



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE KC EN EL CULTIVO DE
MELÓN (*Cucumis melo* L.) VAR. Santa claus MEDIANTE EL
MÉTODO DE LISÍMETRO BAJO DOS CONDICIONES DE
MANEJO**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR: JHOVANNY NAPOLEON CASTILLO DOMINGUEZ

DIRECTOR: ING. CRISTIAN SANTIAGO TAPIA RAMIREZ Msc.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, **Jhovanny Napoleón Castillo Domínguez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhovanny Napoleón Castillo Domínguez, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de junio de 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jhovanny', with several overlapping and scribbled lines above and around the name.

Jhovanny Napoleón Castillo Domínguez

210112876-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto de Investigación, “**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE KC EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) VAR. Santa claus MEDIANTE EL MÉTODO DE LISÍMETRO BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO**”, realizado por el señor: **JHOVANNY NAPOLEON CASTILLO DOMINGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024 - 06 - 03
Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024 - 06 - 03
Ing. Daniel Arturo Román Robalino Msc. ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2024 - 06 - 03

DEDICATORIA

Agradeciendo a Dios por permitirme estar con salud quiero mencionar que este trabajo fue realizado en honor a mi papá Gonzalo Castillo quien fue la persona que me insistió en estudiar en esta maravillosa carrera, además, del apoyo de mi madre quien fue pilar fundamental para no rendirme en los momentos difíciles de mi vida como estudiante y a mi hermano que en cada momento me apoyaba moralmente para cumplir este objetivo, a todos mis demás familiares quienes siempre me daban sus palabras de apoyo, agradecerles infinitamente. Y a mi compañera de vida Julissa Nasamuez por estar siempre allí, apoyándome en todo momento y no dejándome caer, infinitas gracias.

Jhovanny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. A mis amados padres los cuales son mi motor y mi mayor inspiración, que, a través de su amor, paciencia, buenos valores me ayudan a trazar mi camino. A mis familiares cercanos como mis abuelos, tíos y mis primos por ser un apoyo incondicional en mi vida, que, con su amor y respaldo me han ayudado a alcanzar mis objetivos. Y por supuesto a mi querida Universidad y a todas las autoridades, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de esta investigación.

Jhovanny

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. <i>Hipótesis nula</i>	5
1.5.2. <i>Hipótesis alterna</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Melón (<i>Cucumis melo L.</i>) <i>Var. Santa Claus</i>	6
2.2.1. <i>Generalidades</i>	6
2.2.2. <i>Características del cultivo</i>	6
2.2.2.1. <i>Taxonomía del melón</i>	6

2.2.2.2.	<i>Descripción botánica</i>	7
2.2.2.3.	<i>Descripción morfológica</i>	7
2.2.2.4.	<i>Ciclo de vida y estadios de desarrollo</i>	8
2.2.2.5.	<i>Requerimientos climáticos y edafológicos</i>	8
2.2.2.6.	<i>Importancia económica</i>	8
2.2.3.	<i>Fenología del cultivo</i>	9
2.2.4.	<i>Características del cultivo</i>	9
2.2.5.	<i>Manejo del cultivo</i>	9
2.2.5.1.	<i>Características</i>	10
2.2.5.2.	<i>Prácticas comunes de manejo</i>	10
2.2.5.3.	<i>Variabilidad en el rendimiento bajo diferentes condiciones de manejo</i>	10
2.2.5.4.	<i>Impacto de las condiciones de invernadero</i>	10
2.3.	Invernadero	10
2.3.1.	<i>Ventilación</i>	11
2.3.2.	<i>Altura</i>	12
2.3.3.	<i>Volumen</i>	12
2.3.4.	<i>Superficie expuesta</i>	12
2.3.5.	<i>Orientación</i>	13
2.4.	Evapotranspiración (ETc)	13
2.4.1.	<i>Evapotranspiración de referencia (ETo)</i>	14
2.4.2.	<i>Evapotranspiración del cultivo (ETc)</i>	14
2.4.3.	<i>Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estandar (ETc aj)</i>	14
2.4.4.	<i>Métodos para medir la evapotranspiración</i>	14
2.4.4.1.	<i>Lisímetros</i>	15
2.4.4.2.	<i>Balace de agua en el suelo</i>	15
2.4.4.3.	<i>Estaciones meteorológicas y modelos empíricos</i>	15
2.4.4.4.	<i>Cámaras de gradiente de vapor</i>	15
2.4.4.5.	<i>Teledetección</i>	15
2.4.5.	<i>Importancia de la evapotranspiración</i>	16

2.4.5.1.	<i>Gestión eficiente del riego</i>	16
2.4.5.2.	<i>Determinación de las necesidades hídricas del cultivo</i>	16
2.4.5.3.	<i>Impacto en la productividad agrícola</i>	16
2.4.5.4.	<i>Sostenibilidad y conservación del agua</i>	16
2.4.5.5.	<i>Planificación y adaptación al cambio climático</i>	17
2.5.	Coeficiente del cultivo (Kc)	17
2.5.1.	<i>Definición del Kc</i>	17
2.5.2.	<i>Significado del Kc</i>	17
2.5.3.	<i>Métodos para determinar el Kc en diferentes cultivos</i>	17
2.5.4.	<i>Relevancia del Kc en la gestión del riego</i>	18
2.6.	Recurso hídrico	18
2.6.1.	Riego	18
2.6.1.1.	<i>Importancia</i>	18
2.6.1.2.	<i>Requerimiento hídrico del cultivo</i>	19
2.6.1.3.	<i>Coeficiente del cultivo</i>	19
2.6.1.4.	<i>Medición del impacto del uso del agua en la producción alimentaria</i>	20
2.6.1.5.	<i>Componentes de la huella hídrica en agricultura</i>	20
2.6.1.6.	<i>Importancia de la huella hídrica en agricultura</i>	20
2.6.1.7.	<i>Métodos de cálculo y evaluación</i>	20
2.6.1.8.	<i>Aplicaciones en la toma de decisiones agronómicas</i>	21
2.6.1.9.	<i>Desafíos y oportunidades</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Localización y duración del experimento	22
3.2.	Diseño de la investigación	22
3.2.1.	<i>Diseño experimental</i>	22
3.3.	Materiales y equipos de campo	22

3.4.	Insumos.....	23
3.5.	Material biológico	23
3.6.	Materiales de oficina.....	23
3.7.	Invernaderos	23
3.7.1.	<i>Invernadero bajo nivel o wallipini</i>	23
3.7.2.	<i>Invernadero sobre nivel o convencional</i>	23
3.8.	Lisímetros caseros.....	23
3.9.	Mediciones experimentales.....	24
3.9.5.	<i>Días a la floración</i>	24
3.9.6.	<i>Días a la cosecha</i>	24
3.9.7.	<i>Volumen de agua aplicado</i>	24
3.9.8.	<i>Rendimiento</i>	24
3.9.9.	<i>Huella hídrica</i>	24
3.10.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	25
3.10.1.	<i>Análisis estadístico</i>	25
3.10.2.	<i>Prueba de hipótesis</i>	25
3.11.1.	<i>Obtención del ETo</i>	25
3.11.2.	<i>Obtención del ETc</i>	26

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	27
4.1.	Determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	27
4.1.1.	<i>Variables y métodos de evaluación</i>	29
4.1.1.1.	<i>Días a la floración</i>	29
4.1.1.2.	<i>Días a la cosecha</i>	30
4.1.1.3.	<i>Rendimiento</i>	31

4.2.	Establecer el coeficiente del cultivo (Kc) mediante la utilización de lisímetros de drenaje en el cultivo melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	33
4.3.	Determinación de la huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	41

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	43
5.1.	Conclusiones.....	43
5.2.	Recomendaciones.....	44

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Taxonomía del melón	6
Tabla 2-2: Fases fenológicas del melón	9
Tabla 3-1: Condiciones meteorológicas de la parroquia Licto, estación Tunshi.....	22
Tabla 4-1: Obtención de la ETc promedio del ciclo vegetativo del melón (mm/día), utilizando el método del lisímetro de drenaje en invernadero bajo nivel.....	27
Tabla 4-2: Obtención de la ETc promedio del ciclo vegetativo del melón (mm/día), utilizando el método del lisímetro de drenaje en invernadero sobre nivel.	28
Tabla 4-3: Prueba T Student de rendimiento del melón en 2 tipos de invernadero	32
Tabla 4-4: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (<i>Cucumis melo L.</i>) var. <i>Santa Claus</i> , a través de fórmula diseñada de Blanney y Criddle (FAO) bajo dos condiciones de invernadero.....	34
Tabla 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.....	36
Tabla 4-6: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero sobre nivel.	37
Tabla 4-7: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo L.</i>) var. <i>Santa Claus</i> , en invernadero sobre nivel y bajo nivel.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Componentes de la evapotranspiración	13
Ilustración 2 4-1: Días a la cosecha del melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus, bajo dos condiciones de invernadero.....	30
Ilustración 4-2: Días de floración del melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus, bajo dos condiciones de invernadero.....	29
Ilustración 4-3: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus, bajo dos condiciones de invernadero.	34
Ilustración 4-4: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.	36
Ilustración 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo del melón en invernadero sobre nivel	38
Ilustración 4-6: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. Santa Claus, en invernadero sobre nivel y bajo nivel.	41

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A VALORES DE HORAS LUZ (P)

ANEXO B ETc Wallipini

ANEXO C ETc SOBRE NIVE

ANEXO D ET_o SOBRE Y BAJO

ANEXO E K_c WALLIPINI

ANEXO F K_c SOBRE NIVEL

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue la determinación del coeficiente Kc en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) var. Santa claus mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel), no se utilizó un diseño experimental, para la comparación de los dos tipos de invernaderos se utilizó una prueba T (Student), se tomaron datos biométricos como días a la floración, días a la cosecha, rendimiento en Kg/ha, finalmente se calculó la huella hídrica azul, para el cálculo de evapotranspiración del cultivo (Etc) se obtuvieron calculando el volumen de ingreso y de salida dividiendo para el área del cada lisímetro, para calcular la evapotranspiración de referencia (ETo) se basó en la metodología propuesta por Blanney y Criddle (FAO), y finalmente obtenido el Etc y ETo se calculó el coeficiente del cultivo (Kc) de acuerdo a las etapas fenológicas que presentó el cultivo. la evapotranspiración del cultivo (Etc) y la evapotranspiración de referencia (ETo) se obtuvieron calculando el volumen de ingreso y de salida dividiendo para el área del cada lisímetro. El Kc obtenido en el cultivo de melón en el invernadero bajo nivel fue de: etapa inicial 0,33; desarrollo 0,74; media 0,94 y final 0,66, mientras que el invernadero sobre nivel fue en la etapa inicial 0,30; desarrollo 0,70; media 0,91 y final 0,63. Se recomienda calcular el Kc en cada zona de estudio para tener cálculos más confiables y precisos sobre las necesidades hídricas del cultivo que corresponda, debido a las diferencias climáticas de un lugar a otro, estos valores pueden variar y, en consecuencia, sobreestimar o subestimar el consumo de agua por parte de las plantas.

Palabras clave: <LISÍMETRO DE DRENAJE>, <COEFICIENTE DE CULTIVO>, <MELÓN (*Cucumis melo L.*) var.>, <EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA>, <EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO>

0830-DBRA-UPT-2024

25-06-2024



ABSTRACT

The aim of the study was the determination of the Kc coefficient in the melon crop (*Cucumis melo* L.) var. Santa claus using the lysimeter method under two management conditions (low level and above level greenhouse), an experimental design was not used, for the comparison of the two types of greenhouses a T-test (Student) was used, biometric data such as days to flowering, days to harvest, yield in Kg/ha were taken, finally the blue water footprint was calculated, for the calculation of crop evapotranspiration (Etc) were obtained by calculating the inlet and outlet volume divided by the area of each lysimeter, to calculate the reference evapotranspiration (ETo) was based on the methodology proposed by Blannet and Criddle (FAO), and finally obtained the Etc and ETo the crop coefficient (Kc) was calculated according to the phenological stages presented by the crop. Crop evapotranspiration (Etc) and reference evapotranspiration (ETo) were obtained by calculating the input and output volume divided by the area of each lysimeter. The Kc obtained in the melon crop in the below-grade greenhouse was: initial stage 0.33; development 0.74; mean 0.94 and final 0.66, while the above-grade greenhouse was in the initial stage 0.30; development 0.70; mean 0.91 and final 0.63. It is recommended to calculate the Kc in each study area to have more reliable and accurate calculations on the water needs of the corresponding crop, due to climatic differences from one place to another, these values may vary and, consequently, overestimate or underestimate the water consumption by plants.

Key words: <DRAINAGE LYSIMETER>, <CROP COEFFICIENT>, <MELON (*Cucumis melo* L.) var.>, <REFERENCE WATER INTAKE>, <CROP WATER INTAKE>.

0830-DBRA-UPT-2024

25-06-2024



Leda Elsa A. Basantes A. Mgs.

C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.), especialmente el cultivar Santa Claus, es una práctica agrícola importante. Para que sea rentable y sostenible a largo plazo, debe producirse de manera eficiente y gestionar adecuadamente los recursos hídricos. En este caso, maximizar las técnicas de riego y reducir el uso innecesario de agua requiere un cálculo preciso del coeficiente del cultivo (K_c) y la comprensión de la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) (Ortega J, 2018, Pp, 36).

Una métrica importante para describir la conexión entre la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) y la evapotranspiración de referencia (E_{To}) es el coeficiente del cultivo (K_c). Gracias a su evaluación precisa, los esquemas de riego pueden modificarse adecuadamente para satisfacer las necesidades únicas de agua de los cultivos en diferentes etapas de crecimiento y en diversas circunstancias ambientales (Hernández S, 2018, Pp, 42).

El objetivo principal de esta investigación es aplicar la técnica del lisímetro para calcular el coeficiente K_c en dos escenarios de manejo diferentes para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Var. Santa claus: invernadero de bajo nivel e invernadero de alto nivel. Una evaluación exhaustiva de la huella hídrica del cultivo y un examen exhaustivo de su rendimiento hídrico en diversas circunstancias será posible con el uso de lisímetros de drenaje, que ofrecerán datos precisos sobre la cantidad de agua consumida por el cultivo en diversas situaciones de gestión (Salazar R, 2023, Pp, 57).

Además de promover la comprensión científica en las áreas de agricultura sostenible y gestión del agua, este proyecto proporcionará datos útiles a los productores y tomadores de decisiones en la industria agrícola. A través de una comprensión más profunda de los requisitos de agua del cultivo de melón y las variables que afectan su uso del agua, se pueden crear técnicas de riego más efectivas y sostenibles, lo que conducirá a una producción agrícola más ecológicamente responsable y económicamente exitosa (López I, 2015, Pp, 261).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Utilizando lisímetros de libre drenaje, (Roncalla T, 2018, Pp, 6), examinó los coeficientes de cultivo (Kc) del cultivo de Chía (*Salvia hispánica L.*) en el Riego Majes. Utilizando una estación agroclimática automatizada, se recolectaron datos diarios de evapotranspiración del cultivo y evapotranspiración prospectiva (ETo) para el estudio de mayo a octubre de 2017. Se encontraron coeficientes específicos (Kc) para cada una de las cinco fases fenológicas del cultivo de chía, los cuales son 0,68, 0,81, 0,97, 1,20 y 0,83. Estos hallazgos son pertinentes para el cálculo de los horarios de riego en actividades agrícolas, particularmente en áreas que tienen características edafoclimáticas como las del estudio.

Con el objetivo de conocer los coeficientes de uso consuntivo (Kc) en la producción de papa en el Valle del Mantaro, (Quishpe J, 2020, Pp, 2) realizó una investigación. Utilizó lisímetros volumétricos con cilindros y hormigón armado. Kc = 0,20 en la etapa de emergencia, Kc = 1,13 a 1,17 en la etapa de máxima cobertura y Kc = 0,65 en la etapa de cosecha fueron los valores que cambiaron según la fenología del cultivo, según los hallazgos. Se determinó que, particularmente cuando se utiliza el mismo cultivo de cobertura, el uso de lisímetros en condiciones de campo garantiza precisión y confiabilidad.

La investigación fue realizada por (Delgado D, 2018, Pp, 6), de diciembre de 2016 a abril de 2017 en la finca La Banda Huasacache de la Universidad Católica de Santa María en el área de Hunter. El objetivo fue crear, construir y operar un lisímetro de drenaje libre para calcular el coeficiente de cultivo (Kc) de una variedad de papa (*Solanum tuberosum L.*) cv. Único en las circunstancias edafoclimáticas de la zona. La peculiar estructura de raíces cortas de la variedad de papa la hace vulnerable al estrés hídrico. Dado que el agua es cada vez más escasa y contaminada en la zona, el estudio tuvo como objetivo maximizar la gestión del agua para aumentar la producción. Mediante el lisímetro se determinó la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración de referencia, arrojando un Kc promedio para cada etapa fenológica del cultivo de papa. Los hallazgos demostraron que el Kc varió con las fases fenológicas del cultivo, con valores de 0,16 durante la fase de emergencia y brotación, 0,72 durante la fase de crecimiento vegetativo, 0,94 durante la fase de tuberización y floración, 1,38 durante la fase de desarrollo de los tubérculos y 1,12 durante la fase de maduración. y fase de senescencia.

Utilizando un lisímetro de drenaje, (Rosas J, 2022, Pp, 14), realizó un experimento en el anexo Incapu del distrito de Shilla – Carhuaz en 2020 para conocer el coeficiente de cultivo (K_c) de la papa canchán (*Solanum tuberosum L.*) INIA-303. La técnica incluyó el diseño y construcción del lisímetro, recolección de suelo, análisis de laboratorio y riego semanal. A falta de datos locales, las características climáticas regionales se calcularon mediante ecuaciones polinómicas y lineales, y se utilizó la técnica de Penman-Monteith de la FAO para calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}). La papa Canchán presentó los siguientes valores de K_c en el transcurso de 25, 30, 45 y 30 días: $K_c=0.48$ durante la fase inicial, $K_c=0.86$ durante la fase de desarrollo, $K_c=1.06$ durante la fase media y $K_c=0.47$ durante la fase final. Para un período vegetativo de 130 días, el coeficiente de cultivo promedio fue $K_c=0.72$.

