 2 \times 2.2mm}{600lt/h}$$

$$t=5.5 \text{ horas}$$

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb=\frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb=\frac{2mm}{0.7}$$

$$Lb = 2.9 \text{ mm}$$

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2.9mm}{2250lt/h}$$

$$t = 1.9 \text{ horas}$$

Lámina de riego calculada para el mes de mayo

$$Ln = 4.04 \text{ mm} \times kc$$

$$Ln = 4.04 \text{ mm} \times 0.6 = 2.2 \text{ mm}$$

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{2.2mm}{0.9}$$

$$Lb = 2.4 \text{ mm}$$

$$fr = \frac{Ln}{Ev}$$

$$fr = \frac{2.2mm}{4.04mm}$$

$$fr = 0.5 \text{ días}$$

Donde:

Ln= Lámina neta

Lb= Lámina bruta

fr= Frecuencia de riego

Ef= Eficiencia del emisor

Ev= Evapotranspiración diaria

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de mayo

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2.4mm}{1875lt/h}$$

$$t = 1.9 \text{ hora}$$

Donde:

Q= Caudal de los emisores

t= Tiempo de riego

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2.4mm}{1200lt/h}$$

$$t = 3 \text{ horas}$$

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x2.4mm}{600lt/h}$$

$$t = 6 \text{ horas}$$

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{2.2mm}{0.7}$$

$$Lb = 3.1 \text{ mm}$$

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x3.1mm}{2250lt/h}$$

$$t = 2.1 \text{ horas}$$

Lámina de riego calculada para el mes de junio

$$Ln = 4.12 \text{ mm} \times kc$$

$$Ln = 4.12 \text{ mm} \times 0.6 = 2.5 \text{ mm}$$

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{2.5mm}{0.9}$$

$$Lb = 2.8 \text{ mm}$$

$$fr = \frac{Ln}{Ev}$$

$$fr = \frac{2.5mm}{4.12mm}$$

$$fr = 0.6 \text{ días}$$

Donde:

Ln= Lámina neta

Lb= Lámina bruta

fr= Frecuencia de riego

Ef= Eficiencia del emisor

Ev= Evapotranspiración diaria

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de junio

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

Donde:

Q= Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500m \times 2.8mm}{1875lt/h}$$

$$t = 2.2 \text{ hora}$$

t= Tiempo de riego

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2.8mm}{1200lt/h}$$

$$t = 3.5 \text{ horas}$$

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2.8mm}{600lt/h}$$

$$t = 7 \text{ horas}$$

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{2.5mm}{0.7}$$

$$Lb = 3.6 \text{ mm}$$

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 3.6mm}{2250lt/h}$$

$$t = 2.4 \text{ horas}$$

Lámina de riego calculada para el mes de julio

$$Ln = 5.50 \text{ mm} \times kc$$

$$Ln = 5.50 \text{ mm} \times 0.6 = 3.3mm$$

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{3.3mm}{0.9}$$

$$Lb = 3.7 \text{ mm}$$

Donde:

Ln= Lámina neta

Lb= Lámina bruta

fr= Frecuencia de riego

Ef= Eficiencia del emisor

$$fr = \frac{Ln}{Ev}$$

Ev= Evapotranspiración diaria

$$fr = \frac{3.3mm}{5.50mm}$$

$$fr = 0.6 \text{ días}$$

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de julio

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

Q= Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500m \times 3.7mm}{1875lt/h}$$

t= Tiempo de riego

$$t = 3 \text{ hora}$$

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 3.7mm}{1200lt/h}$$

$$t = 4.6 \text{ horas}$$

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 3.7mm}{600lt/h}$$

$$t = 9.3 \text{ horas}$$

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{3.3mm}{0.7}$$

$$Lb = 4.7 \text{ mm}$$

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 4.7mm}{2250lt/h}$$

$$t = 3.1 \text{ horas}$$

Lámina de riego calculada para el mes de agosto

$$L_n = 4.17 \text{ mm} \times k_c$$

Donde:

$$L_n = 4.17 \text{ mm} \times 0.6 = 2.5 \text{ mm}$$

L_n = Lámina neta

$$L_b = \frac{L_n}{E_f}$$

L_b = Lámina bruta

$$L_b = \frac{2.5 \text{ mm}}{0.9}$$

f_r = Frecuencia de riego

$$L_b = 2.8 \text{ mm}$$

E_f = Eficiencia del emisor

$$f_r = \frac{L_n}{E_v}$$

E_v = Evapotranspiración diaria

$$f_r = \frac{2.5 \text{ mm}}{4.17 \text{ mm}}$$

$$f_r = 0.6 \text{ días}$$

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de agosto

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t = \frac{A \times L_b}{Q}$$

Q = Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500 \text{ m} \times 2.8 \text{ mm}}{1875 \text{ lt/h}}$$

t = Tiempo de riego

$$t = 2.2 \text{ hora}$$

A = Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{A \times L_b}{Q}$$

$$t = \frac{1500 \text{ m} \times 2 \times 2.8 \text{ mm}}{1200 \text{ lt/h}}$$

$$t = 3.5 \text{ horas}$$

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{A \times L_b}{Q}$$

$$t = \frac{1500 \text{ m} \times 2 \times 2.8 \text{ mm}}{600 \text{ lt/h}}$$

$$t = 7 \text{ horas}$$

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{2.5mm}{0.7}$$

$$Lb = 3.6 \text{ mm}$$

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m \times 2 \times 3.6mm}{2250lt/h}$$

$$t = 2.4 \text{ horas}$$

Lámina de riego calculada para el mes de septiembre

$$Ln = 5.04 \text{ mm} \times kc$$

Donde:

$$Ln = 5.04 \text{ mm} \times 0.6 = 3mm$$

Ln= Lámina neta

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

Lb= Lámina bruta

$$Lb = \frac{3mm}{0.9}$$

fr= Frecuencia de riego

$$Lb = 3.3 \text{ mm}$$

Ef= Eficiencia del emisor

$$fr = \frac{Ln}{Ev}$$

Ev= Evapotranspiración diaria

$$fr = \frac{3mm}{5.04mm}$$

$$fr = 0.6 \text{ días}$$

Tiempos de riego calculados para los tratamientos para el mes de septiembre

Tratamiento 1, gotero Auto compensante de 25 lt/h

Donde:

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

Q= Caudal de los emisores

$$t = \frac{1500m \times 3.3mm}{1875lt/h}$$

t= Tiempo de riego

$$t = 2.6 \text{ hora}$$

A= Área de los tratamientos

Tratamiento 2, 2 goteros auto compensantes de un caudal de 8lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x3.3mm}{1200lt/h}$$

t=4.1 horas

Tratamiento 3, 2 Goteros auto compensantes de un caudal de 4lt/h cada uno

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x3.3mm}{600lt/h}$$

t= 8.3 horas

Tratamiento 4, Microaspersores de un caudal de 30lt/h

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$

$$Lb = \frac{3mm}{0.7}$$

Lb= 4.3 mm

$$t = \frac{AxLb}{Q}$$

$$t = \frac{1500m2x4.3mm}{2250lt/h}$$

t=2.9 horas

Para el tratamiento 5 (inundación) se aplicó un caudal aproximado de 380 lt/h, con una válvula, hasta llegar a saturación en cada línea de riego.

