



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE K_c EN EL CULTIVO DE
MELÓN (*Cucumis melo* L.) VAR. CANTALUPENSIS, 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: PAUL ALEJANDRO NAVARRETE MARTINEZ

DIRECTOR: ING. CRISTIAN SANTIAGO TAPIA RAMIREZ

Riobamba – Ecuador

2024

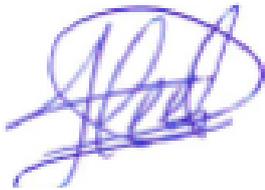
© 2024, Paul Alejandro Navarrete Martínez

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, Paul Alejandro Navarrete Martínez, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo 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 del 2024



Paul Alejandro Navarrete Martínez

172124371-3

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 K_c EN EL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) VAR. CANTALUPENSIS, MEDIANTE EL MÉTODO DE LISÍMETRO BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO**, realizado por el señor: **Paul Alejandro Navarrete Martínez** 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

Este trabajo va dedicado a mis amados abuelitos, José Ruperto Navarrete y María Manuela Muñoz Muñoz quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, por ser los pilares fundamentales en mi progreso como persona y como profesional, inculcándome valores como el respeto, honestidad, humildad, etc.

Paul

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo.

A mis amados abuelitos 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 tíos, mis primos, mis padres 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.

Paul

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. <i>Hipótesis nula</i>	7
1.5.2. <i>Hipótesis alternativa</i>	7

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Evapotranspiración (ETc)	8
2.1.1. <i>Evapotranspiración de referencia (ETo)</i>	8
2.1.2. <i>Evapotranspiración del cultivo (ETc)</i>	8
2.1.3. <i>Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ETc aj)</i>	9
2.2.4. <i>Métodos para medir la evapotranspiración</i>	10
2.2.4.1. <i>Lisímetros</i>	10
2.2.4.2. <i>Balace de agua en el suelo</i>	10

2.2.4.3.	<i>Estaciones meteorológicas y modelos empíricos.....</i>	10
2.2.4.4.	<i>Cámaras de gradiente de vapor</i>	11
2.2.4.5.	<i>Teledetección.....</i>	11
2.2.5.	<i>Importancia de la evapotranspiración</i>	11
2.2.5.1.	<i>Gestión eficiente del riego.....</i>	11
2.2.5.2.	<i>Determinación de las necesidades hídricas del cultivo.....</i>	11
2.2.5.3.	<i>Impacto en la productividad agrícola</i>	12
2.2.5.4.	<i>Sostenibilidad y conservación del agua</i>	12
2.2.5.5.	<i>Planificación y adaptación al cambio climático</i>	12
2.3.	<i>Coefficiente del cultivo (Kc)</i>	12
2.3.4.	<i>Definición del Kc</i>	12
2.3.5.	<i>Significado del Kc</i>	13
2.3.6.	<i>Métodos para determinar el Kc en diferentes cultivos</i>	13
2.3.7.	<i>Relevancia del Kc en la gestión del riego.....</i>	13
2.4.	<i>Cultivo de melón (Cucumis melo L.) var. cantalupensis</i>	13
2.4.1.	<i>Generalidades</i>	14
2.4.2.	<i>Características del cultivo.....</i>	14
2.4.2.1.	<i>Taxonomía del melón.....</i>	14
2.4.2.2.	<i>Descripción botánica.....</i>	14
2.4.2.3.	<i>Descripción morfológica</i>	14
2.4.2.4.	<i>Ciclo de vida y estadios de desarrollo.....</i>	15
2.4.2.5.	<i>Requerimientos climáticos y edafológicos.....</i>	15
2.4.2.6.	<i>Importancia económica</i>	15
2.4.3.	<i>Fenología del cultivo</i>	16
2.4.3.1.	<i>Fenología general de las cucurbitáceas.....</i>	16
2.4.3.2.	<i>Siembra y emergencia de semillas.....</i>	16
2.4.3.3.	<i>Desarrollo de la plántula, trasplante y desarrollo vegetativo.....</i>	17
2.4.4.	<i>Etapa de crecimiento principal 1: desarrollo de la hoja</i>	17
2.4.4.1.	<i>Desarrollo vegetativo</i>	17

2.4.5.	<i>Etapa de crecimiento principal 2: formación de brotes laterales</i>	18
2.4.5.1.	<i>Floración y fructificación</i>	18
2.4.6.	<i>Etapa de crecimiento principal 5: aparición de inflorescencia</i>	18
2.4.7.	<i>Etapa de crecimiento principal 6: floración</i>	18
2.4.8.	<i>Etapa de crecimiento principal 7: desarrollo del fruto</i>	19
2.4.9.	<i>Manejo del cultivo</i>	19
2.4.9.1.	<i>Características</i>	19
2.4.9.2.	<i>Prácticas comunes de manejo</i>	19
2.4.9.3.	<i>Variabilidad en el rendimiento bajo diferentes condiciones de manejo</i>	19
2.4.9.4.	<i>Impacto de las condiciones de invernadero</i>	20
2.5.	<i>Instrumentos clave en la investigación agrícola</i>	20
2.5.1.	<i>Lisímetros</i>	20
2.5.1.1.	<i>Principios y tipos</i>	20
2.5.1.2.	<i>Aplicaciones específicas de los lisímetros</i>	20
2.5.1.3.	<i>Ventajas y limitaciones de los lisímetros</i>	20
2.5.2.	<i>Medición de la evapotranspiración en lisímetros</i>	21
2.5.2.1.	<i>Métodos y precisión</i>	21
2.5.2.2.	<i>Relevancia en estudios de riego y gestión hídrica</i>	21
2.6.	<i>Recurso hídrico</i>	21
2.6.1.	<i>Riego</i>	21
2.6.1.1.	<i>Importancia</i>	21
2.6.1.2.	<i>Requerimiento hídrico del cultivo</i>	22
2.6.1.3.	<i>Coeficiente del cultivo</i>	22
2.6.1.4.	<i>Medición del impacto del uso del agua en la producción alimentaria</i>	23
2.6.1.5.	<i>Componentes de la huella hídrica en agricultura</i>	23
2.6.1.6.	<i>Importancia de la huella hídrica en agricultura</i>	24
2.6.1.7.	<i>Métodos de cálculo y evaluación</i>	24
2.6.1.8.	<i>Aplicaciones en la toma de decisiones agronómicas</i>	24
2.6.1.9.	<i>Desafíos y oportunidades</i>	24

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	25
3.1.	Localización y duración del experimento	25
3.2.	Diseño de la investigación	25
3.2.1.	<i>Diseño experimental</i>	25
3.3.	Materiales y equipos de campo.....	25
3.4.	Insumos.....	26
3.5.	Material biológico	26
3.6.	Materiales de oficina	26
3.7.	Características de los invernaderos	26
3.7.1.	<i>Invernadero bajo nivel.....</i>	26
3.7.2.	<i>Invernadero sobre nivel.....</i>	26
3.8.	Construcción de lisímetros caseros	26
3.9.	Mediciones experimentales	27
3.9.1.	<i>Conductancia estomática antes y después del riego</i>	27
3.9.2.	<i>Potencial hídrico antes y después del riego</i>	28
3.9.3.	<i>Altura de planta</i>	28
3.9.4.	<i>Número de hojas</i>	28
3.9.5.	<i>Días a la floración</i>	28
3.9.6.	<i>Días a la cosecha</i>	29
3.9.7.	<i>Volumen de agua aplicado</i>	29
3.9.8.	<i>Rendimiento</i>	29
3.9.9.	<i>Huella hídrica</i>	29
3.10.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	29
3.10.1.	<i>Análisis estadístico</i>	29
3.10.2.	<i>Prueba de hipótesis</i>	29
3.11.	Metodología de evaluación.....	30
3.11.1.	<i>Obtención del ETo</i>	30

3.11.2. <i>Obtención del ETc</i>	31
--	----

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	32
4.1. Determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	32
4.1.1. <i>Variables y métodos de evaluación</i>	34
4.1.1.1. <i>Días a la floración</i>	34
4.1.1.2. <i>Días a la cosecha</i>	35
4.1.1.3. <i>Rendimiento</i>	36
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. <i>cantalupensis</i> bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	38
4.3. Determinación de la huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> mediante el método de lisímetro bajo dos condiciones de manejo (invernadero bajo nivel y sobre nivel).	44

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1. Conclusiones.....	46
5.2. Recomendaciones.....	46