1.2. Planteamiento del problema

En muchas partes del mundo, la producción de melón (*Cucumis melo L.*), Var. Santa Claus, es muy importante tanto desde el punto de vista nutricional como económico. Sin embargo, la disponibilidad de recursos hídricos y el clima fluctuante presentan desafíos continuos para su producción, lo que tiene un impacto en su sostenibilidad y desempeño. En este caso, calcular con precisión el coeficiente del cultivo (K_c) y la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) es esencial para maximizar la utilización del agua y mejorar la productividad del melón, particularmente en ambientes de invernadero. Para una gestión suficiente del agua y una producción agrícola sostenida, estas características deben medirse utilizando métodos precisos y confiables (Ríos M, 2015, Pp, 82).

El cálculo de K_c y E_{Tc} en la producción de melón (*Cucumis melo L.*), Var. Santa Claus, particularmente en diversos entornos de manejo de invernaderos (nivel bajo y nivel superior), es un área que merece especial atención a pesar de los avances en la investigación agrícola. Para mejorar la gestión del agua y aumentar la producción de cultivos, se deben abordar problemas particulares planteados por las características únicas de cada sistema de producción y las variaciones en las circunstancias ambientales.

Por lo tanto, para determinar de manera precisa y consistente el coeficiente del cultivo, la evapotranspiración y la huella hídrica azul en el cultivo de melón en dos circunstancias de manejo en invernadero, se requiere un análisis exhaustivo. El desarrollo de planes de gestión del agua eficaces y sostenibles que mejoren la producción agrícola y la gestión de los recursos hídricos en las zonas donde se cultiva este importante cultivo dependerá en gran medida de los datos proporcionados por este estudio.

1.3. Justificación

La gestión del agua es una dificultad importante para el cultivo exitoso del melón (*Cucumis melo L.*), Var. Santa Claus en invernaderos debido a la necesidad de mejorar la producción y mantener niveles ideales de humedad del suelo ante la escasez de agua y el cambio climático. Se vuelve esencial calcular con precisión el coeficiente del cultivo (Kc) y la evapotranspiración del cultivo (ETc) para maximizar el consumo de agua y aumentar la producción agrícola. Sin embargo, existe un vacío de conocimiento sobre cómo diversos factores de manejo de invernaderos, incluido el contenido de humedad del suelo, impactan estas variables, lo que respalda la necesidad de realizar investigaciones especializadas que aborden este tema.

Al calcular el Kc, la ETc y la huella hídrica azul en el cultivo de melón en dos escenarios de gestión de invernaderos, este estudio pretende cerrar esta brecha de información. En un contexto global de recursos hídricos finitos y cambio climático, los resultados impactarán directamente en las prácticas agrícolas al ofrecer información precisa para el diseño de estrategias de riego más sostenibles y eficientes, mejorando así la gestión del agua y la productividad del cultivo de melón.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar el coeficiente kc en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) VAR. Santa claus mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) VAR. Santa claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).
- Establecer el coeficiente del cultivo (Kc) mediante la utilización de lisímetros de drenaje en el cultivo melón (*Cucumis melo L.*) VAR. Santa claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).
- Determinar la huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) VAR. Santa claus mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis nula

El coeficiente de cultivo K_c no varía en invernadero bajo nivel y sobre nivel.

1.5.2. Hipótesis alterna

El coeficiente de cultivo K_c varía en invernadero bajo nivel y sobre nivel.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Melón (*Cucumis melo L.*) Var. *Santa Claus*

El cultivo del melón es un ritual anual que se originó en Asia occidental y África. Esta planta se planta principalmente por sus frutos, que son muy buscados por su dulzura, suavidad y popularidad, especialmente en climas cálidos. Los melones tienen una pulpa que puede ser de tono naranja, verde o rosado. Los frutos suelen pesar entre dos y seis libras y tienen forma ovalada o esférica con una cáscara lisa o reticulada (Mosquera E, 2019, Pp, 78).

2.2.1. Generalidades

El melón cantalupo es una enredadera anual que crece hasta una altura de 10 a 15 cm (4 a 6 pulgadas) y produce frutos redondos u ovalados con una superficie exterior áspera, escamosa y reticulada. Descubierta por primera vez en las regiones de sabana del suroeste de Asia y África, esta variedad de melón es conocida por su hábitat cálido y seco. El arte griego, egipcio y chino incluye el melón cantalupo, que ha sido apreciado y cultivado desde el año 3000 a.C. Además de consumirse, los aceites comestibles de las semillas de este melón se utilizan como componente de fragancias y cosméticos (Kesh H, 2021, Pp, 65).

2.2.2. Características del cultivo

2.2.2.1. Taxonomía del melón

La taxonomía del melón, o *Cucumis melo* como se le conoce en ciencia, se encuentra en el reino Plantae. Es miembro de la familia Cucurbitaceae, que incluye una amplia gama de plantas identificadas por sus jugosos frutos (Albuquerque T, 2020, Pp, 28). Ver tabla 2-1.

Tabla 2-1: Taxonomía del melón

Reino	Vegetal
Clase	Tracheophyta
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Género	Cucumis
Especie	C. melo
Nombre científico	Cucumis melo

Fuente: (Albuquerque T, 2020, Pp, 28)

Realizado por: Castillo J, 2022.

2.2.2.2. Descripción botánica

El melón es una especie de melón que pertenece a la familia de las cucurbitáceas. Es una planta anual de tallos rastreros y hojas lobuladas. Las flores son amarillas y solitarias, y los frutos son esféricos, con una cáscara fuerte y una pulpa anaranjada única (Aguilar C, 2020, Pp, 138).

2.2.2.3. Descripción morfológica

Planta	El melón es una planta herbácea, anual, rastrera o trepadora si se le facilita un entutorado apropiado mediante zarcillos sencillos de 20-30 cm de longitud que nacen en las axilas de las hojas, junto a los brotes en formación. Gracias al cultivo forzado y a su protección en invernadero se ha ampliado el tiempo de su permanencia en el mercado.
Raíz	La raíz adulta de la planta de melón es pivotante con un sistema radicular secundario extenso que puede alcanzar hasta 1,5 metros de profundidad, pero superficial en cultivos enarenados donde el agua y fertilizantes están muy próximos, no sobrepasando, generalmente, los 50 cm de profundidad.
Tallos	Los tallos son sarmentosos, de color verde, flexibles y ramificados, de sección pentagonal, cuadrangular o cilíndrica en plantas jóvenes, blando y recubierto de débiles formaciones pelosas. Por su crecimiento rastrero se desarrolla a ras del suelo, pero también trepador y con zarcillos caulinares que se aprovecha en algunas variedades para el cultivo entutorado. En el tallo principal se insertan las hojas de cuyas axilas brotarán las ramificaciones secundarias o hijos, y de estas surgen otras ramificaciones terciarias o nietos donde nacerán las flores femeninas, principalmente, portadoras de los frutos. Por su débil consistencia las plantas sin ayuda de tutores se tumban en el suelo; en el cual se apoya para su crecimiento, pudiendo alcanzar hasta los 2,5 metros.
Hojas	Las hojas son pecioladas, con pecíolo largo de 10 -1 5 cm, palminervias, alternas, más o menos reniformes, redondeadas en plantas jóvenes y lobuladas, divididos en 3-5 lóbulos, con los bordes dentados, pero no pronunciados, cubiertas de pelosidad y de tacto áspero. Igualmente, las hojas pueden aparecer sin apenas apreciarse los lóbulos. Las hojas se desarrollan en cada nudo del tallo junto a los zarcillos, pudiendo variar de color y tamaño dependiendo de unas variedades a otras. En las axilas de cada hoja con el tallo principal nacen los brotes de segundo orden.
Flores	En las axilas de las hojas nacen unas yemas que están protegidas por hojitas colocadas en forma imbricada. Estas yemas son floríferas y dan lugar a flores gamopétalas con periantio doble, (diploclamídeas), masculinas y femeninas, principalmente, dependiendo su aparición del ambiente y de la variedad cultivada. Estas últimas son las que, una vez polinizadas, darán origen al fruto, diferenciándose fácilmente, unas de otras, porque las femeninas poseen un ovario ínfero que se aprecia notablemente. Las flores del melón son de color amarillo, pedunculadas y axilares. En la planta, las flores masculinas pueden observarse a partir de los 10-15 días de la plantación, solitarias o agrupadas en dos o tres en las ramificaciones principales o de primer orden. Posteriormente continúan apareciendo a lo largo de todo el ciclo vegetativo, Las flores

	femeninas, dependiendo de la variedad y sistema de cultivo, aparecen aproximadamente a partir de los 20-25 días de la plantación, unos 10 días después que las flores masculinas, son algo más grandes y por regla general crecen a partir de las ramas de 2º orden.
Fruto	Es una pepónide polimórfica, procedente de un ovario ínfero, cuya placenta muy desarrollada llega desde el eje hasta la pared carpelar, en cuyo interior se encuentran las semillas. La planta de melón se caracteriza por producir frutos de forma, tamaño y color de la piel y de la pulpa diverso. El fruto del melón es una baya grande con placenta carnosa y epicarpio quebradizo, con rasgos muy diversos dependiendo de la variedad cultivada.
Semillas	Son el resultado de los óvulos fecundados y maduros contenidos en el fruto. La semilla de melón se compone de los tegumentos que protegen a la semilla, de las sustancias nutritivas y del embrión. Este último es la parte más importante ya que de él depende la germinación, crecimiento y desarrollo de la nueva planta. Las semillas de melón son de tamaño y peso variable. Así, las variedades españolas, como son piel de sapo y amarillo canario un gramo contiene entre 25 y 30 semillas. Son, generalmente, fusiformes, aplastadas, lisas, de 3-6 mm de largas, de color blanco amarillento. Su facultad germinativa dura, aproximadamente, 5-6 años.

Fuente: Alvarado J, 2017, Pp, 72

Realizado por: Castillo J, 2022.

2.2.2.4. *Ciclo de vida y estadios de desarrollo*

El melón (*Santa claus*) pasa por muchas fases de desarrollo a lo largo de su ciclo de vida anual, que incluye la germinación, el crecimiento vegetativo, la floración, el desarrollo del fruto y la maduración. Dependiendo del crecimiento y las condiciones meteorológicas, la duración de estas etapas puede variar (Canarte E, 2017, Pp, 44).

2.2.2.5. *Requerimientos climáticos y edafológicos*

Este tipo de melón crece mejor en climas cálidos y templados con máximas diarias de 25 a 30 grados centígrados. Prefiere suelos bien drenados y ricos en materia orgánica. La exposición a la luz solar directa es necesaria para un desarrollo óptimo (Canarte E, 2017, Pp, 44).

2.2.2.6. *Importancia económica*

El melón es un producto básico que se consume ampliamente y tiene una gran demanda en todo el mundo. Si bien la gente suele comerlo crudo, a veces también lo usan como aderezo para ensaladas o lo procesan en almíbar o encurtidos. También se utiliza como materia prima en la elaboración de aromas y jugos. En todo el mundo, el cultivo de melón es común en cualquier lugar donde exista un ambiente cálido y seco. China es un productor líder y representa el 39% de

la producción mundial, seguida de Turquía (9%), Estados Unidos (6%), España (5%) e Irán (5%) (Canarte E, 2017, Pp, 44).

2.2.3. Fenología del cultivo

Tabla 2-2: Fases fenológicas del melón

Etapa fenológica	Semanas después de la emergencia
Emergencia	0
Plántula	1
Desarrollo vegetativo	4
Inicio floración masculina	5
Inicio floración femenina	6
Amarre del fruto	7
Crecimiento del fruto	8
Maduración	9

Fuente: (Ruggieri V, 2018, Pp, 91).

Realizado por: Castillo J, 2023

2.2.4. Características del cultivo

Debido a sus cualidades únicas, al melón Piel de Sapo a veces se le conoce como "Cucumis melo o Papá Noel" y está disponible casi todos los meses del año. Este tipo de melón es originario del sur de Asia y de España, donde se cultiva en más de 42.000 hectáreas a nivel nacional, concretamente en la Región de Murcia donde vivimos. Al igual que otros tipos, la planta de melón Piel de Sapo tiene un arbusto rastrero con tallos suaves, hojas verdes y flores pequeñas y bellamente amarillas de un centímetro de diámetro. Este tipo de melón se distingue por sus fuertes rayas verdes sobre un fondo más pálido. Es uno de los tipos más duraderos debido a su piel gruesa. Guárdelo a temperatura ambiente durante unos días. Además, tras guardarse en el frigorífico unas semanas, la pulpa se vuelve cremosa, sabrosa, compacta y crujiente. La piel del melón es un alimento diurético ya que tiene un alto contenido en agua y a la vez nos aporta un bocado jugoso y crujiente. Además, sirve como snack saciante por su alto contenido en agua (Ruggieri V, 2018, Pp, 91).

2.2.5. Manejo del cultivo

2.2.5.1. Características

El momento óptimo para sembrar semillas de melón es en un suelo rico y permeable a una profundidad de 1 a 2 centímetros (0,5 a 1 pulgada), ya sea a principios de la primavera o durante la temporada de lluvias. Esta planta puede soportar climas cálidos y secos y un sol intenso, aunque le encanta la humedad en sus raíces. Para evitar que el tallo se pudra y que entre en contacto con la tierra húmeda, se aconseja crear un collar de tierra alrededor de su base sin tocarlo. Para ayudar con esto, se pueden usar estacas para sujetar las guías. Los melones con melón suelen producir abundantes flores, muchas de las cuales caen de forma natural (Ahmad R, 2017, Pp, 281).

2.2.5.2. Prácticas comunes de manejo

Las prácticas agronómicas para cultivar melón santa Claus incluyen labrar bien el suelo antes de plantar, regar continuamente y utilizar técnicas de manejo de malezas. Es normal eliminar los frutos no deseados y recortar las ramas laterales para favorecer el desarrollo de frutos de alta calidad (Ahmad R, 2017, Pp, 281).

2.2.5.3. Variabilidad en el rendimiento bajo diferentes condiciones de manejo

Cuando el melón Santa Claus se cultiva en invernaderos y recibe riego, puede responder de manera diferente a los tratamientos agronómicos. El manejo del riego, el control de plagas y enfermedades y la fertilización son factores importantes que afectan la calidad y la productividad de los cultivos (Terzaroli N, 2020, Pp, 62).

2.2.5.4. Impacto de las Condiciones de Invernadero

La agricultura en invernadero ofrece un control ambiental más exacto, pero para aprovechar plenamente esta característica, las prácticas de gestión deben cambiar. Para estimular el crecimiento del melón Santa Claus, se pueden cambiar la temperatura, la humedad y los niveles de luz (Terzaroli N, 2020, Pp, 62).

2.3. Invernadero

Un invernadero agrícola se considera una infraestructura que puede construirse utilizando una variedad de materiales, incluyendo madera o tubos de hierro galvanizado para la estructura y polietileno o virio para la cubierta transparente que deja entrar la luz. Un beneficio de los

invernaderos es su capacidad para regular la Microclima ideal requerido para el crecimiento de diversos cultivos. La mayoría de los invernaderos tienen una cubierta de plástico porque el polietileno es menos costoso y más sencillo de instalar. La producción de tomate bajo invernadero está influenciada por la relación que existe entre las características fisiológicas de las plantas y la arquitectura del invernadero (Villalobos M, 2017, Pp, 17).

El diseño de un invernadero debe tener en cuenta varios elementos, incluidas las necesidades climáticas del cultivo, los datos climáticos locales (temperatura, humedad relativa, frecuencia y severidad de los vientos, etc.) y los materiales del invernadero. cubierta, como resultado de lo cual se verá afectado el clima interno creado dentro del invernadero. La temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero aumentan debido a la impermeabilidad de los plásticos. Por lo tanto, es fundamental mantener un adecuado manejo de las condiciones ambientales a través del sistema de ventilación, que controla la temperatura dentro de la estructura. Otras condiciones ambientales que deben gestionarse incluyen la humedad relativa, las corrientes de aire y los controles de la composición atmosférica. A continuación se ofrecen algunos detalles sobre algunos de los factores que deben tenerse en cuenta al planificar un invernadero (Villalobos M, 2017, Pp, 17).

2.3.1. Ventilación

El clima en el interior de los invernaderos se puede regular mediante ventilación, ya que ésta permite regular el intercambio de aire entre el interior y el exterior del invernadero, así como reducir la temperatura y la humedad. Generalmente, las ventanas de los invernaderos están cubiertas con malla, como sarán, para mantener alejadas plagas como pulgones, trips y moscas blancas. Además de tener un mecanismo de apertura y cierre, mecanismos de exclusión de insectos y una configuración de ventanas superiores, frontales y laterales, los invernaderos deben incluir un sistema de ventilación (Pinto A, 2014, Pp, 39).

La proporción ideal es entre el 15 y el 25 por ciento entre el área del piso y el área de las ventanas. Debe haber una restricción en el ancho máximo del invernadero si la ventilación se proporciona exclusivamente desde el frente y los lados. La ventilación eficaz dentro de los invernaderos requiere una circulación de aire adecuada, que sólo se puede lograr con una combinación de ventanas laterales y cenital (ubicadas en la parte superior). Estas ventanas se pueden ajustar a las necesidades de ventilación del cultivo mediante mecanismos de apertura y cierre a modo de cortinas, que pueden ser de la misma cubierta plástica (Pinto A, 2014, Pp, 39).

2.3.2. Altura

Dada la estrecha relación entre el volumen y la altura del invernadero, se sugiere que la altura ideal es aquella que permita alcanzar 3 metros cúbicos de espacio por cada metro cuadrado de superficie. Esto permitirá que el invernadero retenga el calor durante un período de tiempo prolongado. La estructura también facilita el crecimiento de cultivos altos como *Solanum lycopersicum*. También hay que tener en cuenta las dos alturas de estas estructuras: la altura de la cumbrera, que se eleva desde el suelo hasta el punto más alto o, en el caso de invernaderos con cubierta plana, hasta la punta del tejado, y la altura de la canal, que se extiende desde el suelo hasta los canalones (Assumpció A, 2014, Pp, 15).