El caudal que se aplicó en el tratamiento

3.5.7. Datos del cultivo implementado

El cultivo al momento de la implementación del ensayo tenía 4 años de vida y se encontraba en producción, para lo cual, la cosecha de los frutos se realiza comúnmente a los 6 meses después de la floración y 2 meses en tiempo de cosecha antes de la sobre maduración, al implementar el ensayo se realizaron podas de saneamiento y fructificación, además de la aplicación de fertilizante 10-30-10, 1 libra por planta cada 6 meses. El cultivo se encontraba sin ninguna afectación de enfermedades para lo cual se realizó el monitoreo del cultivo dependiendo el tiempo de análisis de las diferentes variables de estudio, además de considerar los tiempos de riego que se aplicaron para cada tratamiento y repetición. Los cultivares de la zona de Imbabura, en el caso del cultivo de naranja presentan la baja afectación y proliferación de enfermedades para lo cual la zona no fue la excepción, por ende,

no existió la aplicación de fungicidas e insecticidas en los cultivares de naranja, para el ensayo y muestreo realizado.

3.5.8. Datos de los emisores

3.5.8.1. Gotero Autocompensante PC de la industria NETAFIM:

Características principales

Tiene un laberinto TURBONET de flujo rápido.

Posee gran cantidad de fuerza a la obstrucción.

Una superficie de paso del laberinto que ayuda el sumidero de materia que no se necesita.

Autocompensante con diferencia de presión y un caudal constante a diferencia de presión de entrada, la dosificación del recurso hídrico y fertilizante es precisa.

Los emisores (goteros) de la industria NETAFIM, de los caudales 4lt/h, 8lt/h y 25 lt/h cumplen con la normativa ISO 9261.

El emisor es inyectado con bajo coeficiente de variación (NETAFIM, 2020).

Tabla 7. Matriz Gotero Autocompensante 25 lt/h

Caudal (lt/h)	Color base	Presión (bar)	Dimensiones paso del laberinto ancho-prof-largo (mm) Laberintos paralelos	Const K	Exp X (válido en dentro del rango de presión de trabajo)	Diámetro de cobertura (m)
25	Naranja-negro	0.5-4.0	1.55x1.05x17	25	0	1.49

Fuente. (NETAFIM, 2020)

Tabla 8. Matriz Gotero Autocompensante 8 lt/h

Caudal (lt/h)	Color base	Presión (bar)	Dimensiones paso del laberinto ancho-prof-largo (mm) Laberintos paralelos	Const K	Exp X (válido en dentro del rango de presión de trabajo)	Diámetro de cobertura (m)
8	Verde-negro	1.0-2.0	1.20x0.88x15	8	0	1.02

Fuente. (NETAFIM, 2020)

Tabla 9. Matriz Gotero Autocompensante 4 lt/h

Caudal (lt/h)	Color base	Presión (bar)	Dimensiones paso del laberinto ancho-prof-largo (mm) Laberintos paralelos	Const K	Exp X (válido en dentro del rango de presión de trabajo)	Diámetro de cobertura (m)
4	Negro-negro	0.8-1.5	1.0x0.9x13	4	0	0.78

Fuente. (NETAFIM, 2020)

3.5.8.2. Microaspersor de 30 lt/h GRI de la Industria NETAFIM:

Presiones necesarias para el trabajo de 1.5 a 3 bar

Diámetro humedecido 1m

Requerimientos de filtrado 130 micrones para boquillas azules en frutales. (NETAFIM, 2020).

3.6. VARIABLES A EVALUAR

3.6.1. Número de frutos

Para el muestreo de número de frutos se procedió a señalar cada grupo de flores con cintas de colores y se analizó desde la floración hasta el cuajado de frutos cuantos se formaron. Para el muestreo se lo realizó a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la floración (ddf), hasta el cuajado de frutos que es a los 90 días.

3.6.2. Peso del fruto

Para determinar el peso del fruto se tomó 4 frutos por cada árbol, en total 16 por tratamiento, posteriormente se pesó cada fruto con una balanza gramera y los resultados se expresaron kg. Para el análisis de esta variable se muestreo a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

3.6.3. Grados Brix

Según Suzest (2018), afirma que son los porcentajes o cantidades de azúcar que se encuentran en la fruta, de hecho, su medición se la realiza mediante los sólidos solubles existentes, en donde el instrumento de medición es el refractómetro que permite medir el porcentaje y los niveles de azúcar que se presentan en la naranja, siendo adaptada para el consumo humano. Para el muestreo de los grados brix se tomó 4 frutos de cada árbol entre 2 árboles desde el lado izquierdo y 2 del lado derecho de la tubería central por cada tratamiento, se exprimió el jugo de naranja y con el refractómetro se procedió a tomar los datos de grados brix. Para el muestreo

de esta variable se realizó a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

3.6.4. pH en las frutas

“El grado de acidez se lo mide con pH-metro, el cual caracteriza su sabor en función de la concentración de vitamina C en la fruta y por ende tiene diferentes grados de acidez dependiendo de su valor de pH.” Para el muestreo del pH se tomó 4 frutos de cada árbol entre 2 árboles desde el lado izquierdo y 2 del lado derecho de la tubería central por cada tratamiento, se exprimió el jugo de naranja y con el ph-metro se procedió a tomar los datos del pH. (Andrade, 2016). Para analizar esta variable se realizó el muestreo a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

3.6.5. Incidencia de alternaria en naranja

La alternaria (*Alternaria citri*), es una enfermedad que ataca principalmente a los cítricos, los síntomas se presentan en las hojas y ramas, produciendo manchas amarillentas. Para el desarrollo de esta enfermedad la cantidad de humedad relativa favorece a la dispersión de los conidios lo que provoca la infección de la planta. Por lo que se debe considerar los sistemas de riego en los cultivares de la zona. Cuando existe la propagación de los conidios se debe realizar un control para evitar el desarrollo de la enfermedad y por consecuencia la baja producción de los cultivos de naranja. Para la toma de incidencia de alternaria se utilizó la fórmula referida por Ramos (2018):

$$incidencia = \frac{\text{plantas enfermas}}{\text{plantas totales}} \times 100.$$

El muestreo se efectuó a los 15, 30, 45 y 60 días de inicio de la cosecha (ddic).