Bibliografías

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Taxonomía del melón	14
Tabla 2-2: Fase de siembra	17
Tabla 2-3: Etapa de crecimiento principal 1	17
Tabla 2-4: Etapa de crecimiento principal 2	18
Tabla 2-5: Etapa de crecimiento principal 5	18
Tabla 2-6: Etapa de crecimiento principal 6	18
Tabla 2-7: Etapa de crecimiento principal 7	19
Tabla 3-1: Condiciones meteorológicas de la parroquia Licto, estación Tunshi	25
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.	32
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.....	33
Tabla 4-3: Prueba T student de rendimiento del melón en 2 tipos de invernadero	36
Tabla 4-4: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , a través de fórmula diseñada de Blaney y Criddle (FAO) bajo dos condiciones de invernadero.	38
Tabla 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.	40
Tabla 4-6: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero sobre nivel.	41
Tabla 4-7: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , en invernadero sobre nivel y bajo nivel	44

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Componentes de la evapotranspiración	8
Ilustración 2-2: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o), bajo condiciones estándar (ET _c) y bajo condiciones no estándar (ET _c aj).....	9
Ilustración 2-3: Clasificación de lisímetros.....	10
Ilustración 4-1: Días a la cosecha del melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , bajo dos condiciones de invernadero.	35
Ilustración 4-2: Rendimiento del melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , bajo dos condiciones de invernadero.	37
Ilustración 4-3: Obtención de la ET _o (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , bajo dos condiciones de invernadero.....	39
Ilustración 4-4: Coeficiente del cultivo K _c promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.....	40
Ilustración 4-5: Coeficiente del cultivo K _c promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero sobre nivel.	42
Ilustración 4-6: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) var. <i>cantalupensis</i> , en invernadero sobre nivel y bajo nivel.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A HORAS DE LUZ POR DIAS

ANEXO B VALORES DE HORAS LUZ (P)

ANEXO C ET_c WALLIPINI

ANEXO D ET_c SOBRE NIVEL

ANEXO E DATOS CALCULADOS WALLIPNI

ANEXO F DATOS CALCULADOS SOBRE NIVEL

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue la determinación del coeficiente Kc en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* 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 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 Brouwer y Heibloem (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 en el invernadero bajo nivel fue de: etapa inicial 0,23; desarrollo 0,55; media 0,91 y final 0,72, mientras que el invernadero sobre nivel fue de: etapa inicial 0,18; desarrollo 0,53; media 0,90 y final 0,72. Se recomienda que los valores de Kc son útiles como guía general pero se deben calcular Kc locales ya que estos pueden variar debido a los efectos del clima, el tipo de cultivo y las prácticas de cultivo, lo que conllevaría a una subestimación o sobreestimación en lo que respecta a demandas hídricas.

Palabras clave: <LISÍMETRO DE DRENAJE>, <COEFICIENTE DE CULTIVO>, <MELÓN>, <EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA>, <EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO>

0829-DBRA-UPT-2024

25-06-2024



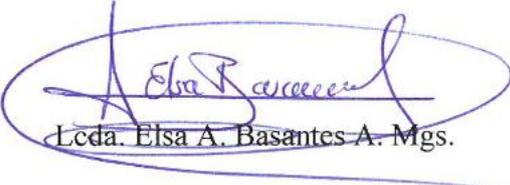
SUMMARY / ABSTRACT

The aim of the research was the determination of the Kc coefficient in the melon crop (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* 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 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 Brouwer and Heibloem (FAO), and finally obtained the ETc and ETo the crop coefficient (Kc) was calculated according to the phenological stages that the crop presented. 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-ground greenhouse was: initial stage 0.23; development 0.55; mean 0.91 and final 0.72, while the above-ground greenhouse was: initial stage 0.18; development 0.53; mean 0.90 and final 0.72. It is recommended that Kc values are useful as a general guide but local Kc should be calculated as these may vary due to the effects of climate, crop type and cultivation practices, which would lead to an underestimation or overestimation in terms of water demands.

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

0829-DBRA-UPT-2024

25-06-2024



Lcda. Elsa A. Basantes A. Mgs.

C.C: 0603594409

INTRODUCCIÓN

Las dos variedades de melón más comunes que se cultivan en el país son el melón cantalupo (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* y el melón galia (*Cucumis melo* L.) var. *reticulatus*, los cuales se cultivan en campos abiertos. Sin embargo, puede resultar complicado obtener los mejores rendimientos con esta técnica en determinadas zonas con climas muy duros. En cada uno de estos casos y en cada uno de ellos combinados, la agricultura en invernadero da como resultado mayores rendimientos y productos de mayor calidad. Desde los diez años anteriores se ha producido un notable aumento en la construcción de invernaderos, lo que puede atribuirse a la expansión tanto del sector agrícola del país como de la producción de melones (Guis M, 2020, pp, 45g).

"Espacios con el microclima adecuado para el óptimo desarrollo de un cultivo o de una plantación específica, donde se deben mantener condiciones climáticas apropiadas de temperatura, humedad relativa y ventilación que permitan alcanzar alta productividad, a bajo costo, en menor tiempo, sin daños ambientales. y proteger el cultivo de lluvias, granizo, heladas, insectos o exceso de viento que puedan dañarlo", así define con bastante precisión a los invernaderos (Henaó 2021, pp, 64).

Sin duda, hay más beneficios de producir en una red de sombra o en un invernadero que en otro tipo de sistemas, como un campo abierto (Misle E, 2023, pp, 21). Los principales beneficios de cultivar melón en invernadero, que también se aplican a otros cultivos, se describen a continuación:

- Gestión mejorada de las condiciones climáticas. Este cultivo tiene altos requerimientos, particularmente en términos de temperatura y humedad.
- Los cultivos están mejor protegidos, especialmente cuando hace mal tiempo. Puedes cambiar las fechas de siembra e incluso extender la temporada de crecimiento usando un invernadero.
- Se logra una mayor precocidad de cosecha para la misma fecha de siembra en comparación con otro método.
- Una menor prevalencia de enfermedades y plagas al ser el ambiente de crecimiento más controlado y hermético.

- Mayor eficacia en el uso de medidas fitosanitarias. Esta faceta no se ve afectada por el impacto del viento.
- Mayor control sobre los insectos, tanto en términos de polinización entomológica como de organismos de control biológico.
- Además de utilizar un sistema de riego de alta frecuencia, se consigue una reducción de la demanda de evaporación, lo que ahorra agua y fertilizante.
- Se consigue tanto un aumento de la producción agrícola como una mejora de la calidad de la fruta (Misle E, 2023, pp, 21).

Por el contrario, el principal inconveniente del cultivo en invernadero es el coste inicial, que puede recuperarse al cabo de unos ciclos gracias a su rentabilidad (al precio adecuado) (Montero S, 2021, pp, 23).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la investigación titulada "Determinación del Uso Consuntivo del Agua con Lisímetro de Drenaje en Cultivo de Arveja (*Pisum Sativum* L.) en CIE – Cañasbamba - UNASAM" llevada a cabo por (Villanueva C, 2019, Pp, 12), se abordó el estudio del uso consuntivo de agua en diferentes etapas fenológicas del cultivo de arveja. Realizado en el Centro de Investigación y Experimentación "Cañasbamba" de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", el trabajo empleó un lisímetro de drenaje en un área de 200 m². Los resultados revelaron un uso consuntivo promedio de 2.35 mm/día, variando según las fases del cultivo, con notables valores durante la floración y el desarrollo fenológico. La Evapotranspiración de Referencia (ETo) se determinó utilizando la fórmula de FAO Penman – Monteith, mientras que el coeficiente de uso consuntivo (Kc) demostró variaciones estacionales, siendo de 0.64 en promedio, con picos durante la floración y desarrollo fenológico. Este estudio proporciona información valiosa para la gestión eficiente del riego y la optimización de recursos hídricos en la producción de arvejas.