2.3.3. Volumen

Dado que el volumen del invernadero afectará a la inercia térmica del sistema, es fundamental tener esto en cuenta. Para evitar cambios bruscos de temperatura, el invernadero debe tener las siguientes medidas: un metro de ancho, un metro de largo y tres metros de alto, de modo que cubra un metro cúbico de suelo. Esto da como resultado una relación de tres a uno entre aire y volumen interior, ya que cada metro cuadrado de suelo requiere tres metros cúbicos de aire para una gestión ambiental eficaz (Moreno A, 2014, Pp, 172).

El volumen interior (m³) se divide por la superficie cubierta de suelo (m²) para obtener este volumen unitario. El microclima dentro del invernadero está determinado por este cociente; cuanto mayor sea este valor, mejor será la inercia térmica de la estructura, es decir, que no se producirán cambios bruscos de temperatura (calentamiento o enfriamiento bruscos durante el día o la noche). Se recomienda que este coeficiente de inercia térmica sea igual o superior a 3. Elevar la altura del invernadero es un método para elevar este número. Si la altura en la cumbrera de ambos tipos de invernaderos es la misma, los invernaderos con techos curvos siempre tendrán más volumen que los invernaderos con techos planos (Moreno A, 2014, Pp, 172).

2.3.4. Superficie expuesta

Dado que el interior de un edificio tiende a enfriarse cuanta más superficie expuesta tiene, por ejemplo, la superficie expuesta, o los metros de pared del invernadero que están en contacto con la temperatura exterior, también juega un papel esencial en el microclima dentro de la estructura. Esto hace que la relación entre ancho y largo del invernadero sea significativa. La cantidad de madera, el tipo de cultivo a cultivar y la disponibilidad en el mercado de metros de plástico para

las paredes y las mallas de las ventanas influyen en el establecimiento de las proporciones del invernadero (Carrillo G, 2015, Pp, 61).

2.3.5. Orientación

Uno de los principales elementos que permite captar la mayor cantidad de energía solar a lo largo del día es la orientación del invernadero. La recomendación es que las líneas de cultivo estén orientadas de Norte a Sur para asegurar que todas las plantas reciban la misma cantidad de radiación solar y que la orientación sea de Este a Oeste para evitar la proyección de sombra entre las plantas. Además, al determinar la orientación de la estructura se deben tener en cuenta el eje longitudinal del invernadero, la dirección del viento y la distribución del sitio (López I, 2015, Pp, 261).

2.4. Evapotranspiración (ETc)

La evapotranspiración (ETc) es una actividad hidrológica vital en el ciclo del agua que se forma por los procesos combinados de evaporación de las superficies húmedas del suelo y la transpiración de las plantas. Para determinar la cantidad total de agua perdida por unidad de área, esta medición combina la evaporación directa del suelo con la pérdida de agua a través de los estomas de las hojas de las plantas (Segura M, 2017, Pp, 102).



Ilustración 2-1: Componentes de la evapotranspiración

Fuente: (Segura M, 2017, Pp, 102).

2.4.1. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

La evapotranspiración de referencia (ET_o) es el volumen de agua que se evapotranspiraría en una superficie de referencia completamente irrigada y cubierta de pasto verde. ET_o sirve como punto de referencia para evaluar la demanda de agua atmosférica en situaciones en las que todas las demás variables son iguales y no existen restricciones de agua para la agricultura (Monterroso A, 2021, Pp, 28).

2.4.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) ajusta la ET_o para tener en cuenta las particularidades de un cultivo en particular. Esta alteración da cuenta de las características fisiológicas del cultivo, etapa de desarrollo y condiciones ambientales locales. Para obtener la ET_c se multiplica un factor llamado coeficiente de cultivo (K_c) por la ET_o. La relación entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración de referencia (ET_o) se puede determinar experimentando con varios cultivos (Pérez P, 2018, Pp, 91). Se dice lo siguiente:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

El coeficiente de cultivo (K_c), que considera factores como la evaporación del suelo, el clima, el tipo de cultivo y la fase de crecimiento específica, es significativo en esta situación (Pérez P, 2018, Pp, 91).

2.4.3. Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estandar (ET_{c aj})

Cuando los cultivos se producen en entornos y estilos de manejo diferentes a los que se han considerado estándar, transpiran y se evaporan, lo que se denomina "evapotranspiración de cultivos en condiciones no estándar" (ET_{c aj}). Al coeficiente del cultivo (K_c) se le suma un coeficiente de estrés hídrico adicional (K_s) para tener en cuenta esto, ya que implica que la planta es susceptible a factores como la sal, enfermedades y bajos niveles de agua (Román L, 2017, Pp, 16).

2.4.4. Métodos para medir la evapotranspiración

La medición precisa de la evapotranspiración es esencial para la investigación agrícola con el fin de comprender y gestionar eficientemente el uso del agua de los cultivos (Ortiz R, 2020, Pp, 89). Existen numerosos métodos para cuantificar este proceso, cada uno con características especiales:

2.4.4.1. Lisímetros

Los lisímetros son un instrumento confiable para medir directamente la evapotranspiración. Su construcción está compuesta por grandes contenedores subterráneos llenos de sustrato representativo de los cultivos. La medición inmediata de la cantidad de agua perdida por transpiración y evaporación proporciona información precisa sobre las necesidades de agua del cultivo. Sin embargo, los lisímetros deben calibrarse cuidadosamente y su instalación puede resultar costosa (Von Buchwald F, 2018, Pp, 38).

2.4.4.2. Balance de agua en el suelo

Este método implica evaluar la variabilidad temporal de la humedad del suelo. Medir periódicamente la humedad del suelo y las precipitaciones permite calcular la cantidad de agua que ha fluido o evaporado. Este enfoque es útil y flexible para una amplia gama de escalas, aunque no es tan preciso como los lisímetros (Von Buchwald F, 2018, Pp, 38).

2.4.4.3. Estaciones meteorológicas y modelos empíricos

Las estaciones meteorológicas miden parámetros atmosféricos importantes, como la temperatura, la humedad y la radiación solar. La ecuación de Penman-Monteith es una de las técnicas empíricas que utiliza estos datos para determinar la evapotranspiración inicial (ET_o). Se utiliza a menudo porque los datos meteorológicos son fácilmente accesibles y el proceso es sencillo, aunque indirecto (Von Buchwald F, 2018, Pp, 38).

2.4.4.4. Cámaras de gradiente de vapor

Al monitorear la diferencia en la concentración de vapor de agua entre el suelo y la atmósfera, estas cámaras calculan la tasa de evaporación. Si bien su representación espacial y temporal puede ser restringida, las cámaras de gradiente de vapor son precisas (Von Buchwald F, 2018, Pp, 38).

2.4.4.5. Teledetección

La evapotranspiración se puede calcular a nivel regional utilizando imágenes satelitales y técnicas de detección remota. Aunque las estadísticas del método sobre los patrones de uso del agua en grandes áreas son importantes, la precisión a nivel de campo puede variar (Von Buchwald F, 2018, Pp, 38).

2.4.5. Importancia de la evapotranspiración

La evapotranspiración es un aspecto crucial de la agricultura que afecta directamente el rendimiento de los cultivos y la gestión del agua (Salazar R, 2023, Pp, 57). Es digno de mención en varios aspectos cruciales:

2.4.5.1. Gestión eficiente del riego

La evapotranspiración es una medida confiable de la cantidad de agua que requieren los cultivos a lo largo del tiempo. Para planificar correctamente el riego es necesario comprender y medir este proceso. Un sistema eficiente de gestión del riego basado en la evapotranspiración ayuda a optimizar el consumo de agua al reducir el exceso de riego y la escasez de agua para la agricultura (Salazar R, 2023, Pp, 57).

2.4.5.2. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo

Se pierden diferentes cantidades de agua por transpiración y evaporación según el tipo de cultivo, etapa de desarrollo y condiciones ambientales. La evapotranspiración se convierte en una herramienta crucial para determinar la cantidad específica de agua que requiere cada cultivo en distintos periodos. Estos datos optimizan la eficiencia del agua y permiten una aplicación de riego precisa (Salazar R, 2023, Pp, 57).

2.4.5.3. Impacto en la productividad agrícola

Aplicar la cantidad adecuada de agua es esencial para el crecimiento y la producción óptimos de los cultivos. La evapotranspiración influye directamente en la cantidad de agua disponible para las plantas y también afecta otros procesos biológicos vitales como la fotosíntesis y la ingesta de nutrientes. Un sistema de evapotranspiración bien gestionado mejora la calidad de los cultivos y la producción agrícola (Valdiviezo F, 2020, Pp, 28).

2.4.5.4. Sostenibilidad y conservación del agua

Un elemento clave de las prácticas agrícolas sostenibles es el control eficaz de la evapotranspiración. Al personalizar los sistemas de riego para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos, se frena el uso excesivo de agua, se protegen los suministros de agua y se mitigan los efectos ambientales negativos de la agricultura (Valdiviezo F, 2020, Pp, 28).

2.4.5.5. Planificación y adaptación al cambio climático

Dado que la evapotranspiración y las condiciones climáticas están íntimamente relacionadas, comprender este proceso es esencial para la planificación agrícola y la adaptación al cambio climático. Las variaciones en los patrones de evapotranspiración pueden afectar significativamente la cantidad de agua disponible para los cultivos, lo que requiere el empleo de enfoques de gestión adaptativos (Valdiviezo F, 2020, Pp, 28).

2.5. Coeficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) es una estadística agrícola crucial para calcular la evapotranspiración de los cultivos (ETc). Conocer la definición y el significado de este coeficiente es esencial para comprender cómo ajusta la evapotranspiración de referencia (ETo) para tener en cuenta las distintas características de un cultivo en cada etapa de crecimiento (Álvez E, 2020, Pp, 19).

2.5.1. Definición del Kc

Kc es un número adimensional que muestra cómo se relacionan entre sí la evapotranspiración real y la de referencia de un cultivo. Con este enfoque, los requisitos de agua de un cultivo se determinan en relación con un área de referencia que recibe suficiente riego. Para determinar la evapotranspiración (ETc) de un cultivo se puede utilizar la fórmula básica $ETc = ETo * Kc$ (Herrera J, 2018, Pp, 81).

2.5.2. Significado del Kc

Debido a que puede alterar la ETo para adaptarse a ciertas condiciones del cultivo, el KC es significativo. En distintas fases de sus ciclos de vida, los diferentes tipos de cultivos necesitan distintas cantidades de agua. Kc ofrece una evaluación más precisa de las necesidades de agua del cultivo en las distintas etapas fenológicas al tener en cuenta estos factores (Fonseca M, 2017, Pp, 16).

2.5.3. Métodos para determinar el Kc en diferentes cultivos

Para calcular el KC se utilizan métodos específicos adaptados a las distintas características de cada cultivo. Se utilizan observaciones directas de campo, análisis de datos meteorológicos y modelos de simulación. Es necesario un examen exhaustivo de la densidad de siembra, las etapas

fenológicas y otros factores específicos del cultivo para un cálculo preciso de K_c (Fonseca M, 2017, Pp, 16).

2.5.4. Relevancia del K_c en la gestión del riego

Se enfatiza la importancia del K_c en el manejo del riego. Ajustando E_{To} vía K_c , el agricultor podrá ajustar los planes de riego de acuerdo con las necesidades hídricas reales del cultivo en cada etapa de desarrollo. Al disminuir el estrés hídrico y el riego innecesario y aumentar la eficiencia en el uso del agua, se mejora la salud y el rendimiento de los cultivos (Abadía A, 2019, Pp, 5).

2.6. Recurso hídrico

2.6.1. Riego

Como las plantas son seres vivos, el agua es necesaria para su supervivencia. Los cultivos utilizan los nutrientes del suelo para realizar una variedad de funciones fisiológicas cuando obtienen agua. Cuando el terreno recibe insuficiente agua de fuentes naturales o el agua de lluvia no cae cuando debería, el riego se hace necesario. Esto incluye el riego artificial de cultivos (Roda T, 2018, Pp, 6).

2.6.1.1. Importancia

Debido al importante compromiso financiero y laboral que implica el desarrollo de un sistema de riego, las características del sistema varían según el cultivo, el tipo de suelo, los requisitos de agua y la disponibilidad financiera y de mano de obra. Cubre tanto la tarifa única de instalación como los costos de mantenimiento continuo. Un sistema de riego eficiente suministra la cantidad adecuada de agua en el momento adecuado para garantizar que el suelo esté mojado a la profundidad requerida por el cultivo. Se proporcionan detalles importantes sobre las necesidades de agua de los cultivos; si se pasan por alto, pueden producirse pérdidas de rendimiento o problemas de germinación (Hernández S, 2018, Pp, 42).

La nación ahora está experimentando una sequía, lo que enfatiza el valor de los distritos de riego en una variedad de situaciones. Existen varios métodos de riego, como el riego por gravedad, que consiste en utilizar mangueras o tuberías que corren continuamente para verter agua en canales o surcos. Esta práctica es análoga al riego por inundación, que se utiliza para cultivos como el arroz. El riego por goteo es un método de distribución de agua que puede usarse bajo tierra o sobre el suelo. Las mangueras y los goteros se colocan expresamente dentro de la zona de absorción de la

planta. Otra opción es el riego por aspersión. Con esta técnica se utilizan aspersores que simulan gotas de lluvia para dispersar el agua en lugares específicos (Hernández S, 2018, Pp, 42).

2.6.1.2. Requerimiento hídrico del cultivo

La cantidad de agua necesaria para la formación de biomasa suele mencionarse cuando se habla de las demandas hídricas de un cultivo. Para calcularlo se analizan las necesidades de evapotranspiración del cultivo teniendo en cuenta sus características fenológicas particulares, clima y tipos de suelo. La cantidad de agua que se necesita para prevenir el estrés hídrico viene indicada por las necesidades de agua del cultivo. La cantidad de agua disponible para un cultivo depende de cuánta permanece en el suelo después del riego (agua azul) o de la lluvia (agua verde) que el cultivo puede absorber en su zona de raíces (Martínez Y, 2018, Pp, 40).

2.6.1.3. Coeficiente del cultivo

La conexión entre la evapotranspiración real (ETc) de un cultivo determinado y la evapotranspiración de referencia (ET0) en las mismas condiciones y microclima se conoce como coeficiente de cultivo (Kc). Un número adimensional que típicamente se encuentra entre 0,1 y 1,2 se llama coeficiente y se multiplica por el valor de ET0 para determinar la evapotranspiración de cada cultivo (ETc). Los coeficientes de cultivo (Kc) y ET0 se utilizan para calcular las tasas de evapotranspiración para cada tipo de cultivo. Los agricultores pueden utilizar el valor de ETc calculado como referencia para determinar la frecuencia y el volumen de agua a aplicar durante cada riego. La literatura bibliográfica actualmente disponible contiene información sobre estos coeficientes para diversos cultivos y localidades específicas (Basterrechea M, 2019, Pp, 86).

Los coeficientes de cultivo se ven afectados por las variedades de cultivos, las fases de desarrollo y las prácticas agrícolas particulares. En cuanto a los cultivos anuales, especialmente los cultivados en hileras, los coeficientes muestran cambios significativos de un año a otro. Cuando el cultivo es joven y la planta aún es pequeña, los valores son relativamente bajos. Sin embargo, cuando el cultivo alcanza la plena madurez y el suelo está completamente cubierto, los valores aumentan mucho. El coeficiente de cultivo (Kc) de los cultivos leñosos puede aumentar si se plantan cultivos de cobertura entre las hileras de árboles. Los viñedos son un lugar donde esto se nota, ya que el cultivo de leguminosas para fijar nitrógeno eleva el Kc del suelo (Basterrechea M, 2019, Pp, 86).

2.6.1.4. Medición del impacto del uso del agua en la producción alimentaria

La "huella hídrica" es una métrica que muestra cuánta agua se utiliza en general en el ciclo de vida de un producto agrícola, desde la producción hasta el consumo. El agua utilizada en procesos industriales, el agua incorporada a insumos agrícolas y el agua utilizada directamente en la agricultura están incluidas en esta medida (llamadas huellas hídricas verde, azul y gris, respectivamente). Por lo tanto, la huella hídrica proporciona una imagen detallada de cómo el agua influye en la producción de alimentos (Ortiz A, 2017, Pp, 7).

2.6.1.5. Componentes de la huella hídrica en agricultura

- Huella hídrica verde: La cantidad de precipitación que por evaporación se evapora rápidamente de un cultivo.
- Huella hídrica azul: Indica la cantidad de agua utilizada de fuentes superficiales y subterráneas para riego agrícola.
- Huella de aguas grises: Vinculado a la contaminación del agua, este término describe la cantidad de agua necesaria para diluir los contaminantes descubiertos durante la producción (Ortiz A, 2017, Pp, 7).

2.6.1.6. Importancia de la huella hídrica en agricultura

Es necesario aumentar el conocimiento sobre la huella hídrica en la agricultura para abordar las preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad y la escasez de agua. Permite identificar los cultivos y las prácticas agrícolas que tienen un impacto importante en los recursos hídricos, lo que resulta útil a la hora de tomar decisiones sobre la conservación del agua y el aumento de la eficiencia hídrica en la producción de alimentos (Alarcón J, 2019, Pp, 52).

2.6.1.7. Métodos de cálculo y evaluación

La huella hídrica en la agricultura se determina utilizando una variedad de métodos y modelos, teniendo en cuenta factores que incluyen la ubicación, el tipo de suelo, el clima y las prácticas agrícolas específicas. Las evaluaciones de la huella hídrica de los cultivos a nivel de cultivos son comunes, lo que permite realizar comparaciones entre diferentes productos y métodos agrícolas (Alarcón J, 2019, Pp, 52).

2.6.1.8. Aplicaciones en la toma de decisiones agronómicas

La huella hídrica aporta datos muy útiles para la gestión agronómica. Utilizando este indicador, los agricultores, los formuladores de políticas y las empresas agroalimentarias pueden elegir cultivos que sean adecuados para un área en particular, adoptar métodos más sostenibles y promover la conservación del agua en toda la cadena de suministro de alimentos (Ortega J, 2018, Pp, 36).

2.6.1.9. Desafíos y oportunidades

Dado que el agua es impredecible tanto geográfica como temporalmente, analizar la huella hídrica en la agricultura tiene inconvenientes a pesar de sus ventajas. Sin embargo, debido a los avances en los métodos de evaluación y la creciente conciencia pública sobre la necesidad de una gestión sostenible del agua, existen oportunidades para abordar estos problemas y avanzar hacia una agricultura más consciente y eficiente en el uso del agua (Ortega J, 2018, Pp, 36).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización y duración del experimento

El experimento se llevó a cabo en la estación experimental Tunshi, CER - ESPOCH en la parroquia Licto, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Este campo está situado en la Tunshi, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. Ver tabla 3-1.