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para evaluar los tratamientos del experimento se procedió a la toma de datos de los árboles, analizando las variables: número de frutos, peso de los frutos, grados brix, pH del fruto e incidencia de alternaria. Se procedió a identificar el efecto en cada tratamiento según el número de repeticiones, para ello, se utilizó el programa estadístico InfoStat, es importante mencionar que se recolectó 16 frutos por tratamiento previamente señalados del tercio medio de la planta, permitiendo identificar el manejo adecuado de cada tratamiento para establecer su efecto en la productividad, posteriormente se analizaron los resultados que permita identificar

el tratamiento con mayor eficiencia de los sistemas de riego aplicados en la producción de la naranja.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez recolectada la información durante 60 días de cosecha se procesaron los datos con ayuda del programa estadístico InfoStat que permitió la interpretación de los datos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para las diferentes variables:

4.1.1. Peso promedio del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

En la Tabla 10, Análisis de varianza para la variable peso del fruto en kg/tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic), se observa que a los 10, y 20 ddic, no existe diferencias significativas, en tanto que a los 30, 40, 50 y 60 ddic, existen diferencias altamente significativas, con una media de 0.061, 0.073, 0.088, 0.092, 0.111 y 0.127 kg, desde los 10 hasta los 60 ddic, y evidenciando que el ensayo se realizó adecuadamente al observar C.V. de 7.100, 6.310, 1.670, 0.920, 0.810 y 2.040% respectivamente para cada período de muestreo.

Tabla 10. Análisis de varianza para peso del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

FV	GL	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días
		P- VALOR					
Repeticiones	4						
Tratamientos	4	0.921ns	0.513ns	0.001**	0.0001**	0.0001**	0.002**
Error	16						
Total	24						
Media (kg)		0.061	0.073	0.088	0.092	0.111	0.127
C.V (%)		7.100	6.310	1.670	0.920	0.810	2.040

Leyenda. F.V;Fuente de variación; GL; Grados de libertad; P-valor; Grados significativos; ns: no hay diferencia estadística significativa; **: Alta diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación.

4.1.2. Prueba de Tukey al 5% para peso del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

En la tabla 11, Prueba de Tukey al 5% para la variable peso del fruto en Kg por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic) en el cultivo de naranja donde, a los 30 ddic se observó que T1 (riego por goteo con un

gotero por planta de 25 lt/h) con una media de 0.091 kg fue el mejor tratamiento, a diferencia de T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 0.087 kg el cual no fue favorable en la ganancia de peso del fruto; a los 40 ddic se observó que el T1 (riego por goteo con un gotero por planta de 25 lt/h) con una media de 0.102 kg fue el mejor tratamiento, a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 0.098kg el cual ganó menos peso; a los 50 ddic se evidencia que T1 (riego por goteo con un gotero por planta de 25 lt/h) con una media de 0.115kg fue el tratamiento que ganó más peso del fruto; a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 0.110kg el cual fue el menos favorable y a los 60 ddic se evidencia que el T1 (riego por goteo con un gotero por planta de 25 lt/h) con una media de 0.132 kg fue el mejor tratamiento, a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) el cual fue el peor tratamiento con una media de 0.125 kg, cabe señalar que a los 10 y 20 ddic no existió diferencia estadística significativa.

Tabla 11. Prueba de Tukey al 5% para la variable peso del fruto de naranja en kg.

Tratamientos	30 días	40 días	50 días	60 días
T1 (1 g 25lt/h.p)	0.091 A	0.102 A	0.115 A	0.132 A
T2 (2 g 8lt/h.p)	0.088 AB	0.100 B	0.112 B	0.129 AB
T3 (2 g 4lt/h.p)	0.087 B	0.098 BC	0.111 BC	0.126 B
T4 (ma 30lt/h p)	0.087 B	0.098 C	0.110 C	0.126 B
T5 Riego por inundación (saturación)	0.087 B	0.098 C	0.1104C	0.125 B

Leyenda: g.: Gotero, ma: Micro aspersor, p: por planta

Los resultados obtenidos en la variable peso del fruto en Kg por tratamiento, el mayor promedio es del T1 (riego por goteo con un gotero por planta de 25 lt/h), esto debido a que el caudal aportado al cultivo logró cubrir eficientemente los requerimientos hídricos en la etapa de producción. En este sentido, Frederick (2020), sostiene que los diferentes tipos de riego que actualmente se implementan en los cultivos no mantienen mayor eficiencia, a diferencia del riego por goteo con alto caudal, puesto que representa una eficiencia con mayor impacto, especialmente en los cultivos frutales que requieren de mayor absorción de agua para mantener su desarrollo fisiológico, lo cual confirma los mayores resultados obtenidos en el T1 correspondiente al peso del fruto, puesto que a mayor cantidad de agua aplicada en la zona radicular permite que al momento del llenado de fruto se tenga mayor ganancia de peso y por ende los frutos sean más robustos.

4.1.3. Grados brix promedio del fruto de naranja en % por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

En la tabla 12, de análisis de varianza para la variable grados brix en la cosecha en el cultivo de naranja *citrus sinensis* a los 10, 20, 30 ,40 ,50 ,60 días iniciada la cosecha (ddic), se obtuvo a los 10, 20, 30 y 40 días no existe diferencia estadística significativa ($p > 0.05$), en el ddic 50 se evidenció diferencia estadística significativa y en el dic 60 se evidenció alta diferencia estadística significativa ($p < 0.01$); presentando coeficientes de variación de 9.45%, 6.59%, 7.41%, 4.02 %, 2.98% y 3.31% respectivamente para los días evaluados; asimismo, se muestran valores promedio de 9.720°, 9.895°, 10.044°, 10.060°, 10.082° y 10.004°.

Tabla 12. Análisis de varianza para Grados brix promedio del fruto de naranja en % por tratamiento cada 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciada la cosecha (ddic).

FV	GL	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días
		P- Valor					
Repeticiones	4						
Tratamientos	4	0.3210ns	0.5451ns	0.9452ns	0.6172ns	0.0241*	0.0010**
Error	16						
Total	24						
Media (°B)		9.720	9.895	10.044	10.063	10.082	10.004
C.V (%)		9.450	6.590	7.410	4.020	2.980	3.310

Leyenda.F.V;Fuente de variación; GL; Grados de libertad; P-valor; Grados significativos; ns: no hay diferencia estadística significativa;**: Alta diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación

4.1.4. Prueba de Tukey al 5% para la variable grados brix del fruto en % por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha.

En la tabla 13, Prueba de Tukey al 5% para la variable grados brix del fruto en % por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic) en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*), a los 50 ddic, se observó que el mejor tratamiento fue T5 (riego por inundación con un caudal de 60 lt/h por surco) con una media de 10.249°, a diferencia de T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno), con una media de 9.645° el cual fue el tratamiento con menor porcentaje; y a los 60 ddic se evidenció que T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno), fue el mejor tratamiento con una media de 10.248° , mientras que el tratamiento de menor valor fue T4 (riego por microaspersión de 30 lt/h por planta), con una media de 9.259°, cabe mencionar que a los 10, 20 , 30 y 40 ddic no existió diferencia estadística significativa.

Tabla 13. Prueba de Tukey al 5% para la variable grados brix del fruto de naranja.