En la investigación de (Arapa J, 2022 pp, 2), titulada "El Coeficiente de Cultivo (Kc) en la Investigación y Aplicación en los Cultivos Andinos en el Perú", aborda la gestión eficiente del recurso hídrico en zonas andinas del Perú, afectadas por la escasez de agua derivada del cambio climático. Destacando el crucial papel del coeficiente de cultivo (Kc) en la producción de alimentos, el estudio recopila información de diversas investigaciones en la región andina, utilizando metodologías como Kc-NDVI, lisímetro y la propuesta por la FAO. El Kc, influenciado por factores climáticos como radiación solar y velocidad del viento, se ha determinado en cultivos como papa, maíz y quinua, pero falta en otros como tarwi y chía. Se concluye que el Kc es único en el tiempo, variando anualmente, y destaca la necesidad de desarrollar métodos que permitan calcularlo en tiempo real. Este trabajo proporciona información esencial para mejorar la gestión del agua en los cultivos andinos, considerando la variabilidad climática y la necesidad de conocer el Kc en cultivos aún no estudiados.

La investigación realizada por (Figuroa J, 2023, pp, 7), titulada "Uso de Lisímetros Artesanales para Estimar el Coeficiente de Cultivo (Kc) del Maíz Morado en la Localidad de Cayhuayna – Huánuco", tiene como objetivo principal determinar el coeficiente de cultivo (Kc) del maíz morado en diversas etapas de crecimiento. Utilizando lisímetros volumétricos artesanales, el

estudio abarca las fases de desarrollo del cultivo, estimando la evapotranspiración del maíz morado (ETc) y la evapotranspiración de referencia (ETo) a través de fórmulas empíricas vinculadas al lisímetro volumétrico. Los resultados revelan variaciones en el Kc durante las etapas inicial, de desarrollo, mediados y final, con valores respectivos de 0.69, 1.10, 1.28 y 0.99. Además, se cuantifican valores específicos de ETc y ETo en cada fase del crecimiento del maíz morado. Este trabajo proporciona una valiosa contribución al entendimiento del comportamiento hídrico de este cultivo andino, ofreciendo información crucial para mejorar la gestión del riego en la agricultura de la región.

En su estudio (Tarazona N, 2019, pp, 6), titulado "Determinación del Coeficiente de Uso Consuntivo del Agua para el Cultivo de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), Mediante el Método del Lisímetro", llevó a cabo una investigación en el Distrito de Independencia, Ancash, a una altitud de 3,079 m.s.n.m. Utilizando lisímetros de drenaje, la autora calculó la evapotranspiración potencial (ETP) histórica para un periodo de diez años, empleando diversas fórmulas climatológicas. Los lisímetros instalados con cultivos de quinoa permitieron medir la evapotranspiración real (ETR) y determinar el coeficiente de uso consuntivo (Kc) en distintas fases de crecimiento. Los resultados revelaron variaciones en el Kc desde 0.54 en la fase inicial hasta 1.16 en la fase de media estación, descendiendo a 0.70 en la fase de maduración. Las ecuaciones de Turc y Thornthwaite se destacaron como las más ajustadas a la evapotranspiración del cultivo de referencia, ryegrass, en la zona de Huaraz. Este estudio proporciona información valiosa sobre la gestión del agua en el cultivo de quinoa, contribuyendo al conocimiento de las necesidades hídricas de este cultivo andino.

En el año 2022, (Mario J, pp, 9), Tafur desarrolló una investigación titulada "Determinación del Coeficiente de Cultivo (Kc) de la Papa Canchan (*Solanum tuberosum L.*) INIA-303 Utilizando Lisímetro de Drenaje en el Anexo Incapu del Distrito de Shilla – Carhuaz." El estudio se enfocó en determinar el coeficiente de cultivo (Kc) de la variedad de papa Canchan, empleando un lisímetro de drenaje en la localidad de Shilla – Carhuaz. La metodología incluyó el diseño y construcción del lisímetro, el análisis de muestras de suelo y la estimación de parámetros climáticos utilizando ecuaciones lineales y polinómicas. Los resultados revelaron valores de Kc para las distintas fases de desarrollo del cultivo, desde la fase inicial hasta la final, con duraciones específicas. Este estudio proporciona información valiosa para la gestión eficiente del riego y contribuye al conocimiento de las necesidades hídricas de la papa Canchan en la región de Carhuaz.

1.2. Planteamiento del problema

Para garantizar la seguridad alimentaria en un mundo que enfrenta problemas ambientales y de cambio climático, la producción sostenible de alimentos es crucial. La producción de Melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* es esencial para la economía agrícola y la alimentación humana. A pesar de su importancia, se encuentra una brecha de conocimiento sustancial ya que se desconoce el coeficiente de cultivo preciso (K_c) para este cultivo.

El cálculo preciso del coeficiente del cultivo (K_c) y la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}) es esencial para maximizar el consumo de agua en el cultivo de melón. Los agricultores y gestores del agua no pueden utilizar estrategias de gestión eficaces y sostenibles debido a la falta de conocimientos particulares sobre el coeficiente K_c en el melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*.

En este sentido, el presente estudio se centra en utilizar la técnica del lisímetro para determinar el coeficiente K_c en melón cultivado bajo dos escenarios de manejo: invernaderos de bajo nivel y de alto nivel. Debido a que no ha habido investigaciones previas sobre el coeficiente K_c en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, este estudio es muy importante.

Al abordar la brecha de conocimiento sobre el coeficiente K_c preciso para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, esta investigación proporcionará información crucial para mejorar la gestión del agua de los cultivos y, por lo tanto, apoyar la sostenibilidad de la producción agrícola desde un punto de vista ambiental y financiero.

1.3. Justificación

Para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, es esencial determinar con precisión el coeficiente de cultivo (K_c) para maximizar el uso de los recursos hídricos y garantizar la sostenibilidad de la producción agrícola. Para los agricultores y especialistas en agua, la falta de conocimientos específicos sobre el K_c supone una grave limitación, a pesar de la importancia del cultivo en términos de nutrición y economía.

Para calcular la evapotranspiración de los cultivos (E_{Tc}) y, por tanto, crear métodos de riego precisos y eficaces, el conocimiento del K_c es fundamental. Este estudio se ve reforzado aún más por la heterogeneidad en los entornos de gestión, que se ejemplifica en los invernaderos por

encima y por debajo del nivel. Esto permite descubrir las mejores estrategias de gestión en diversos escenarios.

Falta de información sobre Kc en melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, el cultivo obstaculiza el uso de métodos agrícolas respaldados científicamente, lo que puede dar como resultado un uso del agua ineficiente y perjudicial para la sostenibilidad ambiental y la productividad. Para cerrar esta brecha de información, este estudio proporciona estadísticas Kc particulares para dos escenarios de conducción distintos.

Además, la evaluación de la huella hídrica azul mejorará nuestro conocimiento integral sobre cómo el cultivo de melón afecta los recursos hídricos. Esta estrategia integral es necesaria para fomentar métodos agrícolas éticos y sostenibles que satisfagan las necesidades actuales de conservación del agua y mitigación del cambio climático.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el coeficiente kc en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* 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. *cantalupensis* 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. *cantalupensis* 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. *cantalupensis* 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 tanto en invernadero bajo nivel como en invernadero sobre nivel.

1.5.2. Hipótesis alternativa

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

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Evapotranspiración (ETc)

La transpiración de las plantas y la evaporación de las superficies húmedas del suelo son dos procesos conectados que juntos forman la evapotranspiración (ETc), una actividad hidrológica crucial en el ciclo del agua. Esta medición integra tanto la evaporación directa del suelo como la pérdida de agua a través de los estomas de las hojas de las plantas para mostrar la cantidad total de agua perdida por unidad de superficie (Mejía O, 2020, pp. 7).



Ilustración 2-1: Componentes de la evapotranspiración

Fuente: (More H, 2021, pp, 18-24)

2.1.1. Evapotranspiración de referencia (ET_o)

La cantidad de agua que se evapotranspiraría de una superficie de referencia bien irrigada y cubierta de pasto verde se conoce como evapotranspiración de referencia (ET_o). Cuando todos los demás factores son iguales y no existen límites de agua para la agricultura, la ET_o se utiliza como punto de referencia para evaluar la demanda atmosférica de agua (Williams R, 2022, pp, 4).

2.1.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) modifica la ET_o para tener en cuenta las circunstancias únicas de un determinado cultivo. Esta modificación toma en cuenta los rasgos fisiológicos del cultivo, la etapa de crecimiento y los factores ambientales regionales. El coeficiente de cultivo (K_c) es un factor que se multiplica por la ET_o para obtener la ET_c (Viera L, 2023, pág. 11).