Tabla 3-1: Condiciones meteorológicas de la parroquia Licto, estación Tunshi

UBICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Lizarzaburu
Altitud	2758 msnm
Latitud	0.1°
Temperatura mínima promedio/día	14 °C
Humedad relativa promedio/día	65%
Precipitación acumulada/anual	531 mm/año

Fuente: López F, 2022, Pp, 43

Realizado por: Castillo J, 2022.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño experimental

En este estudio se utilizó un diseño experimental para determinar el coeficiente de cultivo (Kc) en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) var. *Santa claus* bajo dos escenarios de manejo: invernadero de bajo nivel y alto nivel. Este diseño proporcionó un marco sólido para la posterior recopilación y análisis de datos al permitir la regulación y modificación de parámetros de interés.

3.3. Materiales y equipos de campo

- Estacas
- Piola
- Flexómetro
- Herramientas de labranza
- Letreros
- Bomba de mochila
- Sacos

- Balanza

3.4. Insumos

- Fertilizantes de fondo

3.5. Material biológico

- Semillas de melón

3.6. Materiales de oficina

- Computador
- Lápices
- Hojas de papel
- Cámara de fotos

3.7. Invernaderos

3.7.1. Invernadero bajo nivel o wallipini

El invernadero de bajo nivel, también conocido como wallipini, es una estructura semisubterránea con unas dimensiones específicas: tres metros de profundidad, diez metros de largo y cuatro metros de ancho. Su estructura es de madera y está cubierta con un plástico especial para invernaderos.

3.7.2. Invernadero sobre nivel o convencional

El Invernadero sobre nivel o invernadero convencional es una estructura metálica de unas dimensiones determinadas: cuatro metros de alto, veintiún metros de largo y diecinueve metros de ancho. Sin embargo, sólo utilizamos una sección del invernadero, que mide siete metros de largo y diecinueve metros de ancho.

3.8. Lisímetros caseros

Se emplearon 6 recipientes de 20 litros cada uno para construir el lisímetro. En la parte inferior de cada recipiente se hizo un agujero de 10 cm de diámetro por donde se drenará el agua aplicada.

Además, se instaló una rejilla metálica en el fondo de cada recipiente para evitar que la grava y la tierra con la que se llenó el recipiente ingresen por el agujero. Después de instalar la malla, procedemos a colocar una capa de grava de aproximadamente 15 cm de altura, seguida de una capa de tierra.

Después de terminar la construcción del lisímetro, se procede a instalar un sistema de tuberías para recolectar el agua de riego. Los cuerpos fueron enterrados en la cama, con el lisímetro a ras del suelo.

3.9. Mediciones experimentales

3.9.1. *Días a la floración*

Se contabilizaron los días a la floración del cultivo

3.9.2. *Días a la cosecha*

Se contabilizaron los días a la cosecha del cultivo

3.9.3. *Volumen de agua aplicado*

Se contabilizó el número de láminas de riego utilizadas para cada tratamiento a lo largo del ciclo del cultivo.

3.9.4. *Rendimiento*

Para expresar el rendimiento se utilizaron kilogramos por hectárea y kilogramos por parcela neta.

3.9.5. *Huella hídrica*

Los datos se ordenaron según los rendimientos generados por cada método luego de recopilar información sobre la cantidad de agua utilizada para cada riego y la distribución de la precipitación en cada tratamiento, es decir, se recolectó datos diarios de la cantidad de agua utilizada para el riego, se sumó la cantidad de agua ocupada en cada una de las etapas fenológicas para así obtener un total de agua ocupada por el cultivo, luego proceder a dividir por la cantidad

de producto (Kg total de fruta cosechada) obtenido al finalizar el estudio; así se obtendrá la cantidad de agua necesitada para poder producir un kilogramo de fruta.

3.10. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

3.10.1. Análisis estadístico

Una comparación independiente T (Student) de las medias de los dos tratamientos constituye el experimento.

- Invernadero bajo nivel
- Invernadero sobre nivel

3.10.2. Prueba de hipótesis

Se realizará la prueba de T (Student) al 5% de doble cola cuando exista diferencias significativas entre las condiciones.

3.10.3. Obtención del ETo

El cálculo de la ETo en este estudio se basó en el enfoque de Brouwer y Heibloem (FAO) que se describe a continuación.

$$ETo = K \cdot P \cdot (0,46 \cdot T^o + 8.13)$$

Donde

ETo = es el volumen de agua que, en circunstancias ideales, es decir, cuando hay un suministro adecuado de agua en el suelo y no hay restricciones de humedad o temperatura, se evaporaría y transpiraría de una superficie con vegetación. Milímetros por mes, o mm/mes, es la unidad de medida.

K= es una constante empírica que cambia según el tipo de vegetación y su desarrollo. Usando esta constante, la fórmula puede modificarse para tener en cuenta la vegetación única y las características del sitio.

P = es la mayor proporción de horas de sol en un mes en relación con el número total de horas de sol en un año. Esto muestra cuánta energía solar se puede acceder cada mes en comparación con la cantidad total recibida a lo largo del año.

T = Esta es la temperatura promedio del mes en grados Celsius. El impacto de la temperatura sobre la evaporación y la transpiración del agua de la superficie con vegetación se calcula utilizando esta temperatura.

3.10.4. Obtención del ETc

Una vez que los lisímetros de drenaje fueron apropiados, se utilizó el proceso para determinar el Etc establecido por (Pérez J, 2020, p. 38).

$$ETc = \frac{\text{agua agregada por riego o precipitaciones} - \text{agua drenada en el periodo de analisis}}{\text{Numero de días que hay de un riego a otro}}$$

El coeficiente de cultivo se obtendrá mediante la ecuación descrita por (León, 2012: p.48):

$$Kc = \frac{ETc}{ETo}$$

Dónde

Kc (Coeficiente de cultivo) = El coeficiente de evapotranspiración del cultivo (ETc) y de evapotranspiración de referencia (ETo) está representado por una cantidad adimensional denominada Kc. El tipo y etapa de crecimiento del cultivo afectan el coeficiente del cultivo.

ETc (Evapotranspiración del cultivo (mm/día) = La cantidad total de agua que un cultivo transpira y evapora de su superficie en un día determinado se conoce como ETc (Evapotranspiración del Cultivo) (mm/día). Se expresa en mm/día o milímetros por día.

ETo (Evapotranspiración de referencia (mm/día) = La cantidad de agua que, en circunstancias normales, se evaporaría y transpiraría desde una superficie de referencia, como un cultivo de pasto corto y bien regado, se conoce como ETo (Evapotranspiración de referencia, mm/día).

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).

Para calcular evapotranspiración del cultivo (ETc), para ello se utilizó el método lisímetros de drenaje, en el que se registra las entradas (riego) y salidas (drenaje), con la finalidad de obtener la evapotranspiración promedio del cultivo para las distintas fases fenológicas. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 4-1: Obtención de la ETc promedio del ciclo vegetativo del melón (mm/día), utilizando el método del lisímetro de drenaje en invernadero bajo nivel.

Etapa de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)
Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	0.57
Desarrollo	40	23/08/2023 - 01/10/2023	65	2.69
Media	50	02/10/2023 - 20/11/2023	115	5.00
Maduración	25	21/11/2023 - 15/12/2023	140	2.21

Realizado por: Castillo J, 2024.

De acuerdo con la tabla 4-1, la mayor cantidad de requerimiento hídrico fue en la etapa media con 5,00 mm/día y la menor cantidad se presentó en la fase inicial con 0,57 mm/día, acumulando un total de 427,18 mm/día por todo el periodo vegetativo. Esto quiere decir que a medida que va avanzando la etapa fenológica del cultivo la evapotranspiración va en aumento hasta llegar al pico más alto que es en la etapa media, esto se debe según Cajamar (2020) a que en esta etapa mencionada la planta de melón necesita bastante agua en el período de crecimiento de los frutos para obtener buenos rendimientos y calidad, llegando a requerir necesidades totales de agua entre 3.000 a 4.000 m³/ha, en cultivo al aire libre. En este mismo sentido Chavarría et al. (2019) en las primeras etapas, el consumo de agua por la planta es menor, ya que el área foliar de la planta es relativamente pequeña en comparación con la etapa de floración, ya que en la tercera etapa se obtuvo la mayor demanda de agua, puesto que la planta está formando órganos reproductivos y presenta mayor área foliar. De acuerdo con Intagri (2015) la evapotranspiración del cultivo depende de las variables climáticas entre las que se encuentran la radiación, temperatura ambiental, humedad atmosférica y velocidad del viento, así como también de la incidencia de plagas y enfermedades, saturación del perfil, prácticas culturales, entre otros, pueden aumentar o disminuir la tasa de evaporación.

Por su parte León & León (2023) manifiestan que la lisimetría mide la evapotranspiración del cultivo (ETc) a partir de un lisímetro considerado como un método directo ya que este consigue medir la cantidad que se pierde por evapotranspiración y drenaje; por tanto, también se puede conocer el volumen de agua que queda en el suelo. Nuestro estudio obtuvo un promedio durante toda la etapa fenológica de 2,62 mm/día, resultados superiores con respecto a la Etc promedio fueron reportados por Villafañe et al. (2016) quienes calcularon la evapotranspiración de stevia (*Stevia rebaudiana*) bajo condiciones parcialmente protegidas donde encontró una evapotranspiración del cultivo promedio diaria (ETc) fue 1,47 mm/día, mientras que Zhang et al. (2023) determino un ETc durante toda la temporada de crecimiento de la sandía que oscilo entre 0,40 mm en su etapa inicial y de 1,88 mm/día en su etapa final.

Tabla 4-2: Obtención de la ETc promedio del ciclo vegetativo del melón (mm/día), utilizando el método del lisímetro de drenaje en invernadero sobre nivel.

Etapa de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	Etc. (mm/día)
Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	0.51
Desarrollo	50	23/08/2023 - 11/10/2023	75	2.40
Media	60	12/10/2023 - 10/12/2023	135	4.67
Maduración	25	11/12/2023 - 04/01/2024	160	2.04

Realizado por: Castillo J, 2022.

De acuerdo con la tabla 4-2, la mayor cantidad de requerimiento hídrico fue en la etapa media con 4,67 mm/día y la menor cantidad se presentó en la fase inicial con 0,51 mm/día, acumulando un total de 463,49 mm/día por todo el periodo vegetativo. De acuerdo con Cisneros et al. (2015) la ETc es definida como la cantidad de agua consumida por un determinado cultivo. En esta misma línea Morabito et al. (2015) mencionan que para estimar la evapotranspiración de un cultivo específico se necesita considerar al propio cultivo y a las condiciones ambientales. Es decir, la evapotranspiración depende de las condiciones de manejo del cultivo y de la etapa fenológica. Resultados inferiores fueron mostrados por López et al. (2010) quienes calcularon la evapotranspiración del cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) obteniendo en la etapa vegetativa-floración un ETc 1,11mm/día, en la floración-fructificación de 3,47 mm/día y en etapa de maduración-senescencia de 3,56 mm/día, estos mismos autores reconocen que dentro de los métodos usados para medir la evapotranspiración en una superficie cultivada se destaca el del lisímetro que mide la evaporación del suelo desnudo o la evapotranspiración del área sembrada con un cultivo y que en el que las condiciones del sistema agua-suelo-planta pueden regularse a conveniencia y medirse con más precisión que en el perfil natural de suelo. Mientras que se encuentran dentro de los niveles presentados por Abanto et al. (2020) quienes realizaron la

determinación de evapotranspiración y coeficiente de cultivo de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh para su domesticación y conservación mediante la utilización de lisímetros de drenaje en la cual determinaron la ETc promedio en las plantas de *Myrciaria dubia* de 2 años en presencia y ausencia de acolchado orgánico fue de 2.0 y 2.7 mm·día⁻¹.

4.1.1. Variables y métodos de evaluación

4.1.1.1. Días a la floración

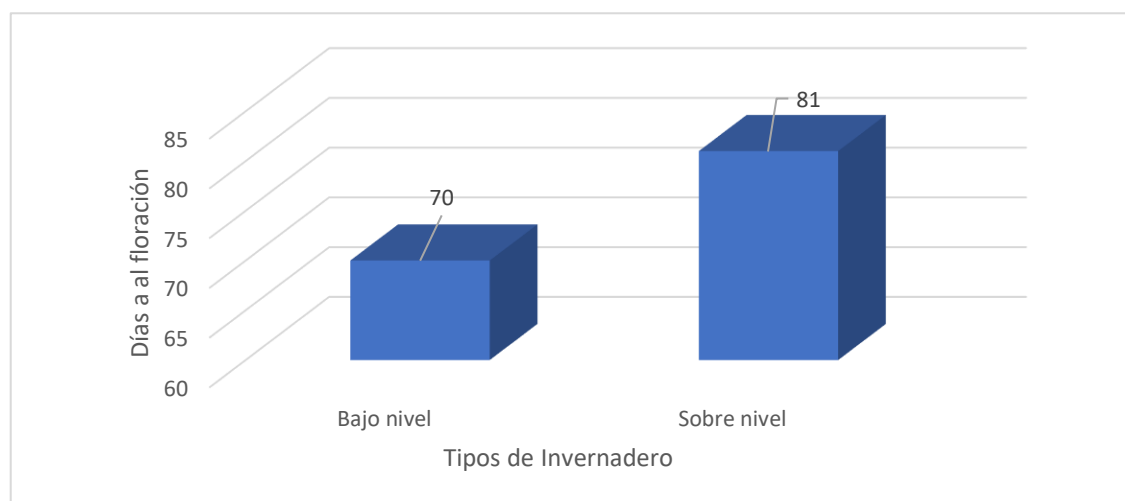


Ilustración 4-1: Días de floración del melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Castillo J, 2022.

De acuerdo con la tabla 4-3 e ilustración 4-2 se puede manifestar que se encontró en etapa de floración en el invernadero bajo nivel (walipini) a los 70 días, mientras que, en el invernadero sobre nivel, se alcanzó la floración a los 81 días. Esta variación de los días de floración se debe según García et al. (2006) a factores como la nutrición, condiciones climáticas y la conductividad de agua influyen los procesos fisiológicos de floración y cuajado de los de los frutos, así como también la iluminación, temperaturas, fertilización, el riego y la poda juegan su papel importante en la floración. Resultados inferiores a los presentados en nuestra investigación fueron reportados por Monteros et al. (2021) quienes estudiaron el comportamiento agronómico de cultivares de melón (*Cucumis melo* L. var. Inodorus) bajo invernadero en la zona este del Chaco (Argentina) mostrando que el ciclo del cultivo de trasplante a floración fue de 53 días, en esa misma línea Robles et al. (2005) investigaron el desarrollo vegetativo de melón (*Cucumis melo* L.) establecido por trasplante, con guiado vertical y acolchado plástico en la comarca lagunera, logrando una floración a los 56 días, estos autores justifican estos días de floración por el uso de acolchado el cual ayuda a modificar el microambiente del cultivo logrando así el amarre de frutos a partir de

la fecundación. Hay que tener en cuenta que, durante el desarrollo reproductivo, el estrés por bajas temperaturas puede retrasar la floración e inducir la abscisión de las flores, la esterilidad del polen, el acortamiento y distorsión del tubo polínico y la reducción del cuajado de frutos, lo que reduce el rendimiento.

4.1.1.2. Días a la cosecha

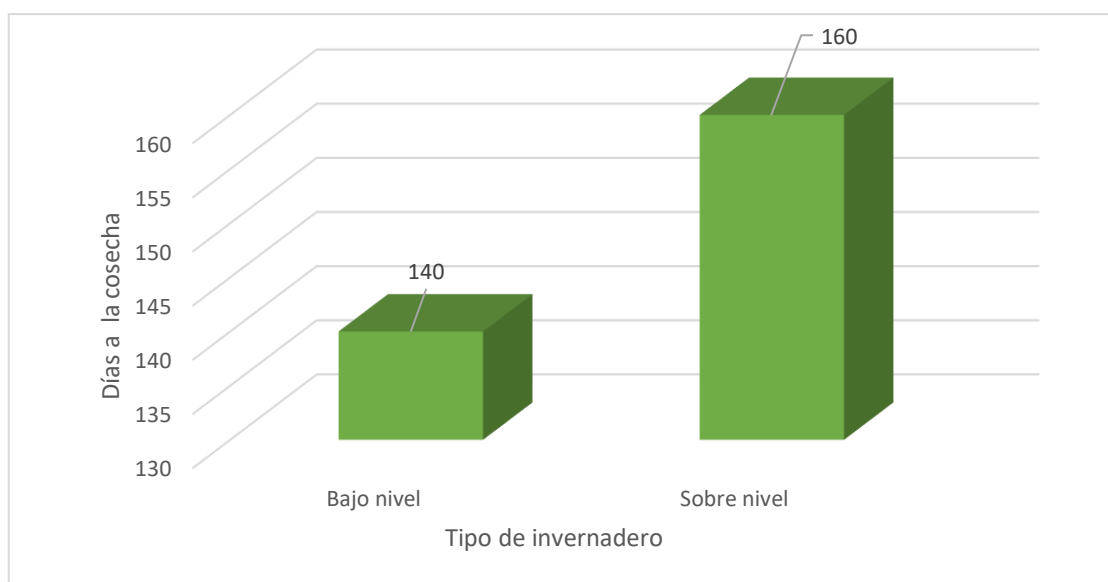


Ilustración 4-2: Días a la cosecha del melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Castillo J, 2022.