Tratamientos	50 días	60 días
T1 (1 g 25lt/h.p)	10.037 AB	10.034 A
T2 (2 g 8lt/h.p)	9.645 B	10.248 A
T3 (2 g 4lt/h.p)	10.245 A	10.243 A
T4 (ma 30lt/h p)	10.236 A	9.259 B
T5 Riego por inundación (saturación)	10.249 A	10.239 A

Leyenda: g.: Gotero, ma: Micro aspersor, p: por planta

De los resultados sobre contenido de grados brix, para el cultivo de naranja, se encontró que no existe diferencia entre los 10 a los 40 ddic, mientras que en los siguientes días de muestreo los tratamientos que menor cantidad de grados brix mostraron fueron el T2 para los 50 ddic y T4 a los 60ddic, lo cual nos indica que no existe diferencia en cuanto al contenido de azúcar en función al peso, ya que los frutos más pequeñas en los primeros (ddic) tienen mayor porcentaje de sólidos solubles totales. Según Arenas, (2018), quien manifiesta que los grados brix para la naranja están entre 9.00° y 15.00° dependiendo de la variedad, valores que están dentro del rango señalado, de conformidad a la presente investigación, debido a la transformación de azúcar y un incremento en la función de las enzimas hidrolasas, el T2 fue el que ganó menos peso y por ende tiene un mayor porcentaje de los sólidos solubles totales a los 60ddic.

4.1.5. pH promedio del fruto de naranja a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

En la tabla 14, pH promedio del fruto de naranja por tratamiento, de análisis de varianza para la variable pH del fruto en la cosecha en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*), a los 10, 20, 30 ,40 ,50 ,60 días iniciada la cosecha (ddic), se obtuvo a los 10, 20 días existe alta diferencia estadística significativa ($p < 0.01$), al ddic 30 existe diferencia estadística significativa, en los ddic 40, 50 y 60 se evidenció que no hay diferencia estadística significativa ($p > 0.05$); a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 ddic con un coeficiente de variación de 2.990%, 2.930% , 3.980% , 7.070%, 5.070%, 7.210% y una media de 3.220, 3.247, 3.246, 3.249, 3.319 y 3.394 de acidez.

Tabla 14. Análisis de varianza para pH promedio del fruto de naranja por tratamiento cada 10 días.

FV	GL	10 días	20 días	30 días	40 días	50 días	60 días
		P- Valor					
Repeticiones	4						
Tratamientos	4	0.0001**	0.0001**	0.015*	0.761ns	0.457ns	0.741ns
Error	16						
Total	24						
Media		3.220	3.247	3.246	3.249	3.319	3.394
C.V (%)		2.990	2.930	3.980	7.070	5.070	7.210

Leyenda. F.V: Fuente de variación; GL; Grados de libertad; P-valor; Grados significativos; ns: no hay diferencia estadística significativa; **: Alta diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación.

4.1.6. Prueba de Tukey al 5% para la variable pH del fruto por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic).

Tabla 15. Prueba de Tukey al 5% para la variable pH del fruto de naranja.

Tratamientos	10 días	20 días	30 días
T1 (1 g 25lt/h.p)	3.462 A	3.538 A	3.428 A
T2 (2 g 8lt/h.p)	3.244 B	3.244 B	3.268 AB
T3 (2 g 4lt/h.p)	3.192 BC	3.222 BC	3.212 AB
T4 (ma 30lt/h p)	3.056 C	3.052 C	3.098 B
T5 Riego por inundación (saturación)	3.148 BC	3.180 BC	3.226 AB

Leyenda: g.: Gotero, ma: Micro aspersor, p: por planta

En la tabla 15, Prueba de Tukey al 5% para la variable pH del fruto por tratamiento a los 10, 20, 30, 40, 50 y 60 días después de iniciar la cosecha (ddic) en el cultivo de naranja (*Citrus sinensis*); donde a los 10 ddic se evidenció que T1 (riego por goteo con 1 gotero por planta de 25 lt/h), fue el mejor tratamiento con una media de 3.462 de acidez, mientras que el peor tratamiento fue T4 (riego por microaspersión de 30 lt/h por planta), fue el peor tratamiento con una media de 3.056 de acidez; a los 20 ddic se observó que el mejor tratamiento fue T1 (riego por goteo con 1 gotero por planta de 25 lt/h) con una media de 3.538 de acidez, a diferencia de T4 (riego por microaspersión de 30 lt/h por planta), con una media de 3.052 de acidez el cual fue el peor tratamiento, a los 30 ddic se evidenció que el mejor tratamiento fue T1 (riego por goteo con 1 gotero por planta de 25 lt/h), con una media de 3.428 de acidez, a diferencia de T4 (riego por microaspersión de 30 lt/h por planta), con una media de 3.098 de acidez, el cual fue el menos favorable en el fruto de naranjo, cabe destacar que a los 40, 50 y 60 ddic no existió diferencia estadística significativa.

Para la variable pH, del fruto de naranja, luego de realizados los análisis estadísticos señala que los valores de pH se encuentran dentro de los estándares de la fruta, esto debido a que la correcta aplicación de agua permitió un adecuado desarrollo y formación física y química del fruto. Es así que, González (2010), quien señala que el rango de pH para la naranja oscila entre 3 a 4; lo que concuerda con los resultados

del presente estudio, en donde el valor de pH más alto es de 3.538, el grado de pH promedio va de menor de 3.220 en los primeros 10 ddc, hasta 3.538 en los 60 ddc, es decir que conforme al aumento de días de madurez del fruto el grado de acidez se transforma en azúcar como lo confirma Arenas (2018). El T1 es el mejor ya que el agua es absorbida directamente a la raíz con el mayor gasto hídrico, y por ende ayuda a la transformación de ácidos en azúcar, esto lleva una correlación directa con la variable peso, con el mayor aumento del mismo desde los 10 ddc hasta los 60 ddc; como lo corrobora Durán (2017) en su estudio.

4.1.7. Incidencia de alternaria (*Alternaria Alternata* f. sp. citri) en el cultivo de naranja, desde los 15, 30, 45 y 60 días de inicio de la cosecha (ddc).

Tabla 16. Análisis de varianza para incidencia de *Alternaria*, en el cultivo de naranja desde los 15, 30, 45 y 60 días de inicio de la cosecha (ddc).

FV	G. L	15 días	30 días	45 días	60 días
		P-valor			
Repeticiones	4				
Tratamientos	4	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Error	16				
Total	24				
Media (%)		24.530	29.064	23.990	40.520
C.V (%)		9.010	14.320	8.780	8.380

Leyenda. F.V: Fuente de variación; GL; Grados de libertad; P-valor; Grados significativos; ns: no hay diferencia estadística significativa; **: Alta diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación

En la tabla 16, de análisis de varianza para la variable incidencia de alternaria en un cultivo de naranja (*Citrus sinensis*), desde los 15 días hasta 60 días después de iniciada la cosecha, cuyos resultados dicen, que a los 15 ddc con un coeficiente de variación de 9.010% el cual se encuentra en un rango aceptable a nivel agrícola y una media de 24.530% de alternaria; a los 30 ddc con un coeficiente de variación de 14.320% y una media de 29.064% de la enfermedad; a los 45 ddc con un coeficiente de variación de 8.780% y una media de 23.990% de alternaria; a los 60 ddc con un coeficiente de variación de 8.380% y una media de 40.520% de la presencia de la enfermedad.