Mediante pruebas con diferentes cultivos, se puede determinar la conexión entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración de referencia (ET_o). Se expresa de la siguiente manera:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

En este caso, el coeficiente de cultivo (K_c) es importante ya que toma en cuenta variables que incluyen la evaporación del suelo, el clima, el tipo de cultivo y la fase particular de crecimiento (Viera L, 2023, pp, 11).

2.1.3. Evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET_c aj)

El término "evapotranspiración de cultivos en condiciones no estándar" (ET_c aj) describe la transpiración y evaporación de cultivos cultivados en entornos ambientales y de manejo distintos a los que han sido definidos como estándar. Dado que esto sugiere que la planta está sujeta a elementos como sal, infecciones y bajos niveles de agua, se agrega un coeficiente de estrés hídrico (K_s) al coeficiente del cultivo (K_c) para tener en cuenta esto (Orellana F, 2022, pp, 29).

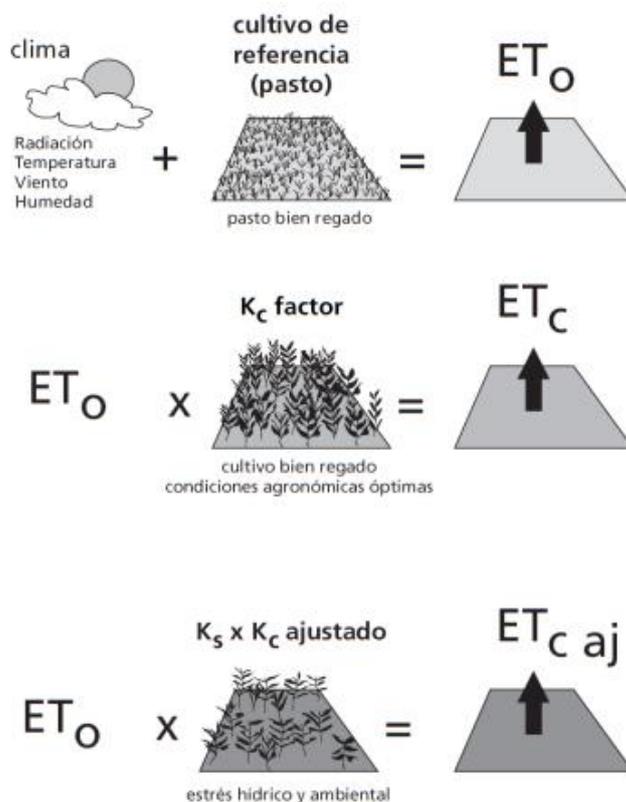


Ilustración 2-2: Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), bajo condiciones estándar (ET_c) y bajo condiciones no estándar (ET_c aj)

Fuente: (More H, 2021, pp, 18-24)

2.2.4. Métodos para medir la evapotranspiración

En la investigación agrícola, la medición precisa de la evapotranspiración es crucial para comprender y gestionar eficazmente el uso del agua de los cultivos (Caicedo L, 2021, pp. 25). Este proceso se puede cuantificar utilizando una variedad de técnicas, cada una con cualidades únicas:

2.2.4.1. Lisímetros

La evapotranspiración se puede medir de forma directa y precisa utilizando lisímetros. Están formados por grandes contenedores subterráneos que se llenan con sustrato representativo del cultivo. La pérdida de agua por transpiración y evaporación se cuantifica de forma inmediata, arrojando información precisa sobre los requerimientos hídricos del cultivo. Pero la instalación de lisímetros puede resultar costosa y es necesario calibrarlos cuidadosamente (Méndez J, 2021, pp. 15).



Ilustración 2-3: Clasificación de lisímetros

Fuente: (More H, 2021, pp, 18-24)

2.2.4.2. Balance de agua en el suelo

Este enfoque implica evaluar cómo varía la humedad del suelo con el tiempo. Es posible determinar la cantidad de agua que ha fluido o evaporado tomando medidas periódicas de la humedad del suelo y las precipitaciones. Aunque este método no es tan preciso como los lisímetros, es útil y adaptable a muchas escalas (Pereira A, 2022, pp, 12).

2.2.4.3. Estaciones meteorológicas y modelos empíricos

Las estaciones meteorológicas miden importantes características atmosféricas, como la temperatura, la humedad y la radiación solar. Los métodos empíricos que utilizan estos datos para calcular la evapotranspiración de referencia (ET_o) incluyen la ecuación de Penman-Monteith. Debido a que los datos meteorológicos están fácilmente disponibles y el procedimiento es muy simple, aunque indirecto, se emplea comúnmente (Cabrera E, 2022, pp, 35).

2.2.4.4. Cámaras de gradiente de vapor

Para determinar la tasa de evaporación, estas cámaras monitorean la variación en la concentración de vapor de agua entre el suelo y la atmósfera. Las cámaras de gradiente de vapor son precisas, aunque su variabilidad temporal y representación espacial pueden ser limitadas (Sagrado C, 2020, pp, 47).

2.2.4.5. Teledetección

A nivel regional, la evapotranspiración puede determinarse mediante métodos de teledetección e imágenes de satélite. Este método ofrece datos útiles sobre patrones de consumo de agua en amplias regiones; sin embargo, la precisión a nivel de campo puede diferir (Alatorre L, 2023, pp, 38).

2.2.5. Importancia de la evapotranspiración

Un componente vital de la agricultura, la evapotranspiración tiene un impacto directo en el rendimiento de los cultivos y la gestión del agua (Chiufo M, 2022, pp. 20). Es significativo en varios aspectos importantes:

2.2.5.1. Gestión eficiente del riego

Un indicador preciso de cuánta agua utiliza los cultivos a lo largo del tiempo es la evapotranspiración. Es necesario comprender y medir este proceso para poder planificar con precisión el riego. Al minimizar el riego excesivo y la escasez de agua para la agricultura, una gestión eficaz del riego basada en la evapotranspiración ayuda a maximizar la utilización del agua (Faramiñan A, 2021, pp, 32).

2.2.5.2. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo

Dependiendo de la especie de cultivo, la etapa de crecimiento y los factores ambientales, se pierden diferentes cantidades de agua por transpiración y evaporación. La evapotranspiración se convierte en una herramienta esencial para saber cuánta agua requiere cada cultivo en distintos momentos. Esta información permite una aplicación de riego precisa y maximiza la eficiencia del agua (Orozco I, 2019, pp, 11).

2.2.5.3. Impacto en la productividad agrícola

Para proporcionar el mejor desarrollo y rendimiento posible del cultivo, se debe aplicar la cantidad adecuada de agua. La disponibilidad de agua para las plantas se ve directamente afectada por la evapotranspiración, que también tiene un impacto en otras actividades biológicas críticas, como la fotosíntesis y la absorción de nutrientes. Una regulación adecuada de la evapotranspiración ayuda a mejorar la producción agrícola y la calidad de los cultivos (Borges M, 2020, pp, 27).

2.2.5.4. Sostenibilidad y conservación del agua

La regulación eficiente de la evapotranspiración es un componente importante de las técnicas de agricultura sostenible. Se limita el uso excesivo del agua, se preservan los recursos hídricos y se reduce el efecto ambiental de la agricultura adaptando los sistemas de riego a las necesidades reales de agua de los cultivos (Nolasco M, 2019, pp, 39).

2.2.5.5. Planificación y adaptación al cambio climático

Comprender este mecanismo es crucial para la planificación agrícola y la adaptación al cambio climático, ya que la evapotranspiración está estrechamente correlacionada con las condiciones climáticas. Las técnicas de gestión adaptativa son necesarias porque las variaciones en los patrones de evapotranspiración pueden tener un impacto sustancial en la cantidad de agua disponible para los cultivos (Fernández L, 2022, pp, 43).

2.3. Coeficiente del cultivo (Kc)

Una métrica agrícola importante que es fundamental para medir la evapotranspiración de los cultivos (ETc) es el coeficiente del cultivo (Kc). Comprender la definición y el significado de este coeficiente es crucial para comprender cómo modifica la evapotranspiración de referencia (ETo) para tener en cuenta las propiedades únicas de un cultivo a lo largo de su etapa de desarrollo (Girón V, 2022, pp, 8).

2.3.4. Definición del Kc

Un indicador de la conexión entre la evapotranspiración real y la de referencia de un cultivo, Kc es un número adimensional. Mediante este método se calculan las necesidades hídricas de un cultivo en relación con una región de referencia que recibe un riego adecuado. La

evapotranspiración (ETc) de un cultivo se puede calcular mediante la fórmula fundamental $ETc = ETo * Kc$ (Gonzales A, 2023, pp, 7).