Mediante la ilustración 4-2 se denota que la cosecha en el invernadero bajo nivel (walipini) fue a los 140 días, mientras que, en el invernadero sobre nivel, fue a los 160 días. De acuerdo con Chaves & Gutiérrez (2017) las temperaturas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento de las cosechas, influye desde la germinación de las semillas hasta la madurez del cultivo. Los cambios de temperatura pueden afectar la disponibilidad de nutrientes, la actividad de los microorganismos beneficiosos, la absorción de agua y la actividad enzimática en las raíces de las plantas, del mismo modo si las temperaturas son inadecuadas, pueden acelerar o retrasar la madurez de los cultivos, lo que puede tener consecuencias en la calidad y cantidad de la cosecha. Es por ello que las diferentes temperaturas marcan la diferencia sobre los días de cosecha del melón variedad Santa Claus entre los dos tipos de invernadero ya que en el invernadero bajo nivel se obtuvo una temperatura media de 18,75 °C, mientras que en el invernadero sobre nivel fue de 16,59 °C. Por ello Aponte (2023) recomienda una temperatura para el cultivo de cucurbitáceas, debe oscilar entre los 25-30°C para que la planta pueda crecer correctamente y dar su fruto por debajo o por encima de esta temperatura óptima la planta no se consigue desarrollar adecuadamente y es

posible que el cultivo no realice su ciclo biológico normal y no alcance su máximo potencial de rendimiento.

Estudios realizados por Monge & Loría (2020) en el que analizaron los parámetros de selección para el rendimiento en melón (*Cucumis melo*) cultivado bajo invernadero encontraron un promedio en los días de cosecha de 78 días, estos mismos autores destacan que esta variable analizada va a depender de la variedad de melón evaluado, las condiciones ambientales (invernadero o campo abierto). Ortega et al. (2023) realizaron una fertilización química del melón, en la cual los días de cosecha se encontraron a los 95 días, asimismo Sangoluisa (2000) estudió la evaluación agronómica de cuatro podas en las variedades de melón Hymark donde obtuvo un promedio de 90 días para la cosecha. Chacón & Monge (2020) investigaron la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero donde encontraron un rango de 86 a 90 días de cosecha esto se debe a variaciones de los estudios analizados con respecto a los días de cosecha es efecto de altas temperaturas y radiación, los distintos valores de edad al inicio de la cosecha del melón entre diferentes sitios o épocas de siembra, se deben generalmente a las diferencias en la temperatura dentro del invernadero, ya que las bajas temperaturas provocan una disminución en el ritmo de crecimiento de la planta y un retraso en la maduración del fruto, mientras que una mayor temperatura acelera ambos procesos. Según Ramírez (2021) si la temperatura del interior del invernadero aumenta, también aumenta la cantidad de agua que se pierde por transpiración, y los estomas se cerrarán como método de protección para evitar la pérdida excesiva de agua. Aunque este método de protección puede tener un efecto negativo, pues con los estomas cerradas se restringe la entrada de dióxido de carbono que es fundamental para realizar la fotosíntesis.

4.1.1.3. Rendimiento

Mediante al análisis estadístico de la prueba T (*Student*) se obtuvo un p-valor igual a (0,4119) y este es mayor al porcentaje de error planteado (0,05%), estableciendo que no existen diferencias significativas (*) entre las dos muestras analizadas.

Tabla 4-3: Prueba T Student de rendimiento del melón en 2 tipos de invernadero

	Grupo 1 Bajo nivel	Grupo 2 Sobre Nivel
n	20	20
Media por planta (Kg)	4,38	4,17
T	0,03	
p-valor	0,3918	

p-valor > 0,05 y > 0,01 = ns (No significativo);

p-valor < 0,05 y > 0,01 = * (Significativo);

p-valor < 0,05 y < 0,01 = ** (Altamente significativo).

Fuente: Infostat, 2024

Realizado por: Castillo J, 2022.

De acuerdo con la tabla 4-3 se puede establecer que se obtuvo un rendimiento de 275.75 kg/parcela en el invernadero bajo nivel y en el invernadero sobre nivel se obtuvo un total de 262.71 kg/parcela. En nuestro país se siembra de diciembre a marzo, cubriendo un área de 924 ha, con un rendimiento de 7.549 t, obteniendo un promedio de 8,16 t/ha, ocupando el segundo lugar por superficie sembrada entre las cucurbitáceas (Arias, 2021, pág. 4). Este promedio que tenemos es muy inferior al que presentan otros países productores de melón como es el caso de China donde obtuvo un rendimiento de 3,36 kg/m², Marruecos de 3,26, mientras que el de España fue de 3,15 kg/m² (Enríquez et al. 2022, pág. 42). Resultados inferiores al nuestro fueron presentados por Calderón (2017) quien realizó el establecimiento de un cultivo de melón en el municipio de Sardinata Norte de Santander (Colombia) alcanzando rendimientos que oscilan entre 1,64 a 2,16 kg fruto/planta, este autor explica que estas variaciones en los rendimientos de las plantas de melón se debe a la distancia de siembra, ya que a una mayor distancia las plantas aumentaron en la biomasa de los frutos, con lo cual las plantas fueron más vigorosas que por ende produjeron frutos de mayor tamaño y biomasa. Por ello Montes (2020) recomienda la utilización de melones híbridos ya que estos son menos susceptibles a disminuir sus rendimientos drásticamente con reducción en las distancias de siembra ya que este mismo autor encontró en melón híbrido Packstar, un rendimiento de 36 759 kg/ha, en plantas sembradas a 40 cm. De acuerdo con Romero (2019) la cosecha del melón en cuanto al rendimiento promedio es de 3 melones por planta, aunque suele variar de 3 a 5 en las variedades tradicionales de fruto más grande y de 5 a 8 melones para variedades de fruto más pequeño. Por su parte Bohórquez (2020) estudio los efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento productivo de los híbridos de melón alcanzando un rendimiento que va desde los 5029,5 kg/ha a 11165,0 kg/ha. Mientras que Suárez et al. (2022) estudiaron el efecto de las colonias de abejas en el rendimiento del cultivo de melón logrando en el tratamiento con abejas ofreció el mayor promedio con 2667 kg/ha, siendo el doble del rendimiento promedio del tratamiento sin abejas que fue de 1278 kg/ha.

De acuerdo con Díaz et al. (2020) el cultivo de melón en invernadero presenta varias ventajas sobre el cultivo a campo abierto, como la obtención de mayor número de cosechas durante el año, precocidad de la cosecha, economía de agua y fertilizantes, mayor rendimiento, y mejor calidad de los frutos. En el cultivo bajo ambiente protegido se alteran las características ambientales de clima y de suelo: hay menor radiación solar global, evapotranspiración y viento, y hay mayor radiación difusa, temperatura y humedad relativa del aire. En el cultivo de melón en invernadero (plantas conducidas en forma vertical), se ha encontrado que normalmente cada planta consigue desarrollar solo entre 2 y 3 frutos, debido a la ocurrencia del aborto natural. Estudios realizados por Monge & Loria (2017) quienes estudiaron la producción de melón en invernadero mediante la comparación agronómica entre tipos de melón obtuvieron los mayores rendimientos con los melones tipo japonés (48,89 t/ha) y el Santa Claus (47,51 t/ha) y los menores valores se hallaron con los melones Galia y Charentais. A su vez Buczkowska et al. (2023) hace referencia a que el agua es crucial para dar forma al crecimiento y la producción del fruto del melón, el riego deficitario de moderado a intenso reduce significativamente el contenido relativo de agua, el rendimiento y la firmeza del fruto del melón, y aumenta significativamente el contenido de ácido L-ascórbico. De acuerdo con lo manifestado se puede apreciar que rendimiento en el cultivo de melón, debido, a factores como es el efecto de las condiciones climáticas; al manejo del cultivo (tipo de poda, densidad de siembra, riego, fertilización, sustrato utilizado, manejo fitosanitario, etc.); al tipo de melón utilizado y al genotipo evaluado.

4.2. Establecer el coeficiente del cultivo (K_c) mediante la utilización de lisímetros de drenaje en el cultivo melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).

Una vez calculado el ET_c tanto del invernadero bajo nivel y sobre nivel, se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus, esto se lo hizo, mediante la utilización de los datos meteorológicos como es la temperatura media y las horas de luz por día (p), para ello se utilizó la fórmula diseñada de Blanney y Criddle de la FAO, con la información mencionada anteriormente en la tabla 4-4 se presentan los resultados de la evapotranspiración de referencia tanto del invernadero bajo nivel y sobre nivel:

Tabla 4-4: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (*Cucumis melo L.*) var. *Santa Claus*, a través de fórmula diseñada de Blanney y Criddle (FAO) bajo dos condiciones de invernadero.

Tipo de Invernadero	Etapa de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	Temperatura promedio (°C)	P*	K [#]	ETo (mm/día)
Bajo Nivel	Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	19.15	0.27	0.45	2.06
	Desarrollo	40	23/08/2023 - 01/10/2023	65	19.04	0.27	0.80	3.65
	Media	50	02/10/2023 - 20/11/2023	115	18.32	0.27	1.00	4.47
	Maduración	25	21/11/2023 - 15/12/2023	140	18.10	0.27	0.60	2.67
Sobre Nivel	Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	17.38	0.27	0.45	1.96
	Desarrollo	50	23/08/2023 - 11/10/2023	75	16.86	0.27	0.80	3.43
	Media	60	12/10/2023 - 10/12/2023	135	16.12	0.27	1.00	4.20
	Maduración	25	11/12/2023 - 04/01/2024	160	16.00	0.27	0.60	2.51

* Horas de luz por día sugerido por Blanney & Criddle (FAO, 1986)

Valores del factor de crecimiento K para los distintos cultivos según su estado de crecimiento

Realizado por: Castillo J, 2022.

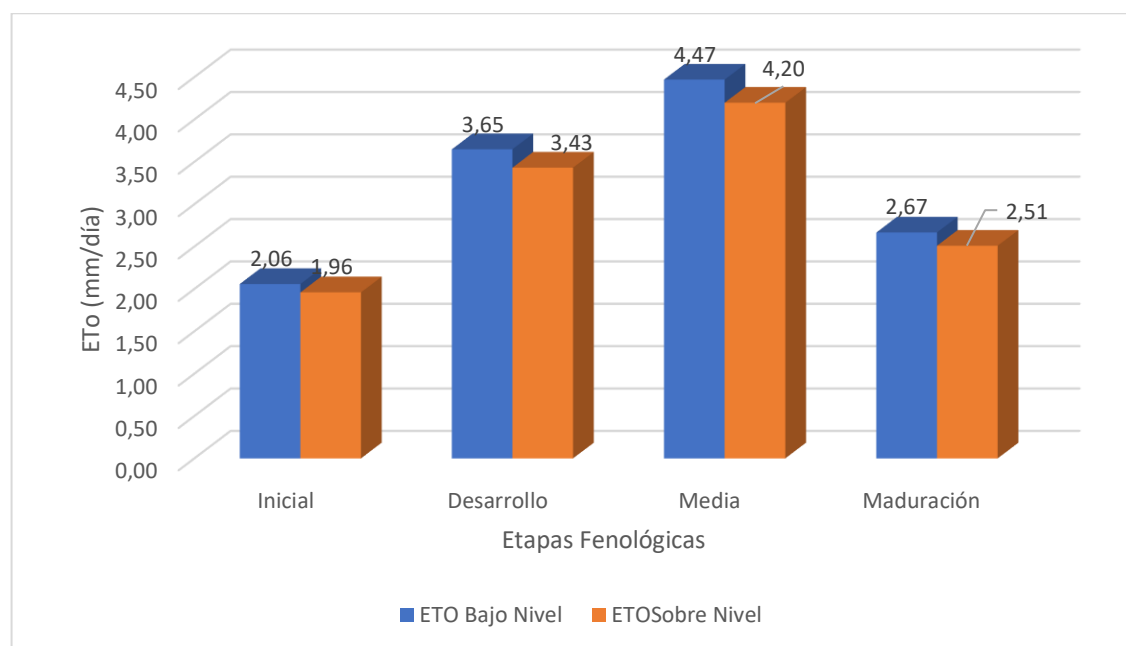


Ilustración 4-3: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (*Cucumis melo L.*) var. *Santa Claus*, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Castillo J, 2022.

En la tabla 4-4 e ilustración 4-3 se presenta el ETo (mm/día) en la etapa inicial corresponde a 2,06 (mm/día), en la etapa de desarrollo presenta 3,65 mm/día, en la etapa media obtuvo 4,47 mm/día, por último en la etapa en final resulto de 2,67 mm/día presentando un promedio de 3,21 mm/día, en el invernadero bajo nivel (Walipini) mientras que en el invernadero sobre nivel en la etapa inicial fue de 1,96 en la etapa de desarrollo presentó 3,43 mm/día, en la etapa media obtuvo 4,20 mm/día, por último en la etapa en final resulto de 2,51 mm/día, presentando un promedio de 3,02 mm/día, mediante estos resultados presentados se llega a la conclusión de que la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) es mayor en el invernadero bajo nivel. También nos permite observar que en la etapa inicial del desarrollo del melón el área foliar es pequeña, esto provoca que el suelo queda expuesto al sol y aumenta la evaporación directa. Cuando aumenta el área foliar existe un incremento de la evapotranspiración del cultivo, lo que conlleva a un aumento de la transpiración en comparación con la evaporación (Cun et al. 2015, pág. 14).

Resultados inferiores fueron mostrados por López et al. (2010) quienes calcularon la evapotranspiración del cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) obteniendo en la etapa vegetativa-floración un ETo de 3,68 mm/día, en la floración-fructificación de 3,19 mm/día y en etapa de maduración-senescencia de 4,14 mm/día. Mientras que Machaca et al. (2022) destacan que el ETo está influenciado por el tipo de cultivos, las características del suelo y las condiciones climáticas del entorno. Es por ello que López et al. (2019) destacan que la transpiración de las plantas está directamente asociada a la producción de cultivos, mientras que la evaporación no contribuye a la producción en el campo, por lo que los dos procesos deben ser estudiados y cuantificados por separado para implementar estrategias de manejo del agua y programas de riego que permitan un uso eficiente. Nuestros resultados concuerdan con los realizados por lo mencionado por García et al. (2019) quienes determinaron el ETo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) alcanzando valores máximos de 5.34 mm/día y mínimos de 3.12 mm/día, con un promedio de 4.23 mm/día estas variaciones en el ETo influye directamente en los valores de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y coeficiente de cultivo (Kc) y se debe principalmente a la fluctuación de la radiación solar.

Mientras que para la determinación del coeficiente de cultivo (Kc) se consideró la ETo calculada con el método Blaney y Criddle y la ETc, que fue calculada con el método del lisímetro de drenaje, para las fases fenológicas del cultivo de melón. Los resultados que se muestran en la tabla 4-5, muestran el Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.

Tabla 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.

Fase Fenológica	Fecha	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)	ETo (mm/día)	Kc
Inicial	29/07/2023	25	25	0,57	2,06	0,28
	-					
Desarrollo	22/08/2023	40	65	2,69	3,65	0,74
	23/08/2023					
Media	01/10/2023	50	115	5,00	4,47	1,12
	02/10/2023					
Final	20/11/2023	25	140	2,205	2,67	0,83
	21/11/2023					
	15/12/2023					

Realizado por: Castillo J, 2022.

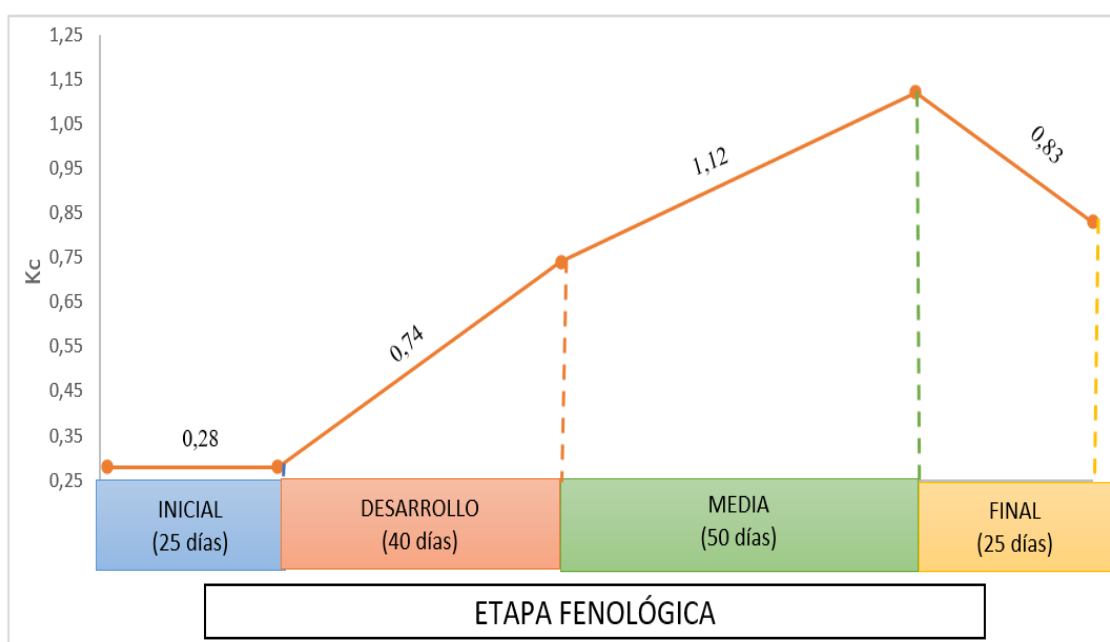


Ilustración 4-4: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.

Realizado por: Castillo J, 2022.

Según la tabla 4-5, e ilustración 4-4 en la fase inicial que va del 29 de julio al 22 de agosto del 2023, el valor de coeficiente de cultivo Kc promedio es de 0.28; valor que se mantiene durante 25 días en esta etapa inicial para el cultivo de melón.

Mientras que para la fase de desarrollo las características establecidas en los 50 días de la duración de esta etapa, los valores de coeficientes de cultivo Kc registrados van ascendiendo de 0.28 a 0.74 en las fechas comprendidas del 23 de agosto al 01 de octubre del 2023, lo que quiere decir que

crecimiento sostenido. En tanto que, en la fase media el coeficiente de cultivo va de 0.74 a 1.12 en una duración de 50 días, en las fechas comprendidas del 02 de octubre al 20 de noviembre del 2023, es decir que en esta etapa se alcanzó el valor máximo (Kc).