4.1.8. Prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de alternaria (*Alternaria Alternata* f. sp. citri) por tratamiento a los 15, 30, 45 y 60 días después de iniciar la cosecha.

En la tabla 17, Prueba de Tukey al 5% para la variable incidencia de alternaria en un cultivo de naranja desde los 15 días hasta los 60 días después de la cosecha, a los 15 ddc el T1 (1 gotero por planta con un caudal de 25 lt/h) con una media de 9.330%

donde se evidenció menor incidencia de alternaria, seguido por T2(2 goteros por planta con un caudal de 8lt/h cada uno) con una media de 16.000%, a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación) con una media de 40.000% el cual no fue favorable, a los 30 ddc el T1(1 gotero por planta con un caudal de 25 lt/h) con una media de 16.000% el cual muestra una menor incidencia de alternaria seguido por T2 (2 goteros por planta con un caudal de 8lt/h cada uno) con una media 20.000 % a diferencia de T5 (riego por inundación por saturación) con una media de 44.000% donde se obtuvo mayor incidencia de alternaria, a los 45 ddc el T1 (1 gotero por planta con un caudal de 25 lt/h) con una media de 13.320% el cual muestra una menor incidencia de alternaria, seguido por T2 (2 goteros por planta con un caudal de 8lt/h cada uno) con una media de 18.670% a diferencia de T5 (riego por inundación por saturación) con una media de 36.000%, el cual tuvo mayor incidencia de alternaria; a los 60 ddc el T1 (1 gotero por planta con un caudal de 25 lt/h) con una media de 23.980% el cual muestra una menor incidencia de alternaria, seguido por T2 (2 goteros por planta con un caudal de 8lt/h cada uno) con una media de 32.000% a diferencia de T5 (riego por inundación por saturación) con una media de 58.660%, el cual tuvo mayor incidencia de alternaria.

Tabla 17. Prueba de Tukey al 5%, para la incidencia (%), de alternaria en un cultivo de naranja.

Tratamientos	15 días	30 días	45 días	60 días
T1 (1 g 25lt/h.p)	9.330A	16.000A	13.320A	23.980A
T2 (2 g 8lt/h.p)	16.000B	20.000AB	18.670B	32.000B
T3 (2 g 4lt/h.p)	25.330C	27.990AB	22.660B	40.000C
T4 (ma 30lt/h p)	32.000D	37.330C	29.330C	48.000D
T5 Riego por inundación (saturación)	40.000E	44.000C	36.000D	58.660E

Leyenda: g.: Gotero, ma: Micro aspersor, p: por planta

La incidencia de alternaria de los cítricos (*Alternaria Alternata sp. citri*), se ve reducida en el tratamiento T1 durante la investigación, ya que en función de la optimización del agua con goteo de un caudal de 25 lt/h, no existe demasiada humedad en la zona radicular y por ende no se propaga con mayor facilidad la enfermedad. Al respecto, la enfermedad fungosa conocida como alternaria (*Alternaria Alternata f. sp. Citri*), es favorecida con la presencia de mayor cantidad de lluvia y humedad relativa alta y temperatura alta, siendo estos parámetros climáticos óptimos para el desarrollo de la enfermedad, particularmente de la variedad Washington Navel. Al respecto no existen estudios puntuales del porcentaje de incidencia y control de alternaria en naranja (Hernández, 2022).

4.1.9. Número de frutos de naranja formados desde la floración a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la floración (ddf).

Tabla 18. Análisis de varianza para frutos de naranja formados desde la floración por tratamiento cada 15 ddf (días después de la floración).

FV	GL	15 días	30 días	45 días	60 días	75 días	90 días
		P- Valor					
Repeticiones	4						
Tratamientos	4	0.130ns	0.160ns	0.007**	0.009**	0.002**	0.001**
Error	16						
Total	24						
Media		8.990	8.450	7.550	7.390	6.450	5.610
C.V (%)		17.380	18.800	19.270	19.190	20.010	20.050

Leyenda. Grados significativos; ns: no hay diferencia estadística significativa; **: Alta diferencia estadística significativa; CV: Coeficiente de variación

En la tabla 18, de análisis de varianza para la variable número de frutos después de la floración en el cultivo de naranja *citrus sinensis*, se obtuvo a los 15 y 30 ddf con un coeficiente de variación de 17.380% y una media de 8.990 frutos, a los 30 ddf con un coeficiente de variación de 18.080% y una media de 8.450 frutos, no existe diferencia estadística significativa $p > 0.05$ a diferencia de los 45, 60, 75, 90 ddf donde existió alta diferencia significativa $p < 0.01$ a los 45 ddf con un coeficiente de variación de 19.270% y una media de 7.550 frutos, a los 60 ddf con un coeficiente de variación de 19.190% y una media de 7.390 frutos, a los 75 ddf con un coeficiente de variación de 20.010% y una media de 6.450 frutos y a los 90 ddf con un coeficiente de variación de 20.050% y una media de 5.610 frutos.

4.1.10. Prueba de Tukey al 5% para la variable frutos de naranja formados desde la floración a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la floración.

En la tabla 19, Prueba de Tukey al 5% para la variable número de fruto por tratamiento a los 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de iniciar la floración (ddf) en el cultivo de naranja donde a los; a los 45 ddf se observó que T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno) con una media de 8.750 frutos fue el mejor tratamiento, a diferencia de T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 5.050 frutos el cual no fue favorable en caída de frutos; a los 60 ddf se observó que el T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno) con una media de 8.550 frutos fue el mejor tratamiento, a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 5 frutos no fue favorable en la caída de frutos; a los 75 ddf se evidencia que T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno) con una media de 7.750 frutos fue el mejor tratamiento; a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) con una media de 3.600 frutos

el cual fue el menos favorable en la caída de frutos y a los 90 ddf se evidencia que el T2 (riego por goteo con 2 goteros por planta de 8 lt/h cada uno) con una media de 6.750 frutos fue el mejor tratamiento, a diferencia del T5 (riego por inundación por saturación por surco) el cual fue el peor tratamiento con una media de 2.900 frutos, cabe indicar que a los 15 y 30 ddf no existió diferencia estadística significativa.

Tabla 19. Prueba de Tukey al 5% para la variable número de frutos de naranja formados desde la floración.