2.3.5. Significado del Kc

Kc es importante porque puede modificar la ETo para adaptarse a determinadas circunstancias del cultivo. Cada tipo de cultivo tiene diferentes necesidades de agua en diferentes etapas de su ciclo de vida. Al tener en cuenta estas variables, el Kc proporciona una evaluación más precisa de los requerimientos hídricos del cultivo durante las diferentes fases fenológicas (Tenecela K, 2022, pp, 12).

2.3.6. Métodos para determinar el Kc en diferentes cultivos

Kc se determina utilizando técnicas particulares adaptadas a las cualidades únicas de cada cultivo. Se utilizan modelos de simulación, análisis de datos meteorológicos y observaciones directas de campo. La estimación precisa de Kc depende de un estudio cuidadoso de las fases fenológicas, la densidad de siembra y otros parámetros específicos del cultivo (Martínez K, 2023, pp, 21).

2.3.7. Relevancia del Kc en la gestión del riego

Se destaca la importancia del Kc en el manejo del riego. El agricultor podrá modificar los planes de riego de acuerdo con las necesidades hídricas reales del cultivo en cada etapa de crecimiento modificando ETo vía Kc. Esto contribuye a la mejor salud y rendimiento de los cultivos al reducir el estrés hídrico y el riego innecesario, así como al aumentar la eficiencia en el uso del agua (Rivero L, 2020, pp, 63).

2.4. Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*

La costumbre anual de cultivar melones tiene su origen en África y Asia occidental. La razón por la que se cultiva esta planta es para cosechar sus frutos, que son apreciados por su dulzura, ternura y gran demanda, especialmente en climas cálidos. Los melones vienen en una variedad de colores de pulpa, incluidos naranja, verde y salmón. Los frutos suelen ser de forma redonda u ovalada, con cáscara lisa o reticulada, con un peso que oscila entre dos y seis libras. Este cultivo se cultiva principalmente en regiones marginales y costeras, cuando las temperaturas medias superan los 25°C (Da Cunha J, 2020, pp, 29).

2.4.1. Generalidades

El melón cantalupo es una planta rastrera anual que produce frutos redondos u ovalados con una piel exterior reticulada, rugosa y escamosa, con un diámetro de 10 a 15 cm (4 a 6 pulgadas). Este tipo de melón apareció por primera vez en las zonas de sabana del suroeste de Asia y África, que se caracterizan por su clima cálido y seco. El melón cantalupo ha sido apreciado y cultivado desde el año 3000 a.C.; se puede ver en el arte griego, egipcio y chino. Las semillas de este melón proporcionan aceites comestibles que se utilizan como ingrediente en cosméticos y perfumes además de consumirse como alimento (Bouaziz A, 2020, pp, 14).

2.4.2. Características del cultivo

2.4.2.1. Taxonomía del melón

El reino *Plantae* contiene la taxonomía del melón, o *Cucumis melo* como se le llama científicamente. Pertenece a la familia *Cucurbitaceae*, la cual está formada por una variedad de plantas que se distinguen por sus frutos carnosos (Pinar A, 2022, pp, 51). Ver tabla 2-1

Tabla 2-1: Taxonomía del melón

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

Fuente: (Pinar A, 2022, Pp, 51)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.2.2. Descripción botánica

Una especie de melón de la familia de las cucurbitáceas es el melón. Es una planta anual con hojas lobuladas y tallos rastreros. Los frutos son esféricos, con una cáscara dura y una pulpa anaranjada distintiva, mientras que las flores son amarillas y solitarias (Ayala A, 2019, pp, 37).

2.4.2.3. Descripción morfológica

- Planta: herbácea anual, rastrera o trepadora.
- Sistema radicular extenso, muy ramificado y de rápido crecimiento.

- Tallo principal: tienen estructuras peludas que los recubren y presentan nudos donde crecen las hojas, zarcillos y flores. También emergen nuevos tallos de las axilas de las hojas.
- Hoja: lámina oblonga, reniforme, pentagonal, orbicular con bordes dentados, separada en 3-7 lóbulos. El envés de las hojas también es peludo.
- Flor: flores únicas de color amarillo que pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las femeninas y hermafroditas siempre emergen adyacentes a las masculinas, aunque aparecen más tarde en las ramas de segunda y tercera generación. Normalmente, los masculinos aparecen primero en los entrenudos más bajos. La cantidad y el momento de aparición de flores masculinas, femeninas y hermafroditas están significativamente influenciados por la presencia de componentes fertilizantes. Es entomófilo para polinizar.
- Fruto: puede ser ovado, esférico, elíptico o de cualquier otra forma. La corteza puede ser lisa, reticulada o estriada y puede ser verde, amarilla, naranja o blanca. La pulpa puede ser rosada, naranja, blanca, amarilla, cremosa o verdosa. Las semillas se encuentran en la placenta, cuya sustancia varía desde seca hasta gelatinosa y líquida. Es fundamental que sea pequeño para evitar que se reduzca la pulpa del fruto y que las semillas estén firmemente colocadas en él para evitar que se mueva durante el transporte (Silva M, 2020, pp, 48).

2.4.2.4. *Ciclo de vida y estadios de desarrollo*

El melón (*cantalupensis*) tiene un ciclo de vida anual, con varias etapas de desarrollo que incluyen germinación, crecimiento vegetativo, floración, desarrollo del fruto y maduración. La duración de estas fases puede cambiar según el crecimiento y las circunstancias climáticas (Kesh H, 2021, pp, 65).

2.4.2.5. *Requerimientos climáticos y edafológicos*

Las regiones cálidas y templadas son ideales para el desarrollo de este tipo de melón, con máximas diurnas de 25°C a 30°C. Prefiere suelos ricos en materia orgánica y bien drenados. Para un mejor crecimiento, la exposición a la luz solar directa es esencial (Gómez R, 2020, pp, 46).

2.4.2.6. *Importancia económica*

Al ser el melón una fruta que se cultiva en regiones tropicales áridas es un producto que los clientes europeos conocen y aceptan. La producción de melón en Europa es una actividad estacional que se desarrolla mayoritariamente en primavera y verano, siendo España uno de los países que genera cosechas importantes. La cantidad de tierra utilizada para el cultivo de melón

ha disminuido recientemente, pero la productividad ha sido casi la misma. Esto implica el uso de variedades híbridas con mejores rendimientos, así como una amplia mejora y especialización de las técnicas agrícolas (Napolitano M, 2020, pp, 62).

Europa importa melones para satisfacer la demanda del mercado, siendo República Dominicana (0,7%), Venezuela (0,6%), Brasil (41,8%), Costa Rica (22,2%), Israel (13,5%), Marruecos (11,1%), Honduras. (3,6%), Ecuador (1,4%), Guatemala (1,2%), Sudáfrica (1,1%) y otros países que representan el 2,9% restante de la oferta (Manchali S, 2021, pp, 92).

Con el 77,38% del total de exportaciones de melón dentro de la comunidad, España lidera el comercio intracomunitario, seguida de Alemania (1,31%), Holanda (10,37%) y Francia (7,69%). Menos del 1% de las exportaciones provienen de otras naciones europeas. El Reino Unido lidera las importaciones de la Unión Europea con un 28,36%, seguido de Holanda (18%), Francia (17,75%) y Alemania (17,26%). Con porcentajes inferiores al 5%, Portugal, Italia, España, Suecia, Austria y Dinamarca también participan en el comercio, mientras que Finlandia y Grecia representan menos del 1% de las importaciones (Ortega G, 2021, pp, 53).

2.4.3. Fenología del cultivo

2.4.3.1. Fenología general de las cucurbitáceas

A continuación, se describe los estados fenológicos de las cucurbitáceas (sandía = *Citrullus* var. *vulgaris* *Schad.*, calabacín peregrino = *Cucurbita pepo* L. var. *giromontiina* *Alef. /Greb*, calabaza, calabacín, zapallo = *Cucurbita pepo* L., melón = *Cucumis melo* L., y pepino = *Cucumis sativus* L.) (Castañares J, 2019, pp, 79).

2.4.3.2. Siembra y emergencia de semillas

Para favorecer la germinación y el posterior traslado de la semilla al campo, este paso consiste en plantar la semilla directamente en el suelo o sembrarla en bandejas con sustrato. Las condiciones fitosanitarias son importantes durante todo este procedimiento tanto para la semilla como para los sustratos. Para el tratamiento eficaz de bacterias y hongos, se recomiendan agentes desinfectantes esporicidas. Además, se sugiere utilizar inoculantes como hongos micorrícicos, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma spp.* para tratamientos sucesivos (López A, 2020, pp, 45).