Finalmente, la última fase final duro 25 días a partir del 21 de noviembre a 15 de diciembre el coeficiente de cultivo Kc disminuye de 1.12 a 0.83. De acuerdo con López et al. (2010) el coeficiente del cultivo (Kc) incluye los efectos de la evaporación de la superficie del suelo y del cultivo y este depende de la disponibilidad de agua en el suelo en la zona radical y de la menos húmeda de la superficie expuesta del suelo. También hay que destacar que el Kc está altamente influenciados por muchos factores, como el clima de la región, el cultivar, el sistema de producción, la labranza, la temporada de siembra y la cobertura del suelo y es de vital importancia para proyectar y manejar el riego, permitiendo el aumento de la productividad del agua y la optimización de los recursos hídricos y energéticos. En este sentido Cun et al. (2015) manifiesta que el patrón de comportamiento del Kc varía en función de la edad del cultivo, obteniéndose un menor valor en las primeras fases de desarrollo e incrementándose con su crecimiento lo que esta correlacionado con el aumento de área foliar del cultivo y esto hace que las plantas vayan aumentando sus necesidades hídricas y así poder cumplir con normales sus procesos fisiológicos de manera normal. Así mismo Linares (2015) destaca que, en cultivos hortícolas bajo invernadero de plástico, el manejo (deshojado, destallado, entutorado, altura del cultivo, densidad de plantación, etc.) es muy distinto al realizado en los mismos cultivos al aire libre. Por tanto, para conocer con precisión las necesidades hídricas de los cultivos hortícolas bajo invernadero, es necesario conocer los valores de Kc propios de cada zona donde se desarrolla el cultivo.

Tabla 4-6: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero sobre nivel.

Fase Fenológica	Fecha	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	Etc (mm/día)	Eto (mm/día)	Kc
Inicial	29/07/2023 - 22/08/2023	25	25	0.51	1.86	0.26
Desarrollo	23/08/2023 - 11/10/2023	50	75	2.40	3.43	0.70
Media	12/10/2023 - 10/12/2023	60	135	4.67	4.20	1.11
Final	11/12/2023 - 04/01/2024	25	160	2.04	2.51	0.81

Realizado por: Castillo J, 2022.

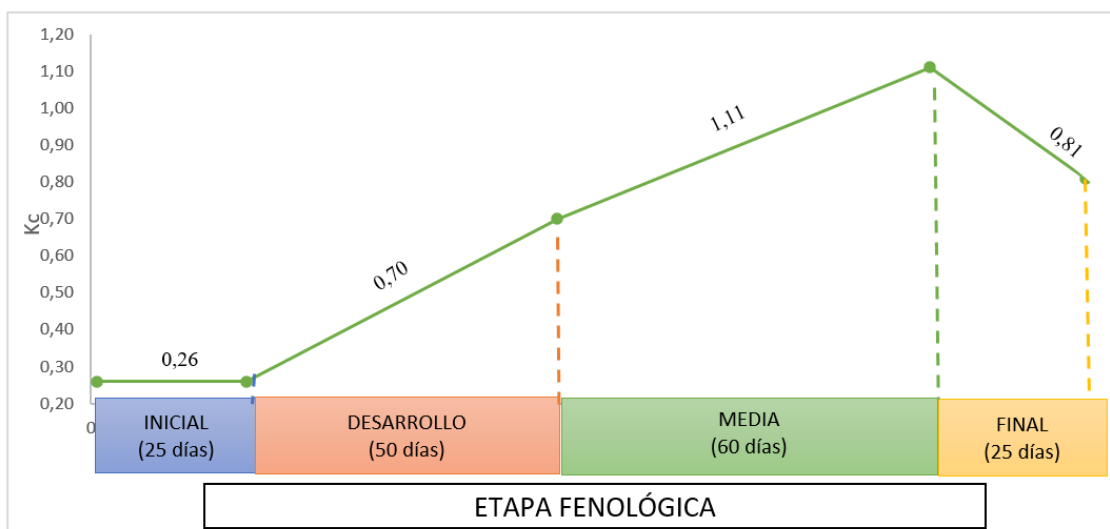


Ilustración 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo del melón en invernadero sobre nivel

Realizado por: Castillo J, 2022.

Según la tabla 4-6 e ilustración 4-5, en la fase inicial que va del 29 de julio al 22 de agosto de 2023, el valor de coeficiente de cultivo Kc promedio es de 0.26, valor que se mantiene durante 25 días en esta etapa inicial para el cultivo de melón. Mientras que para la fase de desarrollo las características establecidas en los 50 días de la duración, los valores de coeficientes de cultivo Kc registrados van ascendiendo de 0.26 a 0.70 del 23 de agosto al 11 de octubre de 2023, lo que quiere decir que crecimiento va de manera ascendente. En tanto que, en la fase media el coeficiente de cultivo va de 0.70 a 1.11 en una duración de 60 días, en las fechas comprendidas del 12 de octubre al 10 de diciembre del 2023, es decir que en esta etapa se alcanzó el valor máximo (Kc).

Finalmente, en la última fase final duro 25 días a partir del 11 de diciembre a 04 de enero de 2024, el coeficiente de cultivo Kc disminuye de 1.11 a 0.81. Según Linares (2015) con el crecimiento del cultivo se produce un aumento de la superficie foliar, provocando que el Kc incremente durante este período desde valores bajos, hasta su valor máximo cuando el cultivo alcanza cobertura completa. La tasa de desarrollo de un cultivo y el tiempo transcurrido entre plantación y cobertura completa depende de las condiciones climáticas, y en particular de la temperatura, y de la fecha de plantación. A su vez Ureña (2017) destaca que si se cambia de fecha de siembra o plantación las condiciones climáticas también cambian, afectando al patrón de crecimiento y desarrollo del cultivo, lo que, a su vez, tendrá repercusión sobre el patrón de Kc, es decir el patrón de Kc de los cultivos hortícolas bajo invernadero depende de la temperatura, por lo que es necesario relacionar los valores de Kc con el desarrollo y crecimiento del cultivo. Cabe destacar que Chavarría et al. (2019) indican que existen diversos factores que afectan los valores de Kc, entre ellos están: las

diferencias en la morfología de la planta, la distribución y las respuestas de los estomas al ambiente, el sistema de riego, la frecuencia de riego y las precipitaciones.

De acuerdo con la información de la ilustración 4-4 y 4-5, los valores promedio de K_c obtenidos en condiciones de invernadero bajo nivel para las etapas I, II, III y IV fueron 0.28; 0.74; 1.12 y 0.83 respectivamente. Mientras que para el invernadero sobre nivel se obtuvo para las etapas mencionadas un K_c de 0.26; 0.70; 1.12 y 0.81 respectivamente. Ojeda (2017) manifiesta que el incremento del K_c se relaciona con el porcentaje de área foliar expuesta a la radiación solar, por lo tanto, el cultivo va requiriendo de mayor cantidad de recurso hídrico para cumplir con sus funciones fisiológicas y equilibrar el balance hídrico. Y esto se cumple en nuestra investigación tanto en el invernadero sobre nivel como bajo nivel; ya que en la etapa inicial la demanda hídrica es menor, debido a la poca capacidad que tiene la planta para tomar el agua del suelo porque posee un sistema radicular y área foliar poco desarrollado. Ya en la etapa de desarrollo y media se dio los valores más altos de requerimientos hídricos debido a que la planta desarrolla una actividad fotosintética activa, lo cual aumenta el proceso de transpiración, y esta presenta una intensa actividad vegetativa, favoreciendo el desarrollo y crecimiento del cultivo. Durante la fase final el cultivo alcanza su madurez fisiológica, lo cual el requerimiento hídrico disminuye debido a que se reduce su tasa de crecimiento y la cobertura foliar (senescencia)

Las diferencias de K_c entre los dos tipos de invernaderos están dadas por factores como la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo las características radicales, la variabilidad climática y la evaporación del suelo. Si comparamos nuestros resultados con los de la FAO-56 que son (0,45; 0,75; 1,00 y 0,75), no son iguales esto es debido a que la FAO realizó estas recomendaciones en condiciones climáticas del mediterráneo presentando las siguientes características: clima subhúmedo con humedad relativa mínima ($HR_{\min} = 45 \%$), y velocidad del viento $u = 2 \text{ m s}^{-1}$, por lo mostrado son estas diferencias climáticas lo que impide el uso de este K_c en invernaderos con lo cual los valores de K_c obtenidos en este estudio representan un aporte para el conocimiento y determinación de los requerimientos hídricos, según la etapa de desarrollo fenológico melón y concuerda con lo mencionado por Allen et al. (1998) quienes sugieren ajustes en K_c causados por la variación local en el clima, el suelo y gestión del riego.

Linares (2015) explica que el K_c del melón en invernadero deber ser mínimo de 0,2 y máximo de 1,1 con lo cual los resultados de nuestra investigación de ambos invernaderos se encuentran dentro de los rangos mencionados. Es importante destacar que el manejo de cultivos en invernadero es mejor ya que crea un ambiente controlado (microclima) que ayuda a la mejor producción del cultivo no así en campo libre, por tanto los valores de K_c en las distintas etapas fenológicas van

a variar por factores como la temperatura, humedad y luminosidad y esto concuerda con lo expuesto por Álvarez (2019) donde hace énfasis en que el comportamiento del Kc en cultivos hortícolas depende fuertemente de la temperatura del ambiente en condiciones controladas y varía con las prácticas de manejo, por lo que es necesario relacionar estos valores con las etapas de desarrollo del cultivo. Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) son inferiores a los obtenidos por Román et al. (2017) quienes calcularon la evapotranspiración del cultivo y el Kc de sandía (*Citrullus lanatus*) en México donde encontraron un Kc de: 0,16; 0,44; 0,65 y 0,42 para las etapas inicial, desarrollo, media y final, respectivamente, estas variaciones están dadas por las condiciones climáticas de la zona y de los tipos de suelo, además destacan que las cucurbitáceas pueden recibir un poco de estrés hídrico durante sus primeras etapas fenológicas, pero no durante la floración, ya que reduce su rendimiento.

En esta misma Barion et al. (2021) calcularon la necesidad de agua y coeficiente del cultivo de melón variedad Cantaloupe encontrando un Kc de 0,98; 1,28 y 1,03 en las etapas inicial, intermedio y final respectivamente, estos autores explican que factores como el clima, el tipo de suelo, las condiciones características fisiológicas de las plantas, tipos de cobertura del suelo, así como las variedades de melón ejercen una gran influencia en relación con Kc. Miranda et al. (2004) determinaron el coeficiente de cultivo para el cultivo de sandía regado por sistema de goteo, en la región de Paraipaba (Brasil), utilizando lisímetro de pesaje para determinación de ETc y el método Penman-Monteith de la FAO para ETo, donde obtuvieron un Kc inicial de 0,30, intermedio de 1,15 y final de 0,58. Los valores de Kc observados por estos autores son superiores al del presente estudio, este hecho puede estar relacionado al tipo de lisímetro utilizado.

Si que concuerdan nuestros resultados con lo obtenido por Carvalho et al. (2008) donde calcularon la evapotranspiración y coeficientes de cultivo de sandía sin semillas alcanzando un Kc de 0,38,0,52; 0,98 y 0,58, para las etapas inicial, vegetativa, intermedia y final, respectivamente. Mientras que fueron superiores a los expuestos por De Miranda & Bleicher (2001) quienes realizaron la determinación de evapotranspiración y Kc para las distintas fases del desarrollo del melón encontrando un Kc de 0,13 en la fase inicial, 0,68 en la fase intermedia y 0,55 en la fase final.

4.3. Determinación de la huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).

Tabla 4-7: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus, en invernadero sobre nivel y bajo nivel.

Tipo de Invernadero	Agua total utilizada en el ciclo de melón (litros)	Rendimiento parcela (kg)	Litros de agua utilizado por cada kilo de melón
Bajo nivel	4768	275.75	17,29
Sobre nivel	9743	262.71	37,08

Realizado por: Castillo J, 2022.

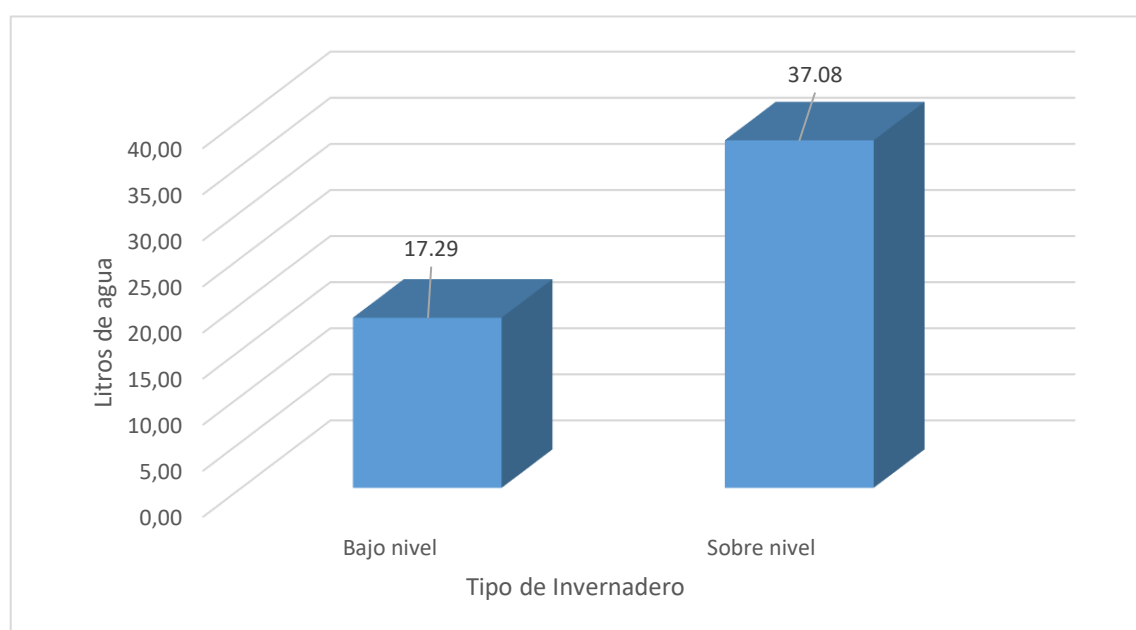


Ilustración 4-6: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus, en invernadero sobre nivel y bajo nivel.

Realizado por: Castillo J, 2022.

Según nos muestra la tabla 4-7 e ilustración 4-6 la huella hídrica azul correspondiente a invernadero bajo nivel presenta un consumo de agua de 4768 litros la misma obtuvo un rendimiento de 275.75 kg que es equivalente a 17.29 litros por cada kilogramo de producción, mientras que a invernadero sobre nivel presenta un consumo de agua de 9743 litros la misma obtuvo un rendimiento de 262,71kg que es equivalente a 37,08 litros por cada kilogramo de producción, es decir existió una menor demanda de agua en el wallipini que en el invernadero sobre nivel, esto se debe a las características invernadero de bajo nivel ya que son más eficaces a la hora de mantener una temperatura constante porque las paredes subterráneas de tierra ayudan a retener el calor y la humedad, algo que minimiza el consumo de agua. Para Álvarez et al. (2016) la

huella hídrica azul se refiere al volumen de superficie y agua subterránea consumida (evaporada) como resultado de la producción de un bien. Por su parte Parra et al. (2023) mencionan que en la agricultura la HH azul depende de diferentes factores como: tipo de cultivos, el suelo, la variabilidad del clima y las prácticas culturales.

Estudios presentados por Mekonnen & Hoekstra (2011) donde estudiaron la huella hídrica verde, azul y gris de los cultivos, obteniendo en el melón una HH azul de $56\text{m}^3/\text{t}$, similares resultados fueron presentados por Rezaei et al. (2019) donde determinaron la huella hídrica en la producción de cultivos en la provincia de Teherán alcanzando en el cultivo de melón una HH azul de $51\text{m}^3/\text{t}$. Cabe destacar que los cultivos alimentarios plantados en zonas que reciben precipitaciones adecuadas para la agricultura tendrán una huella hídrica verde mayor, mientras que los cultivos plantados en zonas más secas que requieren riego tendrán una huella hídrica azul mayor, como es el caso del estudio presentado por Garino (2020) quien determinó la huella hídrica para el melón alcanzando una HH azul de $196\text{m}^3/\text{t}$, frente a una HH verde de $18\text{m}^3/\text{t}$. Por su parte Kim & Shim (2020) realizaron la estimación de la huella hídrica de los principales productos agrícolas y ganaderos en Corea, concluyendo que la huella hídrica en las hortalizas cultivadas a campo es 7,9 veces mayor por tonelada que la huella de las hortalizas cultivadas un invernadero, estos mismos autores explican que es debido a que los vegetales cultivados a campo abierto consumen más energía y agua que los vegetales de cultivados en invernadero. En esta misma línea Prías (2015) realizó el análisis de huella hídrica de los sistemas productivos de tomate a campo abierto y bajo invernadero en Colombia alcanzando en campo abierto una HH $17411.6\text{m}^3/\text{ton}$ siendo el aporte de HH azul de 0.15%, mientras que en el invernadero fue de $1207.4\text{m}^3/\text{ton}$, con un aporte de HH azul del 3,4%/

Los cultivos alimentarios con una mayor huella hídrica verde suelen ser un problema menor a menos que haya una sequía. De ahí que la implementación de invernaderos para un sistema de producción sea la mejor elección ya que se puede incrementar la eficiencia en el uso del agua, creando un microclima para mejorar la fotosíntesis de la planta, reduciendo la evapotranspiración excesiva e incrementando los rendimientos (Salazar et al. 2014, pág. 178). Las necesidades de agua de los cultivos bajo invernadero son menores que los cultivos a campo abierto. En regiones con alta radiación solar, un invernadero de plástico puede reducir el uso del agua en un cultivo en 30% y la evapotranspiración en invernadero se reduce un 70% respecto a la del aire libre (Alviter & Granados, 2006, pág. 14).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

5.1. Conclusiones

En nuestra investigación en lo que respecta a la evapotranspiración del cultivo (ETc) realizada mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus en el invernadero bajo nivel correspondió en la etapa inicial 0,57 mm/día; desarrollo 2,69 mm/día; media 5,00 mm/día y final 2,21 mm/día, mientras que el invernadero sobre nivel fue inferior la ETc siendo en la etapa inicial 0,51 mm/día; desarrollo 2,40 mm/día; media 4,67 mm/día y final 2,04 mm/día estas diferencias son debido a que la evapotranspiración depende de las variables climáticas entre las que se encuentran la radiación, temperatura ambiental, humedad atmosférica

En lo que respecta a el coeficiente del cultivo (Kc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus en el invernadero bajo nivel presento los siguientes valores: etapa inicial 0,28; desarrollo 0,74; media 1,12 y final 0,83, mientras que el invernadero sobre nivel se obtuvo un mayor Kc los cuales fueron: etapa inicial 0,26; desarrollo 0,70; media 1,12 y final 0,81. Estas diferencias de Kc entre los dos tipos de invernaderos están dadas por factores como la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, el reflejo, la cobertura del suelo las características radicales, la variabilidad climática y la evaporación del suelo.