Tratamientos	45 días	60 días	75 días	90 días
T1 (1 g 25lt/h.p)	8.600 A	8.300 A	7.500A	6.600 A
T2 (2 g 8lt/h.p)	8.750 A	8.550 A	7.750A	6.750 A
T3 (2 g 4lt/h.p)	7.850 AB	7.700 AB	6.850 A	6.000 A
T4 (ma 30lt/h p)	7.500 AB	7.400A B	6.550 A	5.800 A
T5 Riego por inundación (saturación)	5.050 B	5.000 B	3.600 B	2.900 B

Leyenda: g.: Gotero, ma: Micro aspersor, p: por planta

Una vez realizado el análisis de la variable número de frutos cuajados desde la floración con un muestreo inicial de 12 flores promedio por cada tratamiento, se analiza un incremento en la producción entre los 45 a 90 ddf. Las investigaciones desarrolladas para la producción de frutos de naranja por árbol, no mencionan esta variable, sin embargo, Cruz (2017), señala que el tratamiento de riego por goteo es el más eficiente y permite que las flores no se caigan con mayor facilidad y por ende se tenga un mayor número de frutos cuajados, el que generó menores costos y mejor manejo en cuanto al impacto ambiental por ende fue el más eficiente al momento de ser implantado en cualquier cultivo por optimizar el recurso hídrico y tener menor costo de producción en cualquier cultivar de la zona.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Para la variable peso del fruto en kg, el tratamiento que presentó los mejores resultados fue el Tratamiento 1 (1 gotero de 25lt/h por planta), con una media de 0.132 kg por fruto, a los 60 ddic lo que indica que, en el estado fenológico de llenado de fruto, se requiere mayor cantidad de agua para incrementar el peso y la calidad del fruto.
- El tratamiento que presentó más grados brix, es el Tratamiento 5 (riego por inundación por saturación), con un valor de 10.249 grados brix a los 50 ddic, siendo el mejor debido al alto contenido de sólidos solubles.
- Con relación a la variable pH del fruto, el Tratamiento1 (1 gotero por planta con un caudal de 8lt/h), fue el mejor con un valor de 3.428 a los 30 ddic, a mayor caudal de aplicación el fruto es más básico hasta la maduración del fruto, donde se logra alcanzar valores homogéneos de pH.
- El Tratamiento 1 (1 gotero por planta con un caudal de 25 lt/h) con una media de 23.98%, se evidenció menor incidencia de alternaria a los 60 ddic, este resultado nos indica que el porcentaje de incidencia de alternaria es menor a una edad más temprana de producción, cuando se tiene un mejor suministro de agua.
- Con relación a la variable número de frutos, el tratamiento 2 (2 goteros con un caudal de 8lt/h por cada planta), con una media de 6.750 frutos, a los 90 ddf fue el mejor tratamiento por lo que se evidencia el mayor número de frutos formados desde la floración.
- Para la variable incidencia de alternaria, durante todo el ensayo, tratamiento 1 (1 gotero por planta con un caudal de 8lt/h) fue mejor al mostrar un porcentaje de 23.980% a los 60 ddic.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar un sistema de riego por goteo con un caudal de 25 lt/h por planta en el cultivo de Naranja ya que se promueve un mayor peso promedio del fruto y una mejor calidad del fruto de naranja, además de una menor presencia de Alternaria.
- Se recomienda aplicar el Tratamiento 2 (riego por goteo con 2 goteros por planta con un caudal de 8lt/h cada uno), para la variable números de frutos formados desde la floración hasta el cuajado de fruto, ya que permitió la formación de mayor número de frutos.
- Se recomienda realizar la aplicación de otros caudales por goteo en el cultivo de naranja para analizar el mejoramiento en la producción del fruto, considerando los valores de evapotranspiración de acuerdo a la zona de estudio.
- Se recomienda utilizar el Tratamiento 1 (1 gotero por planta con un caudal de 25lt/h) en frutales para condiciones similares por su eficiencia en las variables.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, R. (2016). *Efecto del pH, Sólidos Solubles y Zumo Adicionado sobre el color y la Vitamina C de Zumo de Naranja Agría Cocrystalizado*. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000600013
- Aquae. (2018). Composición del agua. <https://www.fundacionaquae.org/que-es-el-agua>
- Ares, M. (30 de Agosto de 2016). Qué es la erosión hídrica y cómo la estudiamos en el IHLLA. <https://www.unicen.edu.ar/content/%C2%BFqu%C3%A9-es-la-erosi%C3%B3n-h%C3%ADdrica-y-c%C3%B3mo-la-estudiamos-en-el-ihlla>
- Cano, A. (Agosto de 2017). *Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego*. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700001
- Díaz P., A. (2015). *Manual de observaciones fenológicas*. Retrieved 18 de Julio de 2020, from <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Ecotec. (2015). *EL AGUA EN EL SUELO*. https://www.ecotec.edu.ec/material/material_2020A1_AGR100_01_135669.pdf
- FAO. (2014). *Evapotranspiración del cultivo en condiciones estándar*. Retrieved 25 de Julio de 2020, from <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>
- Frucosol. (18 de Septiembre de 2018). *Ciclo de vida de una naranja*. Retrieved 15 de Julio de 2020, from <https://frucosol.com/es/2018/09/18/ciclo-de-vida-de-una-naranja/>
- Gisbert Blanquer, J. M., Ibáñez Asensio, S., & Moreno Ramón, H. (2010). *Textura de un suelo*. Retrieved 19 de Agosto de 2020, from Universidad Politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>
- Gisbert, J. (Agosto de 2018). *La textura de un suelo*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>

- González, L. (Mayo de 2016). *Procesos, cultivo, riego de naranja*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/cultivo-de-naranja-proceso-ciclo-riego-y-enfermedades/>
- Guirola, J. (13 de Enero de 2020). *Desarrollo del software riedi para el diseño de sistemas de riego localizado*. <https://core.ac.uk/download/pdf/287219312.pdf>
- Hernández, A. (Enero de 2015). *Taxonomía y Botánica de Naranja*. <https://es.scribd.com/document/285794397/Taxonomia-y-Botanica-de-Naranja#>
- Hernández, J. M. (Enero de 2016). *Evapotranspiración*. <https://agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/evapotrans2008.pdf>
- Hernández, M. (Mayo de 2017). *La cuenca y el ciclo del agua*. <https://www.clac-comerciojusto.org/wp-content/uploads/2018/03/Manual-de-uso-sostenible-de-agua-por-productores-del-Comercio-Justo-ok.pdf>
- IDV. (Julio de 2017). *Manejo del agua*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-sostenible-del-agua.pdf>
- INAMHI. (2017). *Anuario Meteorológico*. Retrieved 5 de Julio de 2020, from http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- INTAGRI. (Mayo de 2015). *La naranja y sus requerimientos*. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-cultivo-de-la-naranja>
- INTAGRI. (Julio de 2018). *El cultivo de naranja*. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-cultivo-de-la-naranja#:~:text=El%20requerimiento%20de%20agua%20por,m3%2Fha%2Fa%C3%B1o.>
- MAGAP. (4 de Mayo de 2017). *El riego tecnificado, una opción que mejora la calidad*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/05/04/riego-tecnificado-ecuador>
- Mayanquer Mayanquer, O. I. (2019). *Sistemas de riego para el uso eficiente del recurso hídrico en la microcuenca del río Chamachán*. Retrieved 19 de Julio de 2020, from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9762/2/Pg%20742%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Medrano, M. (2020). *Análisis de los parámetros hidráulicos de una unidad de riego*. <https://repositoriosidca.csuca.org/Record/RepoUNA4252/Similar>