Tabla 2-2: Fase de siembra

Etapa	Descripción
001	Semilla Seca
003	Comienzo de la imbibición de las semillas.
005	Emergencia de la radícula.
007	Hipocótilo con cotiledones rompiendo la capa de semillas.
009	Emergencia: los cotiledones rompen la superficie del suelo.

Fuente: (López A, 2020, pp, 45)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.3.3. Desarrollo de la plántula, trasplante y desarrollo vegetativo

Esta etapa, que ocurre cuando la planta trasplantada o establecida con hojas verdaderas construye su estructura para la fructificación, es crítica para las cosechas de cucurbitáceas. Esta etapa puede ocurrir con bastante rapidez en algunas circunstancias, como en el caso de la cosecha de calabacines. Debido a esto, es mejor tratar las plántulas con inoculantes antes del trasplante y ofrecer productos que contengan NPK y microelementos quelados totalmente accesibles una vez en el campo (Farcuch M, 2020, pp, 172).

De manera similar, es fundamental monitorear el uso de inductores de resistencia viral durante esta fase. Las acciones preventivas son cruciales en este momento porque las cucurbitáceas son propensas a los virus fitopatógenos, particularmente aquellos propagados por vectores como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) (Farcuch M, 2020, pp, 172).

2.4.4. Etapa de crecimiento principal 1: desarrollo de la hoja

Tabla 2-3: Etapa de crecimiento principal 1

Etapa	Descripción
100	Cotiledones completamente desplegados
101	Primera hoja verdadera en el tallo principal completamente desplegada
102	Segunda hoja verdadera en el tallo principal desplegada
103	Tercera hoja verdadera en el tallo principal desplegada
109	9 o más hojas en el tallo principal desplegadas (2 dígitos)
110	Décima hoja en el tallo principal desplegada
119	Hoja 19 en el tallo principal desplegado

Fuente: (Díaz Y, 2022, pp, 43)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.4.1. Desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo de las cucurbitáceas se describe como un proceso continuo y dinámico. Al igual que en la etapa anterior, se deben utilizar inductores de resistencia, fungicidas preventivos y bactericidas junto con la adición de nutrientes de macro y microelementos. Además, es importante tratar adecuadamente las plagas de insectos (Díaz Y, 2022, pp, 43).

2.4.5. *Etapa de crecimiento principal 2: formación de brotes laterales*

Tabla 2-4: Etapa de crecimiento principal 2

Etapa	Descripción
201	Primer disparo lateral primario visible
202	Segundo disparo lateral primario visible
209	9 o más brotes laterales primarios visibles
221	Primer disparo lateral secundario visible
229	9° lanzamiento lateral secundario visible
231	Primer lanzamiento lateral terciario visible

Fuente: (Montes M, 2020, pp. 54)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.5.1.1. *Floración y fructificación*

En las plantas hermafroditas, el desarrollo del fruto y la floración ocurren simultáneamente durante esta fase activa. Por lo general, la flor masculina se abre primero. Los cuidados aconsejados en la etapa anterior siguen siendo aplicables durante este período, y se aplican potasio y calcio para ayudar al sano crecimiento de los frutos. De igual forma, se aconseja incluir aminoácidos, boro y molibdeno para asegurar la vitalidad del polen (Montes M, 2020, pp. 54).

2.4.6. *Etapa de crecimiento principal 5: aparición de inflorescencia*

Tabla 2-5: Etapa de crecimiento principal 5

Etapa	Descripción
501	Primera flor inicial con ovario alargado visible en el tallo principal
502	Segunda flor inicial con ovario alargado visible en el tallo principal
503	Tercera flor inicial con ovario alargado visible en el tallo principal
509	9 o más iniciales de flores con ovario alargado ya visibles en el tallo principal
510	10 o más iniciales de flores con ovario alargado ya visibles en el tallo principal
519	19 o más iniciales de flores con ovario alargado ya visibles en el tallo principal
521	Primera flor inicial visible en un brote secundario
531	Primera flor inicial visible en un brote lateral secundario

Fuente: (Maggi Y, 2021, pp. 83)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.7. *Etapa de crecimiento principal 6: floración*

Tabla 2-6: Etapa de crecimiento principal 6

Etapa	Descripción
601	Primera flor abierta en el tallo principal
602	Segunda flor abierta en el tallo principal
603	Tercera flor abierta en el tallo principal
609	Novena flor abierta en el tallo principal o 9 flores en el tallo principal ya abierto
610	Decima flor abierta en el tallo principal o 10 flores en el tallo principal ya abierto
619	19° flor abierta en el tallo principal o 19 flores en el tallo principal ya abierto
621	Primera flor en el lado secundario disparar abierto
631	Primera flor en el lado terciario disparar abierto

Fuente: (Bonilla A, 2019, pp 12)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.8. *Etapa de crecimiento principal 7: desarrollo del fruto*

Tabla 2-7: Etapa de crecimiento principal 7

Etapa	Descripción
701	Los primeros frutos en el tallo principal han alcanzado el tamaño y la forma típicos
702	La segunda fruta en el tallo principal ha alcanzado el tamaño y la forma típicos
703	El tercer fruto en el tallo principal ha alcanzado el tamaño y la forma típicos
709	9 o más frutos en el tallo principal han alcanzado el tamaño y la forma típicos
721	La primera fruta en un brote secundario ha alcanzado el típico tamaño y forma
731	La primera fruta en un brote lateral terciario ha alcanzado el típico tamaño y forma

Fuente: (Cruzado J, 2021, pp. 25)

Realizado por: Navarrete P, 2023.

2.4.9. *Manejo del cultivo*

2.4.9.1. *Características*

El mejor momento para plantar semillas de melón cantalupo es a principios de la primavera o durante la temporada de lluvias, en un suelo rico y poroso y a una profundidad de 1 a 2 cm (0,5 a 1 pulgada). Esta planta prefiere la humedad en sus raíces, aunque puede sobrevivir en climas cálidos y secos y con luz solar directa. Se recomienda construir un collar de tierra alrededor de la base del tallo (sin tocarlo) para evitar que se pudra y evitar el contacto con la tierra húmeda. Se pueden colocar guías en estacas para ayudar con esto. Los melones cantalupos suelen desarrollar abundantes flores, muchas de las cuales caen espontáneamente (Prado B, 2022, pp. 65).

2.4.9.2. *Prácticas comunes de manejo*

Al cultivar melón (*cantalupensis*), las estrategias agronómicas incluyen preparar el suelo lo suficiente antes de plantar, proporcionar riego constante y utilizar métodos de control de malezas. Para favorecer el crecimiento de frutos de alta calidad, se acostumbra a podar las ramas laterales y eliminar los frutos indeseables (Rodríguez L, 2022, pp. 56).

2.4.9.3. *Variabilidad en el rendimiento bajo diferentes condiciones de manejo*

El melón *cantalupensis* puede reaccionar de manera diferente al tratamiento agronómico, particularmente cuando se cultiva en invernaderos y bajo riego. Los elementos importantes que influyen en la producción y la calidad de los cultivos incluyen la fertilización, el control de insectos y enfermedades y la gestión del riego (Díaz O, 2022, pp. 74).

2.4.9.4. Impacto de las Condiciones de Invernadero

Es posible un control ambiental más exacto con el cultivo en invernadero, pero para utilizar plenamente esta disposición, se deben modificar las técnicas de gestión. Es posible ajustar los niveles de temperatura, humedad y luz para favorecer el crecimiento del melón *cantalupensis* (Enríquez F, 2022, pp, 37).

2.5. Instrumentos clave en la investigación agrícola

2.5.1. Lisímetros

2.5.1.1. Principios y tipos

Los lisímetros son herramientas esenciales para la medición precisa y directa de la evapotranspiración en la investigación agrícola. Sirven como grandes contenedores subterráneos que se cargan con un sustrato destinado a imitar las condiciones de crecimiento. Los lisímetros vienen en varias variedades, incluidos modelos de drenaje y peso, y están destinados a monitorear distintos elementos del ciclo hidrológico del suelo. Con el uso de estos equipos se pueden recoger datos en tiempo real sobre la cantidad de agua que se filtra y se evapora, proporcionando una visión exhaustiva de las necesidades hídricas del cultivo (Cortez J, 2020, pp, 64).