En nuestro estudio la huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. Santa Claus mediante el método de lisímetro correspondió en el invernadero bajo nivel a 18,45 litros de agua por cada kilo producido de melón mientras que en el invernadero sobre nivel fue de 37,69 litros de agua por cada kilo de melón producido, es por ello que en ambos invernaderos se reduce significativamente el uso del agua si lo comparamos con el cultivo a campo abierto, sin embargo el invernadero bajo nivel es el que mejor huella hídrica azul posee ya que requiere casi el 50% menos de agua que el invernadero sobre nivel por tanto el Walipini minimiza el consumo de agua.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda utilizar los valores de K_c obtenidos en esta investigación para determinar los requerimientos hídricos del cultivo de melón en invernadero bajo nivel y sobre nivel.

Implementar el método de lisímetro de drenaje en cultivos de interés ya que esta es una herramienta de fácil uso y muy aprovechable para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc), mediante la cual se podrá calcular de manera más exacta los requerimientos hídricos en las diferentes etapas fenológicas de los cultivos.

En futuras investigaciones determinar los costos de implementación y beneficio/costo de invernadero bajo nivel y sobre nivel

BIBLIOGRAFÍA

1. **ABADIA A.** “Evaluación de la evapotranspiración y de los coeficientes Kc y su relación con el porcentaje de área sombreada del suelo en un cultivo de brócoli con riego por goteo”. *Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agroalimentario* [en línea], 2019 (España), vol. 6 (2), págs. 5. [Consulta: 2024-01-17]. Disponible en: <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2054.%20VI%20Congreso%20Ib%C3%A9rico%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas.%20XII%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Comunicaciones/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20evapotranspiraci%C3%B3n%20y%20de%20los%20coeficientes%20Kc%20y%20su%20relaci%C3%B3n%20con%20el%20porcentaje%20de%20%C3%A1rea%20sombreada%20del%20suelo%20en%20un%20cultivo%20de%20br%C3%B3coli%20con%20riego%20por%20goteo.pdf>
2. **ABANTO RODRÍGUEZ, Carlos, et al.** “Determinación de evapotranspiración y coeficiente de cultivo de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh para su domesticación y conservación en suelos de tierra firme. *Revista Chapingo. Serie horticultura.* [En línea]. (2020). (Colombia). Volumen 26 N° 3. ISSN: 1027-152X. pp. 176-178. [Consulta 2024-02-09]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v26n3/2007-4034-rcsh-26-03-175-es.pdf>
3. **AGUILAR C.** “Valorization of melon fruit (*Cucumis melo* L.) by-products: Phytochemical and Biofunctional properties with Emphasis on Recent Trends and Advances”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2020, (México), vol. 99 (9), págs. 138. [Consulta: 2024-01-5]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419306417>
4. **AHMAD R.** “Physical properties and mathematical modeling of melon (*Cucumis melo* L.) seeds and kernels”. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* [en línea], 2017 (Iran), vol. 16 (3), págs. 281. [Consulta: 2024-01-5]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X15300126>
5. **ALARCON J.** “Cambio climático y recursos hídricos en Colombia”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2019 (Colombia), vol. 22 (2), págs. 52. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262019000200021&script=sci_arttext

6. **ALBUQUERQUE T.** “Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?”. *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2020, (Portugal), vol. 98 (3), págs. 28. [Consulta: 2024-01-5]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418301869>
7. **ALLEN, Richard et al.** “Crop Evapotranspiration”. [En línea] 1998. [Consulta 2023-01-10]. Disponible en: <http://www.climasouth.eu/sites/default/files/FAO%2056.pdf>
8. **ALVARADO J.** “Producción de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero: efecto de poda y densidad de siembra”. *Revista Posgrado y Sociedad* [en línea], 2017, (Costa Rica), vol. 15 (1), págs. 72. [Consulta: 2024-01-5]. DOI 10.22458. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/posgrado/article/view/1821>
9. **ÁLVAREZ LARA, Pedro Alejandro.** “Determinación del coeficiente de cultivo (Kc) del pimiento (*Capsicum annuum* L.) en función a la evapotranspiración real en comparación con el Kc teórico”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. 2019. pp. 52-53. [Consulta 2024-01-18]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7d282654-aa41-4d58-afd2-7ebea0ba8e41/content>
10. **ÁLVAREZ, Alisa, et al.** “Huellas hídricas verde y azul del cultivo de maíz (*Zea mays*) en provincias del centro y noreste argentino. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. [En línea]. (2016). (Argentina). Volumen 48 N° 1. ISSN: 1853-8665. pp. 166-168. [Consulta 2024-02-14]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v48n1/v48n1a12.pdf>
11. **ALVEZ E.** “DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTIVO PARA A CULTURA DO RABANETE ATRAVÉS DE LISIMETRIA DE DRENAGEM”. *Irriga* [en línea], 2020 (Brasil), vol. 22 (1), págs. 19. [Consulta: 2024-01-17]. DOI: 10.15809. Disponible en: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2238>
12. **ALVITER PONCE, D. & GRANADOS SÁNCHEZ, D.** “Construcción y manejo de invernaderos en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) para el valle del

- mezquital, Hidalgo. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. [En línea]. (2006). (México). Volumen 5 N° 1. ISSN: 2007-526X. pp. 13-14. [Consulta 2024-02-18]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545053002.pdf>
- 13. APONTE OCAÑA, Myrian Graciela.** “Efecto de Agrozoil en el control de Mildiú Velloso (*Pseudoperonospora cubensis*) en el cultivo de zucchini (*Cucurbita pepo* L.) variedad “Modena”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 2023. pp.42-45. [Consulta 2023-12-12]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38282/1/Tesis-364%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Aponte%20Oca%C3%B1a%20Myrian%20Graciela.pdf>
- 14. ARIAS NIEBLA, Jean Carlos.** “Evaluación de la viabilidad de semillas en seis variedades de melón (*Cucumis melo* L.) mediante pruebas de tetrazolio”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador. 2021. pp. 4-6. [Consulta 2024-01-22]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17460/1/TTUACA-2021-IA-DE00042.pdf>
- 15. ASSUMPCIÓ A.** “UTILIZACIÓN DEL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA EN LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO BAJO INVERNADERO MEDITERRÁNEO” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA Programa de Doctorat Enginyeria Ambiental. Catalunya-España. 2014. págs. 15. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94137/01PREVIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 16. BARION ALVES, Andre Felipe et al.** “Necessidade hídrica e coeficiente da cultura do melão cantaloupe cultivado no verão-outono na região Noroeste do Paraná. – *Universidade de Cesumar*. [En línea]. (2021). (Brasil). Volumen 1 N° 1. ISSN: 2294-4991. pp. 3-4. [Consulta 2024-02-12]. Disponible en: <https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/9071/1/Andre%20Felipe%20Barion%20Alves%20Andreas.pdf>
- 17. BASTERRECHEA M.** “RECURSOS HÍDRICOS”. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea], 2018 (Guatemala), vol. 3 (1), págs. 86. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en:

<https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2020/04/2019.-Recursos-Hídricos-Guatemala.-Primer-Reporte-Nacional-de-Cambio-Climático.-SGCCC.pdf>

18. **BOHORQUEZ CADENA, Juan Pablo.** “Efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento productivo de los híbridos de melón (Cucumis melo l.). Simón Bolívar Guayas”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 2020. pp. 45-48. [Consulta 2024-01-30]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BOHORQUEZ%20CADENA%20JUAN%20PABLO.pdf>
19. **BUCZKOWSKA, Halina, et al.** “Melon (Cucumis melo L.) Fruit Yield under Irrigation and Mycorrhiza Conditionse. *Revista Chapingo. Agronomy*. [En línea]. (2023). (Estados Unidos). Volumen 13 N° 6. ISSN: 2073-4395. pp. 3-6. [Consulta 2024-02-17]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/13/6/1559>
20. **BLANEY – CRIDDLE.** “Evapotranspiración potencial”. [En línea] 2000. [Consulta 2023-01-10] Disponible: https://www.buyteknet.info/filesare/data/analisis_lect/blanneypdf
21. **CAJAMAR.** “Dosis de riego en el cultivo de melón”. [En línea] 2020. [Consulta 2023-12-17]. Disponible en: <https://www.cajamar.es/storage/documents/boletin-huerto-157-1496658321-50c4b.pdf>
22. **CALDERÓN PEREIRA, Edgar.** “Establecimiento de un cultivo de melón variedad Cantaloupe CANARTE E. “EFECTO DEL NIM (Azadirachta indica JUSS.) SOBRE Bemisia tabaci GENNADIUS (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) Y CONTROLADORES BIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DEL MELÓN Cucumis melo L.” *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* [en línea], 2017, (Ecuador), vol. 25 (1), págs. 72. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 1390-3799. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962017000200033&script=sci_abstract&tlng=pt
23. **CARRILLO G.** “Evaluación técnica y financiera del cultivo de lechuga en invernadero, como alternativa para invierno”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2015 (México), vol. 33 (3), págs. 61. [Consulta: 2024-01-8]. ISSN 0187-5779 Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000300251

- 24. CARVALHO, Lilian Cristina et al.** “Evapotranspiração e coeficientes de cultivo da melancia sem sementes. *Revista de Ciências Agrícolas*. [En línea]. (2008). (Brasil). Volumen 39 N° 1. ISSN: 2256-2273. pp. 56-58. [Consulta 2024-02-15]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1953/195317606008.pdf>
- 25. CHACÓN PADILLA, Karla & MONGE PÉREZ, José Eladio.** “Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. *Revista Tecnología en Marcha*. [En línea]. (2020). (Costa Rica). Volumen 33 N° 1. ISSN: 0379-3982. pp. 22-23. [Consulta 2024-02-11]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v33n1/0379-3982-tem-33-01-17.pdf>
- 26. CHAVARRÍA PÁRRAGA, Jesús Enrique et al.** “Necesidades hídricas del frijol caupí (*Vigna unguiculata*) calculadas con el coeficiente de cultivo lisímetro de drenaje. *Ciencia y Tecnología*. [En línea]. (2019). (Colombia). Volumen 17 N° 3. ISSN: 2539-0899. pp. 111-113. [Consulta 2024-02-13]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/11746/9677
- 27. CHAVES BARRANTES, Néstor Felipe & GUTIÉRREZ SOTO, Marco Vinicio.** “Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*. [En línea]. (2017). (Costa Rica). Volumen 28 N° 1. ISSN: 2215-3608. pp. 237-239. [Consulta 2024-02-16]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n1/43748637020.pdf>
- 28. CISNEROS ZAYAS, Enrique, et al.** “Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el café en la provincia de Pinar del Río. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. [En línea]. (2015). (Colombia). Volumen 24 N° 2. ISSN: 2071-0054. pp. 23-25. [Consulta 2024-02-09]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200004
- 29. CUN GONZÁLEZ, Reinaldo, et al.** “Evapotranspiración y coeficiente de cultivo de la lechuga (BSS-13) en condiciones de organopónico. *Revista Ingeniería Agrícola*. [En línea]. (2015). (Cuba). Volumen 5 N° 2. ISSN: 2306-1545. pp. 12-14. [Consulta 2024-02-20]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/5862/586261425002.pdf>

30. **DAZA M.** “Necesidades hídricas de estevia calculadas con el coeficiente del cultivo”. *Agron. Mesoam* [en línea], 2017 (Colombia), vol. 28 (2), págs. 3. [Consulta: 2024-01-17]. ISSN 2215-3608. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v28n2/43750618015.pdf>
31. **DE MIRANDA, Fabio & BLEICHER, Ervino.** “Evapotranspiração e coeficientes de cultivo e de irrigação para a cultura do melão (Cucumis melo L.) Região Litorânea do Ceará. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. [En línea]. (2001). (Brasil). Volumen 1 N° 2. ISSN: 1677-1907. pp. 13-16. [Consulta 2024-02-12]. Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/9009/1/Bd-002.pdf>
32. **DE MIRANDA, Fabio et al.** “Evapotranspiración máxima y coeficientes de cultivo para el cultivo de sandía con riego por gotejamiento. *Revista de Ciencias Agrícolas*. [En línea]. (2004). (Brasil). Volumen 35 N° 1. ISSN: 2256-2273. pp. 40-43. [Consulta 2024-02-13]. Disponible en: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/article/view/91433/249318>
33. **DELGADO D.** “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN LISÍMETRO DE DRENAJE LIBRE PARA LA DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) PARA LA VARIEDAD DE PAPA (Solanum tuberosum L.) cv. ÚNICA EN CONDICIONES DE CLIMÁTICAS DEL DISTRITO DE HUNTER, AREQUIPA. 2017” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Católica de Santa María Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola. Arequipa-Perú. 2018. págs. 6. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/233005246.pdf>
34. **derived crop products**”. [En línea] 2011. [Consulta 2024-01-18]. Disponible en: <https://waterfootprint.org/resources/Mekonnen-Hoekstra-2011-WaterFootprintCrops.pdf>
35. **DÍAZ ALVARADO, Jorge Manuel et al.** “Producción de melón (Cucumis melo L.) Cantaloupe en invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible*. [En línea]. (2020). (El Salvador). Volumen 9 N° 1. ISSN: 2305-1744. pp. 28-29. [Consulta 2024-02-16]. Disponible en: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/83847/PAYDS-art%C3%ADculo%20publicado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

36. **ENRÍQUEZ GARCÍA, Fabián et al.** “Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en Invernadero. *Revista biológico agropecuaria Tuxpan*. [En línea]. (2022). (México). Volumen 10 N° 1. ISSN: 2007-6940. pp. 111-113. [Consulta 2024-02-16]. Disponible en: <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/399/544>
37. **FONSECA M.** “Estimativa dos coeficientes de cultivo (Kc) de videiras para suco.”. *Revista da sociedade brasileira de agrometeorologia* [en línea], 2018 (Colombia), vol. 8 (3), págs. 81. [Consulta: 2024-01-17]. ISSN: 2306-1545. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj89Z_50aaEAXVuQzABHYlrCO8QFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fseer.sct.embrapa.br%2Findex.php%2Fagrometeoros%2Farticle%2Fdownload%2F26279%2F13887&usg=AOvVaw0quoaGErSEhCip4R4M4Yv4&opi=89978449
38. **GARCÍA HUATAY, Mayra et al.** “Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) "caña de azúcar", *Zea mays* L. (Poaceae) "maíz" y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) "espárrago" en el valle Chicama, Perú. *Arnaldoa*. [En línea]. (2019). (El Salvador). Volumen 26 N° 2. ISSN: 2413-3299. pp. 798-800. [Consulta 2024-02-21]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n2/a18v26n2.pdf>
39. **GARCÍA, J. et al.** “Efecto del cultivar y la distancia entre plantas sobre el comportamiento agronómico y rendimiento del melón”. *Revista de la Facultad de Agronomía*. [En línea]. (2006). (Venezuela). Volumen 23 N° 4. ISSN: 0378-7818. pp. 2-3. [Consulta 2023-11-11]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000400007
40. **HERNANDEZ S.** “AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO EN COLOMBIA”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2018 (Colombia), vol. 21 (2), págs. 6. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262018000200553&script=sci_arttext
41. **HERRERA J.** “Consumo de agua y coeficientes de cultivo en el sorgo de grano (*Sorghum vulgare* L. Monech).” *Ebsco* [en línea], 2018 (Colombia), vol. 8 (3), págs. 81. [Consulta: 2024-01-17]. ISSN: 2306-1545. Disponible en:

<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A7%3A3691015/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3AAscholar&id=ebsco%3Agcd%3A130230137&crl=c>

42. **INTAGRI**. “La Evapotranspiración de los Cultivos”. [En línea] 2015. [Consulta 2023-12-10]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-evapotranspiracion-de-los-cultivos>
43. **KESH H**. “Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update”. *Scientia Horticulturae* [en línea], 2021, (España), vol. 282 (10), págs. 65. [Consulta: 2024-01-5]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821001527>
44. **KIM, Ik & SHIN, Kyung**. “Estimation of Water Footprint for Major Agricultural and Livestock Products in Korea. *Sustainability*. [En línea]. (2019). (Estados Unidos). Volumen 11 N° 10. ISSN: 2071-1050. pp. 6-8. [Consulta 2024-02-02]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2980>
45. las variedades de melón Hymark y MA212F1 bajo protección en El Zamorano, Honduras”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). El Zamorano. Honduras. 2000. pp. 16-20. [Consulta 2023-12-28]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b10ffcd-b5788-4041-a054-8a84376d2118/content>
46. **LEÓN RUIZ, Juan Eduardo & LEÓN TERÁN, Juan Eduardo**. “Evapotranspiración de los cultivos y lisimetría”. [En línea] 2023. [Consulta 2023-12-17]. Disponible en: http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-06-13-222824-Evaporacio%CC%81n_de_los_cultivos.pdf
47. **LINARES OJEDA, Rocío del Mar**. “Necesidades Hídricas del Cultivo”. [En línea] 2015. [Consulta 2023-02-11]. Disponible en: <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/872/Anejo%208.%20Necesidades%20hidricas%20del%20cultivo.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
48. **LÓPEZ AVENDAÑO, Jesús, et al**. “Uso de FAO-56 y cintilómetro para estimar la evapotranspiración de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) y sus componentes: evaporación del suelo y transpiración de la planta. *Terra Latinoamericana*. [En línea]. (2019). (México). Volumen 37 N°