- Mejía, J., & Tapicaña, M. (12 de Enero de 2015). *Cultivos de clima tropical*. Retrieved 20 de Agosto de 2020, from <https://es.slideshare.net/SanticrisJJ/la-naranja-43593831>
- Mendoza, J. (Mayo de 2019). *Simulación prospectiva de la huella hídrica mediante el software Cropwat 8.0*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?type=author&value=Mendoza%20Galindo,%20Jesus%20Isai>
- Molina, E. (Agosto de 2018). *Nutrición y fertilización de la naranja*. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/\\$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/D4E5F648629449B0852579A30079AC9D/$FILE/Nutrici%C3%B3n%20y%20fertilizaci%C3%B3n%20de%20la%20naranja.pdf)
- Mujica, A. (Junio de 2017). *Efecto de variaciones del caudal en sistemas de microirrigación en el cultivo de guayaba*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542017000200006&lng=es&tlng=es.
- Muñoz, O. (10 de Febrero de 2016). *Sistema automático de riego por goteo para cultivo de fresas artesanal*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3744>
- NETAFIM. (2020). *Catálogos de productos Netafim y Regaber*. Retrieved 15 de Agosto de 2020, from https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/4215/Catalogo_General_2011-2014_LR.pdf
- NOVAGRIC. (8 de Mayo de 2016). *Riego por goteo*. Retrieved 11 de Julio de 2020, from <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-goteo>
- Pérez, A. (Junio de 2016). *Manejo de la fertirrigación en cítricos*. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/2441>
- Ramírez, V. (Mayo de 2017). *Sistematización de experiencias en el uso de sistemas de riego por goteo en limón*. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8818/>
- Ramón, L. (Diciembre de 2019). *Régimen de riego para cultivos en Manabí*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542019000400006&lng=es&tlng=en.

- Ramos, J. (Julio de 2018). *Alternaria en cítricos*.
<https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/alternaria-alternata-f-sp-citri>
- Rosales, L. (Diciembre de 2019). *Todo sobre la naranja*.
<https://www.spanishfruitsanddelicacies.com/blogs/news/la-naranja-fuente-de-salud>
- Rosales, M. (Julio de 2017). *El cultivo de naranjas*.
<https://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>
- Sánchez, F. J. (1998). *Evapotranspiración*. Retrieved 16 de Julio de 2020, from <http://hidrologia.usal.es/temas/Evapotransp.pdf>
- Sánchez, I. (Agosto de 2016). *Diagnóstico y evaluación de sistemas de riego*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700001
- Santana Pérez, L. M. (2008). *Evapotranspiración penman-monteith*. Retrieved 16 de Julio de 2020, from agrocabildo.org/publica/analisisclimatico/evapotrans2008.pdf
- SENAGUA. (2019). *Plan nacional de riego y drenaje*. Retrieved 5 de Agosto de 2020, from <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/PNRD-2019-2027.pdf>
- Sunzest. (Mayo de 2018). *Grados brix en las frutas*.
<https://www.sunzestfruits.com/grados-brix-sobre-el-azucar-de-las-frutas/#:~:text=Los%20grados%20Brix%20de%20las,est%C3%A1n%20entre%2012%20y%2014>
- Valencia, K. (13 de Noviembre de 2020). *Los cítricos en México: análisis de eficiencia*.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000300269&lng=es&tlng=es
- Vázquez, S. (Mayo de 2013). *Diseño de un sistema de riego automatizado*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>
- Vélez, J. (25 de Mayo de 2018). *El Estrés Hídrico en Cítricos (Citrus spp.)*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000200004&lng=en&tlng=es
- WIKIFARMER. (Junio de 2017). *Cosecha de Naranjos*.
<https://wikifarmer.com/es/cosecha-de-naranjos-y-rendimiento/>

WIKIFARMER. (Febrero de 2019). *Requerimientos de Fertilizante del Naranja*. <https://wikifarmer.com/es/requerimientos-de-fertilizante-del-naranja/#:~:text=Los%20naranjos%20tienen%20ciertas%20necesidades,manganeso%2C%20zinc%20y%20cobre>).

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ESTUDIANTE:	GOYES RODRIGUEZ HENRY VLADIMIR	CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401192356
PERIODO ACADÉMICO:	2023B		
PRESIDENTE TRIBUNAL	PhD SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL	DOCENTE TUTOR:	MSC. PAUL SANTIAGO ORTIZ TIRADO
DOCENTE:	MSC. PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO		
TEMA DEL TIC:	"Manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (Citrus sinensis) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura"		
No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	7.00	Detallar adecuadamente el problema
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7.00	
3	METODOLOGÍA	7.00	Describir la metodología utilizada en campo, principalmente describir la aplicación de los tiempos de riego
4	RESULTADOS	7.00	
5	DISCUSIÓN	7.00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7.00	Mejorar las conclusiones y recomendaciones
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	7.00	Mejorar la presentación ante el tribunal
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	7.00	Revisar ortografía y signos de puntuación en el formato establecido

Obteniendo una nota de: 7.00 Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el miércoles, 24 de enero de 2024

PhD SEGUNDO RAMIRO MORA QUILISMAL
PRESIDENTE TRIBUNAL

MSC. PEÑA CHAMORRO JULIO JAIRO
DOCENTE

MSC. PAUL SANTIAGO ORTIZ TIRADO
DOCENTE TUTOR

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas.



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Henry Vladimir Goyes Rodriguez				
DATE: 5 de febrero de 2024				
"Manejo eficiente del agua y su efecto en la productividad en el cultivo de naranja (Citrus sinensis) variedad Washington Navel en la provincia de Imbabura."				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,5: GOOD 5 - 6,5: AVERAGE 0 - 4,5: LIMITED	TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE
CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Henry Vladimir Goyes Rodríguez

Fecha de recepción del abstract: 5 de febrero de 2024

Fecha de entrega del informe: 5 de febrero de 2024

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se validó dicho trabajo.