2.5.1.2. Aplicaciones específicas de los lisímetros

Las aplicaciones de los lisímetros en la investigación agrícola son muchas. Proporcionan información importante sobre la conexión entre la transpiración de las plantas y la evaporación del suelo, lo que permite cambios precisos en la gestión del riego. También se utilizan para evaluar la eficacia de diversas técnicas agrícolas y cultivos en el uso del agua, así como para observar cómo el medio ambiente afecta la evapotranspiración (Ramos E, 2019, pp, 34).

2.5.1.3. Ventajas y limitaciones de los lisímetros

Un beneficio de los lisímetros es que pueden medir la evapotranspiración directa y localmente con un alto grado de precisión. Sin embargo, tienen algunos inconvenientes, como la posibilidad de que existan condiciones diferentes dentro del lisímetro que en campo abierto y la posibilidad de una instalación y mantenimiento costosos y complicados (De Anda R, 2020, pp, 65).

2.5.2. Medición de la evapotranspiración en lisímetros

2.5.2.1. Métodos y precisión

Los lisímetros emplean formas particulares de cuantificar la evapotranspiración, como el pesaje directo del agua perdida o el seguimiento de la humedad del suelo. Los objetivos del estudio y las propiedades del cultivo determinan cuál es el mejor enfoque. Si bien los lisímetros proporcionan lecturas precisas, es importante tener en cuenta la variabilidad temporal y geográfica del suelo y el microclima durante todo el proceso de interpretación de los datos (Herrera M, 2019, pp, 16).

2.5.2.2. Relevancia en estudios de riego y gestión hídrica

La investigación sobre el uso eficaz del agua en la agricultura y la gestión del riego depende en gran medida de los datos producidos por los lisímetros. La información recopilada permite modificar los planes de riego de acuerdo con las necesidades hídricas reales de los cultivos, lo que promueve la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos hídricos en la agricultura (Botia W, 2019, pp, 46).

2.6. Recurso hídrico

2.6.1. Riego

El agua es esencial para la existencia de las plantas ya que son seres vivos. Cuando los cultivos reciben agua, utilizan los nutrientes del suelo para realizar una variedad de procesos fisiológicos. Se vuelve imprescindible el uso del riego cuando el terreno no recibe suficiente agua de fuentes naturales o cuando esta no llega oportunamente procedente de las lluvias. Esto implica dar a los cultivos riego artificial (Canales A, 2020, pp, 372).

2.6.1.1. Importancia

Dado que el desarrollo de un sistema de riego implica una inversión considerable en actividad agrícola, las características del sistema varían según el tipo de suelo, el cultivo, la necesidad de agua, la disponibilidad de mano de obra y los recursos financieros. Incluye tanto el costo inicial de instalación como los gastos de mantenimiento continuo. Un sistema de riego eficaz garantiza que el suelo esté húmedo hasta la profundidad que el cultivo necesita suministrando la cantidad adecuada de agua en el momento adecuado. Los requisitos de agua para los cultivos proporcionan

puntos importantes que, si se ignoran, pueden provocar pérdidas de rendimiento o problemas de germinación (Piscoya A, 2020, pp 25).

La actual situación de sequía que atraviesa el país pone de relieve la importancia de los distritos de riego en diversos contextos diferentes. Existen varias técnicas de riego, como el riego por gravedad, que consiste en poner agua en caminos o surcos mediante mangueras o tuberías que fluyen de forma continua. El riego por inundación, que se utiliza en cultivos como el arroz, es comparable a este método. El agua se distribuye mediante riego por goteo, que puede aplicarse por encima o por debajo del suelo. Se colocan goteros y mangueras deliberadamente en la zona de absorción de las plantas. El riego por aspersión es otra opción. En este método, el agua se distribuye en lugares precisos mediante aspersores que replican la caída de lluvia (Israelsen O, 2021, pp, 138).

2.6.1.2. Requerimiento hídrico del cultivo

Cuando se habla de las necesidades hídricas de un cultivo, siempre se menciona la cantidad de agua necesaria para la producción de biomasa. Este cálculo se realiza analizando los requisitos de evapotranspiración del cultivo teniendo en cuenta los rasgos fenológicos únicos del cultivo, el clima y los tipos de suelos en los que crece. La demanda hídrica del cultivo muestra cuánta agua se necesita para evitar el estrés hídrico. La retención de agua en el suelo, que puede provenir del riego (agua azul) o de la lluvia (agua verde), y que el cultivo puede absorber en su zona radicular, determina la disponibilidad de agua (León J, 2022, pp, 44).

2.6.1.3. Coeficiente del cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) es la relación entre la evapotranspiración de referencia (ET_0) en las mismas circunstancias y microclima y la evapotranspiración real (ET_c) de un cultivo en particular. La evapotranspiración de cada cultivo (ET_c) se calcula multiplicando este coeficiente, un valor adimensional que normalmente oscila entre 0,1 y 1,2, por el valor de ET_0 (Sosa Y, 2021, pp, 6).

Para cada variedad de cultivo, las tasas de evapotranspiración se determinan utilizando los coeficientes de cultivo (K_c) y ET_0 . Al decidir con qué frecuencia y cuánta agua aplicar durante cada riego, los agricultores pueden utilizar el valor de ET_c calculado como guía (Sosa Y, 2021, pp. 6). Los datos sobre estos coeficientes para diferentes cultivos y lugares particulares se pueden encontrar en el material bibliográfico actualmente accesible.

Un ejemplo de cálculo:

Si, $ET_0 = 0,80$ mm/día (para el 15 de julio de 2010)

y, $K_c = 0,65$ (para esa fecha)

Entonces, $ET_c = ET_0 \times K_c = 0,80$ mm/día \times $0,65 = 0,52$ mm/día.

Los tipos de cultivos, las etapas de desarrollo y las técnicas agrícolas específicas afectan los coeficientes de los cultivos. Cuando se trata de cultivos anuales, particularmente los cultivados en hileras, los coeficientes presentan variaciones notables a lo largo del año. Los valores son relativamente bajos en las primeras fases del cultivo, cuando la planta aún es pequeña, y aumentan significativamente cuando el cultivo alcanza la plena madurez y el suelo está completamente cubierto (Carabalí J, 2019, pp, 52).

Cuando se trata de cultivos leñosos, agregar cultivos de cobertura entre las hileras de árboles podría aumentar el coeficiente de cultivo (K_c). Esto se puede observar en los viñedos, donde la plantación de algún tipo de leguminosa para fijar nitrógeno aumenta el K_c del suelo (Carabalí J, 2019, pp, 52).

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

Una indicación utilizada para calcular la cantidad total de agua utilizada en el ciclo de vida de un producto agrícola, desde la producción hasta el consumo final, se denomina "huella hídrica". Esta métrica tiene en cuenta tres tipos de agua: agua utilizada en procesos industriales, agua integrada en insumos agrícolas y agua utilizada directamente en la agricultura (huella hídrica verde; huella hídrica azul y gris, respectivamente). Como resultado, la huella hídrica ofrece una comprensión profunda de cómo el agua afecta la producción de alimentos (Pavón S, 2021, pp, 16).

2.6.1.5. Componentes de la huella hídrica en agricultura

- **Huella Hídrica Verde:** Es el volumen de precipitación que un cultivo evapora inmediatamente.
- **Huella Hídrica Azul:** Muestra cuánta agua se utiliza para el riego agrícola proveniente de fuentes superficiales y subterráneas.
- **Huella de Aguas Grises:** Asociada a la contaminación del agua, se refiere al volumen de agua requerido para diluir las impurezas encontradas durante la fabricación. (Sierra L, 2020, pp, 25).

2.6.1.6. Importancia de la huella hídrica en agricultura

La concienciación y la gestión de las cuestiones relacionadas con la escasez de agua y la sostenibilidad requieren una concienciación sobre la huella hídrica en la agricultura. Permite identificar los cultivos y métodos agrícolas que afectan significativamente los recursos hídricos, lo que ayuda a la toma de decisiones relacionadas con la conservación del agua y el aumento de la eficiencia hídrica en la producción de alimentos (Espinoza M, 2022, pp, 47).