2. ISSN: 2395-8030. pp. 145-147. [Consulta 2024-02-13]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v37n2/2395-8030-tl-37-02-141.pdf>
49. **LOPEZ I.** “Modelos matemáticos de hortalizas en invernadero: trascendiendo la contemplación de la dinámica de cultivos”. *REVISTA CHAPINGO SERIE* [en línea], 2015 (México), vol. 11 (2), págs. 261. [Consulta: 2024-01-8]. ISSN 1027-152X Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/609/60911211.pdf>
50. **LÓPEZ LÓPEZ, Rutilo, et al.** “Evapotranspiración del cultivo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) estimada mediante el potencial mátrico del suelo. *Revista fitotecnia mexicana*. [En línea]. (2010). (México). Volumen 33 N° 2. ISSN: 0187-7380. pp. 157-158. [Consulta 2024-02-15]. Disponible en: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-2/9a.pdf>
51. **MACHACA PILLACA, Rrodry et al.** “Estimación de la evapotranspiración con fines de riego en tiempo real de un olivar a partir de imágenes de un dron en zonas áridas, caso La Yarada, Tacna, Perú. *Idesia (Arica)*. [En línea]. (2022). (Perú). Volumen 40 N° 2. ISSN: 0718-3429. pp. 58-60. [Consulta 2024-01-16]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292022000200055
52. **MARTINEZ Y.** “La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos”. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental* [en línea], 2018 (Cuba), vol. 39 (1), págs. 40. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000100005&script=sci_arttext&tlng=en
53. **MEKONNEN, M. & HOEKSTRA, A.** “The green, blue and grey water footprint of crops and MONGE PÉREZ, José Eladio & LORIA COTO, Michelle. “Parámetros de selección para el rendimiento en melón (*Cucumis melo*) cultivado bajo invernadero. *Cuadernos de Investigación UNED*. [En línea]. (2020). (Costa Rica). Volumen 12 N° 2. ISSN: 1659-441X. pp. 7-8. [Consulta 2024-01-12]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5156/515664454014/html/>
54. **MONGE PÉREZ, José Eladio & LORIA COTO, Michelle.** “Producción de melón en invernadero: comparación agronómica entre tipos de melón. *Revista Posgrado y Sociedad*. [En línea]. (2017). (Costa Rica). Volumen 15 N° 2. ISSN: 2215-2172. pp. 83-85. [Consulta 2024-01-29]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/325915707_Produccion_de_melon_en_invernadero_comparacion_agronomica_entre_tipos_de_melon

- 55. MONTEROS SOLITO, Ramiro et al.** “Comportamiento agronómico de cultivares de melón (*Cucumis melo* L. var. Inodorus) bajo invernadero en la zona este del Chaco”. *Agrotecnia*. [En línea]. (2021). (Argentina). Volumen 31 N° 1. ISSN: 2545 - 8906. pp. 57-58. [Consulta 2023-11-30]. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/11487/INTA_CRChaco-Formosa_EEAColoniaBenitez_MonterosSolito_RI_Comportamiento_agronomico_de_cultivares_de_melon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 56. MONTERROSO A.** “Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2021 (México), vol. 39 (3), págs. 28. [Consulta: 2024-01-14]. ISSN 0187-5779. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792021000100105
- 57. MONTES JARA, Martha Gabriela.** “Efecto de densidad de siembra sobre el rendimiento en melón (*Cucumis melo* L.), var Súper Torreón F1 en el valle de Huaral, 2016.”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad San Pedro. Huacho, Perú. 2020. pp. 33-35. [Consulta 2024-01-20]. Disponible en: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/15316/Tesis_64680.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 58. MORABITO, José, et al.** “Distribución espacial de la evapotranspiración del cultivo de referencia y de la precipitación efectiva para las provincias del centro-noreste de Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*. [En línea]. (2015). (Argentina). Volumen 47 N° 1. ISSN: 1853-8665. pp. 110-112. [Consulta 2024-02-13]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652015000100008&script=sci_arttext&tlng=pt
- 59. MORENO A.** “Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero”. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* [en línea], 2014 (México), vol. 1 (2), págs. 172. [Consulta: 2024-01-8]. ISSN 2007-9028 Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282014000200007&script=sci_arttext

60. **MOSQUERA E.** “Ultrasound and Osmotic Dehydration as Pre-treatments to Melon (*Cucumis melo* L.) Drying by Freeze-drying”. *Información tecnológica* [en línea], 2019, (Colombia), vol. 30 (3), págs. 78. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300179&script=sci_arttext&tlng=pt
61. **ORTEGA J.** “Uso del suelo y su influencia en la presión y degradación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas”. *RIIA* [en línea], 2019 (Brasil), vol. 9 (1), págs. 36. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6383701>
62. **ORTEGA, Julio Gabriel, et al.** “Fertilización química del melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero. Una propuesta para mejorar su rendimiento y calidad. *Journal of the Selva Andina Biosphere*. [En línea]. (2023). (La Paz). Volumen 11 N° 1. ISSN: 2308-3859. pp. 85-88. [Consulta 2024-02-02]. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v11n1/2308-3859-jsab-11-01-84.pdf>
63. **ORTIZ A.** “Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática”. *Redalyc* [en línea], 2017 (Colombia), vol. 9 (1), págs. 7. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5177/517752178008/517752178008.pdf>
64. **ORTIZ R.** “Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco”. *Siembra* [en línea], 2020 (Ecuador), vol. 7 (1), págs. 89. [Consulta: 2024-01-14]. ISSN 2477-8850. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-88502020000200001&script=sci_arttext
65. **PARRA OROBIO, Brayan, et al.** “Análisis de la huella hídrica azul como indicador de sostenibilidad en pymes del Valle del Cauca. Caso de estudio en el sector de la producción de envases de plástico y espumas fenólicas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. [En línea]. (2023). (Colombia). Volumen 33 N° 1. ISSN: 1909-7735. pp. 21-24. [Consulta 2024-02-16]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/6195/5492>
66. **PEREZ P.** “Efectos de la revegetación a escala de cuenca sobre el caudal y la evapotranspiración en ambiente mediterráneo. Cuenca del Taibilla (SE de España)”. *Bosque (Valdivia)* [en línea],

2018 (España), vol. 39 (1), págs. 91. [Consulta: 2024-01-14]. ISSN 0717-9200. Disponible en:
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-92002018000100119&script=sci_arttext

- 67. PINTO A.** “Sistema inalámbrico de monitorización para cultivos en invernadero”. *DYNA* [en línea], 2014 (España), vol. 81 (184), págs. 39. [Consulta: 2024-01-8]. ISSN 0012-7353 Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532014000200022&script=sci_arttext
- 68. PRIAS GÓMEZ, Andrés Julián.** “Análisis de huella hídrica de los sistemas productivos de tomate a campo abierto y bajo invernadero en Colombia”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 2015. pp. 43-45 [Consulta 2023-02-06]. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1767/T065%20%281%29.pdf?s>
- 69. QUISHPE J.** “DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE USO CONSUNTIVO (KC) EN CULTIVO DE PAPA (SOLANUM TUBEROSUM) POR EL MÉTODO LISIMÉTRICO EN EL VALLE DEL MANTARO”. *PURIQ* [en línea], 2020, (Perú), vol. 2 (3), págs. 2. [Consulta: 2024-01-3]. ISSN 2664-4029. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/514/5143156006/html/>
- 70. RAMIREZ LOPEZ, Alex Giordano.** “Comportamiento de componentes agronómicos y de rendimiento bajo dosis creciente de gallinaza en *Cucumis melo* L., var. “melón gaucho redondo” en Zungarococha-Loreto.2021”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 2022. pp. 32-34. [Consulta 2023-12-18]. Disponible en: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8234/Axel_Tesis_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- 71. REZAEI KALVANI, Somayeh et al.** “Water footprint of crop production in Teherán province. *Planning Malaysia*. [En línea]. (2010). (Estados Unidos). Volumen 17 N° 2. ISSN: 1675-6215. pp. 126-128. [Consulta 2024-02-16]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/335684748_WATER_FOOTPRINT_OF_CROP_PRODUCTION_IN_TEHRAN_PROVINCE

- 72. RIOS M.** “DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA CURVA DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) PARA EL CULTIVO DE CÚRCUMA (Cúrcuma Longa) EN EL CORREGIMIENTO “EL LIMONAR” DEL MUNICIPIO DE DAGUA, VALLE DEL CAUCA” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD DEL VALLE FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE. Huaraz-Perú. 2022. págs. 82. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/9f3bfe7a-6430-4f02-a388-4bea9f8b6b9d/content>
- 73. ROBLES TRINIDAD, Rodrigo et al.** “Desarrollo vegetativo de melón (Cucumis melo L.) establecido por trasplante, con guiado vertical y acolchado plástico en la comarca lagunera”. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. [En línea]. (2005). (México). Volumen 4 N° 1. ISSN: 2007-526X. pp. 5-8. [Consulta 2024-01-08]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4555/455545051003.pdf>
- 74. RODA T.** “Considerations about management of water resources and public health in Peru”. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* [en línea], 2018 (Perú), vol. 35 (2), págs. 6. [Consulta: 2024-01-19]. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2018.v35n2/297-303/es/>
- 75. ROMAN L.** “Evapotranspiración del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) en la costa de Hermosillo, Sonora, México”. *Terra Latinoamericana* [en línea], 2017 (México), vol. 35 (1), págs. 16. [Consulta: 2024-01-14]. ISSN 0187-5779. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792017000100041&script=sci_arttext
- 76. ROMÁN ROMÁN, Leonardo, et al.** “Evapotranspiración del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) en la costa de Hermosillo, Sonora, México. *Terra Latinoamericana*. [En línea]. (2016). (México). Volumen 35 N° 1. ISSN: 2395-8030. pp. 46-48. [Consulta 2024-02-03]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n1/2395-8030-tl-35-01-00041.pdf>
- 77. ROMERO SUAREZ, Yohan Augusto.** “Implementación de un cultivo de melón (Cucumis melo l. var. Cantaloupe) en 2.500m², mediante el uso de las buenas prácticas agrícolas (BP agrícolas (BPA) como proyecto demostrativo de empresarización del campo en el municipio de Gigante, Huila”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de la Salle. Huila, Colombia.

2019. pp. 25-28. [Consulta 2023-02-07]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1161&context=ingenieria_agronomica

- 78. RONCALLA T.** “DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE CULTIVO (K_c) PARA EL CULTIVO DE CHIA (*Salvia hispánica* L.) POR EL MÉTODO DE LISÍMETROS DE DRENAJE LIBRE EN LA IRRIGACIÓN MAJES” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Católica de Santa María Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola. Arequipa-Perú. 2018. págs. 6. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/198132554.pdf>
- 79. ROSAS J.** “DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (K_c) DE LA PAPA CANCHAN (*Solanum tuberosum* L.) INIA-303 UTILIZANDO LISÍMETRO DE DRENAJE EN EL ANEXO INCAPUDEL DISTRITO DE SHILLA – CARHUAZ, 2020” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO” FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. Huaraz-Perú. 2022. págs. 14. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjSr_uMgqaEAXVuQjABHWTDBvoQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Frepository.unasam.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2FUNASAM%2F5100%2FT033_70774311_T.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usg=AOvVaw2gzcJ0jQZb3fvAStUc6s-N&opi=89978449
- 80. RUGGIERI V.** “An improved assembly and annotation of the melon (*Cucumis melo* L.) reference genome.”. *Scientific Reports* [en línea], 2018, (Chile), vol. 8 (1), págs. 91. [Consulta: 2024-01-5]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-26416-2>
- 81. SALAZAR MORENO, Raquel et al.** “La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y ciencias del agua*. [En línea]. (2014). (México). Volumen 5 N° 2. ISSN: 2007-2422. pp. 179-181. [Consulta 2024-02-08]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000200012
- 82. SALAZAR R.** “Predicción de la evapotranspiración de referencia utilizando redes neuronales artificiales”. *Ciencias UAT* [en línea], 2023 (México), vol. 17 (2), págs. 57. [Consulta: 2024-01-

17]. ISSN 2077-7858. Disponible en:
<https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/1708>

- 83. SANGOLUISA RODRÍGUEZ, Franco Efraín.** “Evaluación agronómica de cuatro podas en SEGURA M. “Modelación de la evapotranspiración potencial mensual a partir de temperaturas máximas-mínimas y altitud.”. *Tecnología y ciencias del agua* [en línea], 2017 (México), vol. 8 (3), págs. 102. [Consulta: 2024-01-14]. ISSN 2007-2422. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222017000300093&script=sci_abstract&tlng=pt
- 84. SUÁREZ RICARDO, Elvis et al.** “Colonias de abejas en el rendimiento del cultivo de melón, TERZAROLI N. “Exploring Heterosis in Melon (Cucumis melo L.)”. *MDPI* [en línea], 2020 (Italia), vol. 9 (2), págs. 62. [Consulta: 2024-01-5]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/2/282>
- 85. UREÑA ORDOÑEZ, Gabriela Del Cisne.** “Determinación de las necesidades Hídricas del cultivo de maíz (Zea Mays), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector el porvenir perteneciente al sistema de riego campana-Malacatos”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 2017. pp.95-97. [Consulta 2024-01-23]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19355/1/Gabriela%20del%20Cisne%20Ure%c3%b1a%20Ordo%c3%b1ez.pdf>
- 86. VALDIVIEZO F.** “Estimación de la Evapotranspiración de los cultivos medianteMODIS16” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQColegio de Ciencias e Ingenierías. Quito-Ecuador. 2020. págs. 28. [Consulta: 2024-01-18]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9191/1/124791.pdf>
- 87. VILLAFAÑE, Gustavo et al.** “Evapotranspiración y coeficientes de cultivo (Kc) de stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni) Bertoni] bajo condiciones parcialmente protegidas. *Bioagro*. [En línea]. (2016). (Colombia). Volumen 28 N° 2. ISSN: 1316-3361. pp. 132-134. [Consulta 2024-01-20]. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000200008

- 88. VILLALOBOS M.** “Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola”. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería* [en línea], 2017 (Chile), vol. 25 (4), págs. 17. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052017000400599&script=sci_arttext&tlng=en
- 89. VON BUCHWALD F.** “Producción de lixiviados, comparación del método de tchobanoglous con experimentos en lisímetros”. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica* [en línea], 2022 (Perú), vol. 21 (42), págs. 38. [Consulta: 2024-01-17]. ISSN 2477-8850. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15789>
- 90. ZHANG, Hengjia et al.** “Crop coefficient determination and evapotranspiration estimation of watermelon under water deficit in a cold and arid environment”. *Frontiers*. [En línea]. (2023). (Estados Unidos). Volumen 14 N° 1. ISSN: 2994-7197. pp. 2-4. [Consulta 2023-11-20]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1153835/full>

ANEXOS

ANEXO A VALORES DE HORAS LUZ (P)

Bajo Nivel	140	Julio	3	0.21
		Agosto	31	0.24
		Septiembre	30	0.27
		Octubre	31	0.3
		Noviembre	30	0.33
		Diciembre	15	0.35
		Sobre Nivel	160	Julio
Agosto	31			0.24
Septiembre	30			0.27
Octubre	31			7
Noviembre	30			0.33
Diciembre	31			0.35
Enero	4			0.34

* Horas de luz por día sugerido por Brouwer y Heibloem (FAO, 1970)

ANEXO B ETc Wallipini

Etapa de cultivo	Duracion por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)		
Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	0.57		
					14.31	
Desarrollo	40	23/08/2023 - 01/10/2023	65	2.69		
					107.53	
Media	50	02/10/2023 - 20/11/2023	115	5.00		
					250.21	
Maduración	25	21/11/2023 - 15/12/2023	140	2.21		
					55.13	427.18
			PROMEDIO	2.62	427.18	

ANEXO C ETc SOBRE NIVEL

Etapa de cultivo	Duracion por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)
------------------	--------------------	-------------------------------	----------------------	--------------

Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	30	0.51		12.72
Desarrollo	50	23/08/2023 - 11/10/2023	75	2.40		119.95
Media	60	12/10/2023 - 10/12/2023	135	4.67		279.95
Maduración	25	11/12/2023 - 04/01/2024	160	2.04		50.88
				2.40		463.49

ANEXO D ETo SOBRE Y BAJO

Tipo de Invernadero	Etapas de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	Temperatura promedio (°C)	P*	K#	ETo (mm/día)
Bajo Nivel	Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	25	19.15	0.23	0.45	1.75
	Desarrollo	40	23/08/2023 - 01/10/2023	65	19.04	0.27	0.80	3.65
	Media	50	02/10/2023 - 20/11/2023	115	18.32	0.32	1.00	5.30
	Maduración	25	21/11/2023 - 15/12/2023	140	18.10	0.34	0.60	3.36
Sobre Nivel	Inicial	25	29/07/2023 - 22/08/2023	30	17.38	0.23	0.45	1.67
	Desarrollo	50	23/08/2023 - 11/10/2023	75	16.86	0.27	0.80	3.43
	Media	60	12/10/2023 - 10/12/2023	135	16.12	0.33	1.00	5.13
	Maduración	25	11/12/2023 - 04/01/2024	160	16.00	0.35	0.60	3.25
				Bajo Nivel		Sobre Nivel		
	Inicial				1.75			1.67
	Desarrollo				3.65			3.43
	Media				5.30			5.13
	Maduración				3.36			3.25

ANEXO E Kc WALLIPINI

Fase Fenológica	Fecha	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	Etc (mm/día)	Eto (mm/día)	Kc
Inicial	29/07/2023 - 22/08/2023	25	25	0.57	1.75	0.33
Desarrollo	23/08/2023 - 01/10/2023	40	65	2.69	3.65	0.74
Media	02/10/2023 - 20/11/2023	50	115	5.00	5.3	0.94
Final	21/11/2023 - 15/12/2023	25	140	2.205	3.36	0.66


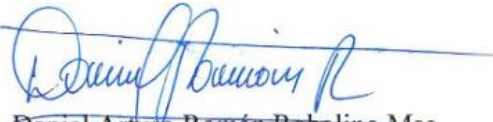
ANEXO F Kc SOBRE NIVEL

Fase Fenológica	Fecha	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	Etc (mm/día)	Eto (mm/día)	Kc
Inicial	29/07/2023 - 22/08/2023	25	25	0.51	1.67	0.30
Desarrollo	23/08/2023 - 11/10/2023	50	75	2.40	3.43	0.70
Media	12/10/2023 - 10/12/2023	60	135	4.67	5.13	0.91
Final	11/12/2023 - 04/01/2024	25	160	2.04	3.25	0.63



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 24/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jhovanny Napoleon Castillo Dominguez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
 Ing. Cristian Santiago Tapia Ramirez Msc. Director del Trabajo de Integración Curricular  Ing. Daniel Arturo Román Robalino Msc. Asesor del Trabajo de Integración Curricular