Atentamente



VERIFICAR AUTENTICIDAD DEL
DOCUMENTO ESCANEAR EL
CÓDIGO QR

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3. Costo de Producción del cultivo de naranja (Citrus sinensis)

COSTO DE PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE NARANJA				
CULTIVO: Naranja			SISTEMA: Tecnificado	
PROVINCIA: Imbabura			CANTÓN: Ibarra	
RESPONSABLES: Henry Goyes			FECHA: 30-09-2022	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL
1.-COSTOS DIRECTOS				
Mano de obra:				
Deshierbe	2	Jornal	13.00	26.00
Guadaña	1	Jornal	13.00	13.00
Fumigación	2	Jornal	13.00	26.00
Cosecha	1	Jornal	13.00	13.00
				78,00
FERTILIZANTES				
10-30-10		181.81 kg	48.00	192.00
				192.00
Sistemas de riego				
Manguera de distribución principal	400m	2 pulgadas	480	480.00
Manguera de distribución en tratamientos	800m	16 mm	124	124.00
T1, 1 gotero 25lt/h por planta	15	25lt/h	0.20	3.00
T2, 2 goteros de 8 lt/h por planta	30	8 lt/h	0.20	6.00
T3, 2 goteros de 4 lt/h por planta	30	4 lt/h	0,20	6.00
T4, 1 microaspersor de 30 lt/h por planta	15	30 lt/h	0.66	9.90
T5, Riego por inundación con llave banariego	2	Por saturación de 1 pulgada MH	3.95	7.90
				636.90
MATERIALES				
Abrazaderas banariego	2	2 pulgadas	4	8.00
Conector inicial sold	30	16mm	0.33	9.90
Caucho banariego	30	16 pulgadas	0.15	4.50
Collarín banariego	1	63 x 1 pulgada	5.00	5.00
Neplos perdido banariego	1	1 pulgada	0.87	0.87
Unión flex	1	2 pulgadas	0.87	0.87
Válvula conectora banariego	30	16 mm	0.65	19.50
Válvula de aire banariego	1	1 pulgada	11.20	11.20
Acople banariego	4	2 pulgadas	11.73	46.90
Abrazadera banariego	6	2 pulgadas	3.9	23.40
Adap flex	4	2 mm	0.89	3.60
Caucho banariego	30	16 pulgadas	0.15	4.50
Cheque banariego recto	1	2 pulgadas	12.92	12.92
Collarín banariego	5	½ pulgada	4.12	20.60
Aceite 1 lt	1	20w 50	2.72	2.72
Bomba banariego de presión	1	7 HP	320	320.00
Tapón sold roscable	1	2 pulgadas	2.33	2.33
Válvula conectora banariego	25	16 pulgadas	0.65	16.30
Unión flex	4	2 pulgadas	0.87	3.50
Estaquillas	75		0.44	33.00
Manguera de bronce de 60 psi	2	2 pulgadas	119.28	238.60

Manguera de succión verde de 60 psi	6	2 pulgadas	6.25	37.50
SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS				825.70
SUBTOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				
Arriendo del terreno	8	Mes	5.00	40.00

Anexo 4. Relación costo beneficio.

TRATAMIE NTO	COSTO TOTAL	rendimie nto	PRECIO unidades	valor de venta	utilida d	COSTO BENEFICIO	Beneficio directo
1	2339,60	99000,00	0,15	14850,00	12510, 40	6,35	5,35
2	2359,60	73333,00	0,15	10999,95	8640,3 5	4,66	3,66
3	2359,60	66000,00	0,15	9900,00	7540,4 0	4,20	3,20
4	2385,60	88000,00	0,15	13200,00	10814, 40	5,53	4,53
5	2372,27	77000,00	0,15	11550,00	9177,7 3	4,87	3,87

Legenda: T1: Riego por goteo, con un gotero por planta de 25lt/h; T2: Riego por goteo, con 2 goteros por planta de 8lt/h cada uno; T3: Riego por goteo, con 2 goteros por planta de 4lt/h cada uno; T4: Riego por microaspersión, 1 microaspensor por planta de 30lt/h; T5: Riego por inundación, por saturación.

Anexo 5. Evidencia fotográfica.



Figura 3. Reservorio



Figura 4. Tubería principal implementado en el sistema de riego.

Anexo 6. Delimitación del terreno.



Figura 5. Válvula de vacío.



Figura 6. Ubicación del ensayo

Anexo 7. Riego por goteo.



Figura 7. Gotero de caudal de 25lt/h



Figura 8. Goteros de un caudal 8lt/h

Anexo 8. Utilización de aspersores.



Figura 9. Microaspersor de un caudal 30 lt/h



Figura 10. Goteros de un caudal de 4lt/h

Anexo 9. Riego por inundación en el cultivo de naranja.



Figura 11. Llave de inundación por saturación



Figura 12. Árbol de naranja en producción

Anexo 10. Medición de grados brix y pesaje de la naranja.



Figura 13. Pesaje de la naranja



Figura 14. Medición de grados Brix

Anexo 11. Anexo medición del ph.



Figura 15. Incidencia de alternaria



Figura 16. Medición del pH

Tabla 20. Cálculo del balance hídrico por el método de Penman.

	MÉTODO DE PENMAN											
D(H/día)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Coeficiente de Albedo (r).	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Presión de vapor punto de rocío (ea).	12,008	13,416	12,792	12,393	14,007	11,107	10,78	9,709	10,074	12	12,393	12,8
Temperatura del aire (T's).	17,2	16,3	17,2	17,1	16,4	16,9	16,7	16,9	17,4	17	16,9	16,7
Temperatura menor a la Promedio (Ta).	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,29	16,3
Presión de vapor temperatura del aire (e's).	15,2	15,6	15,6	15,3	16,1	14,06	14	13,3	13,8	15	15,3	15,4
Presión de vapor temperatura punto de rocío (ea).	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,9
Gradiente de Presión (Δ).	0,393	0,003	0,335	0,335	0,034	0,519	0,367	1,478	1,216	0,335	0,252	0,16
Temperatura(°K).	290,35	289,45	290,35	290,25	289,55	290,05	289,85	290,05	290,55	290,2	290,05	290
Evaporación Superficial (Ea).	255,04	138,84	121,19	256,01	244,13	368,51	428,17	433,52	541,09	325,4	184,8	113
Radiación Estratosfera (Ra).	881	904	923	899	862	814	824	855	912	913	887	808
Radiación Solar (Rc).	387,64	433,92	443,04	395,56	413,76	325,6	362,56	376,2	401,28	401,7	390,28	356
Radiación Emitida por la masa de Agua (RB).	101,367	102,91	107,88	99,113	99,685	94,237	107,61	114,31	112,87	101,1	98,84	96,5
Radiación Neta (Rn).	189,363	222,53	224,4	197,56	210,63	149,96	164,31	167,84	188,09	200,2	193,87	170
ET (Evapotranspiración mensual mm).	216,113	139,78	178,34	223,63	240,41	224,73	276,09	208,88	252,24	256	189,18	134
Coeficiente de crecimiento (kc).	0,5	0,5	0,55	0,55	0,55	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55
Requerimiento mensual.	108,057	69,89066	98,087	123	132,23	134,84	165,66	125,33	151,35	153,62	104,05	73,963
Balance hídrico.	91,36	-62,31	60,39	-12,60	-3,07	131,84	151,76	113,73	140,45	34,22	64,45	-19,44