2.6.1.7. Métodos de cálculo y evaluación

Se utiliza una variedad de técnicas y modelos para calcular la huella hídrica en la agricultura, teniendo en cuenta variables como el clima, el tipo de suelo, la geografía y las prácticas agrícolas particulares. La evaluación de la huella hídrica de los cultivos a menudo se realiza a nivel de cultivo, lo que permite realizar comparaciones entre diversos bienes y prácticas agrícolas (Naranjo J, 2021, pp, 26).

2.6.1.8. Aplicaciones en la toma de decisiones agronómicas

Cuando se trata de gestión agronómica, los datos que proporciona la huella hídrica son invaluable. Este indicador puede ser utilizado por agricultores, formuladores de políticas y empresas agroalimentarias para seleccionar cultivos que sean apropiados para un lugar determinado, implementar prácticas más sostenibles y fomentar la conservación del agua en toda la cadena de suministro de alimentos (Mariani A, 2022, pp, 37).

2.6.1.9. Desafíos y oportunidades

A pesar de sus beneficios, evaluar la huella hídrica en la agricultura tiene desventajas debido a la imprevisibilidad temporal y geográfica del agua. No obstante, existen posibilidades de resolver estos problemas y avanzar hacia una agricultura más consciente y eficiente en el uso del agua gracias a los avances en las técnicas de evaluación y la creciente conciencia pública sobre la necesidad de una gestión sostenible del agua (Nava V, 2021, pp, 48).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización y duración del experimento

El experimento mencionado fue llevado a cabo en los predios de la estación experimental Tunshi, CER - ESPOCH en la parroquia Licto, el que forma parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Este campo está situado en la Tunshi, en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador durante 4 meses. Ver tabla 3-1.

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

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

Fuente: Climate Data org, 2022

Realizado por: Navarrete P, 2023.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño experimental

Para encontrar el coeficiente de cultivo (K_c) en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* bajo dos escenarios de manejo: invernadero de bajo nivel y de alto nivel; en este trabajo se utilizó un diseño experimental. Esta arquitectura permitió regular y cambiar los factores de interés, lo que dio una base sólida a la recopilación y análisis de datos posteriores.

3.3. Materiales y equipos de campo

- Libro 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. Características de los invernaderos

3.7.1. Invernadero bajo nivel

Un invernadero subterráneo, o wallipiñi, es una infraestructura semisubterránea con unas dimensiones de: 3m de profundidad, 10m de largo y 4m de ancho, su estructura consta de un marco de madera, en el que se inserta el plástico característico de un invernadero.

3.7.2. Invernadero sobre nivel

Un invernadero elevado o tradicional es una infraestructura metálica con dimensiones de: 4m de alto, 21m de largo y 19m de ancho. Para este estudio se utilizó una sola nave de 19m de ancho y 7m de largo.

3.8. Construcción de lisímetros caseros

Para la recolección de datos de infiltración y drenaje se construyó 6 lisímetros, 3 para el invernadero bajo nivel y 3 para el invernadero sobre nivel. A continuación, se detalla la construcción de dichos lisímetros.

1. Se utilizó baldes de 20 litros, los cuales se perforó en la parte central del fondo, formando una abertura de 10 centímetros de diámetro.
2. Una vez perforado, se procedió a colocar unos adaptadores de tanque, que a su vez van unidos a un tubo junto a una llave para poder retener y recolectar el agua escurrida.
3. Después de ubicar los lisímetros en su lugar, se colocó una malla gruesa en el fondo del balde para que la grava y el sustrato con el que se llenó el balde no se lixivie.

3.9. Mediciones experimentales

3.9.1. Conductancia estomática antes y después del riego

Desde el momento de la siembra hasta la cosecha se realizó cada 20 días utilizando un porómetro SC-1 con unidades de mmol/m²s. Se seleccionaron al azar tres plantas de las diez escogidas por repetición, y se aplicaron tratamientos de riego antes y después a las 10 a.m. y 3 p.m., preferiblemente en días despejados y sin lluvia. Se utilizó el método que sigue:

1. Se observa que el desecante en la cámara de difusión es rosado si es necesario retirarlo o azul para mantenerlo allí.
2. Tras encender el porómetro, vamos al menú de configuración y elegimos la opción de calibración.
3. Para garantizar que el desecante reduzca la humedad relativa a menos del 10%, la cámara se agita de arriba a abajo. Este proceso se realiza unas diez veces, o hasta que la humedad relativa se mantenga por debajo del 10%.
4. Para evitar cambiar la humedad relativa, regrese al menú principal después de completar la calibración e inserte el papel de filtro en la abertura de la cámara.
5. La cámara se agita antes de la lectura para minimizar cualquier cambio en la humedad relativa hasta que el porómetro muestre lo que se puede colocar en la hoja.
6. Se elige una hoja en excelentes condiciones del tercio medio de la planta y la lectura se toma en el centro de la hoja, evitando las nervaduras del envés, de acuerdo con el enfoque ideado en el centro experimental de riego.
7. Se pone el papel de filtro, se capturan los datos y se toma la lectura en menos de treinta segundos.

8. Por cada lectura de las plantas elegidas se repiten los pasos 5 al 7 del proceso.

3.9.2. *Potencial hídrico antes y después del riego*

Los datos se registraron en barras mediante la bomba Scholander, que se utilizó para estimar el potencial hídrico. Desde el momento de la siembra hasta la cosecha verde, las mediciones y la conductancia estomática se tomaron cada veinte días. En un día claro y brillante, los datos se recogieron a las 9 a. m. antes del riego y a las 4 p. m. después del programa de riego. Con base en el enfoque establecido en el CER creado a continuación:

1. Para crear un corte consistente, se selecciona una hoja en excelentes condiciones de la parte central de la planta con el uso de una navaja.
2. Introducir la hoja dentro de una bolsa de aluminio, dejando el pecíolo expuesto aproximadamente 5 cm. Luego, sella la bolsa lo más herméticamente posible sin ejercer presión sobre el cuello de la hoja.
3. La bolsa que contiene las hojas se coloca dentro de la cámara de la bomba Scholander y el pecíolo se inserta en la tapa y se ajusta sin comprometer su forma.
4. El pecíolo es visible a través de la lupa.
5. Se empuja hasta que se vean burbujas de agua en la incisión a través de la lupa.
6. Después de registrar los datos, se libera la presión del aire comprimido de la cámara y se retira la tapa presionando el botón.
7. El proceso se realiza nuevamente para cada planta u hoja seleccionada.

3.9.3. *Altura de planta*

Cada 20 días desde el momento de la siembra hasta la cosecha se midió en centímetros con una cinta métrica, tomando en cuenta los 5 cm que separan la tierra, el tallo y la yema terminal.

3.9.4. *Número de hojas*

Comenzando en el momento de la emergencia y continuando cada 20 días hasta la cosecha, utilice las plantas de muestra que fueron elegidas.

3.9.5. *Días a la floración*

Se determinó el número de días hasta la floración del cultivo.

3.9.6. *Días a la cosecha*

Se hizo un recuento de los días que faltaban para la recolección de la cosecha.

3.9.7. *Volumen de agua aplicado*

Se realizó un recuento de las láminas de riego utilizadas para cada tratamiento durante todo el ciclo del cultivo.

3.9.8. *Rendimiento*

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

3.9.9. *Huella hídrica*

Luego de recolectar información de cada cantidad de agua de riego y distribución de lluvia en cada tratamiento, los datos se ordenan según el rendimiento obtenido por cada método, es decir, los datos del volumen de agua se recolectan diariamente, se suma la cantidad de agua absorbida en cada etapa fenológica para así obtener la cantidad total de agua absorbida por el cultivo y luego se divide por la cantidad de producto obtenido al final del estudio (kg total de fruto cosechado); esto proporcionará la cantidad de agua necesaria para producir un kilogramo de fruta.

3.10. *Análisis estadísticos y pruebas de significancia*

3.10.1. *Análisis estadístico*

El experimento es una comparación T (Student) autónoma de medias entre los dos tratamientos.

- Invernadero bajo nivel
- Invernadero sobre nivel

3.10.2. *Prueba de hipótesis*

En los casos en que existan distinciones notables entre las condiciones, el estudio se someterá a una prueba de investigación T de Student de dos colas del 5%.

3.11. Metodología de evaluación

Se emplearon numerosas técnicas de evaluación, como conductancia estomática, potencial hídrico, altura de la planta, número de hojas, días hasta la floración, días hasta la cosecha, cantidad de agua utilizada y rendimiento del cultivo, para evaluar los efectos de las condiciones de manejo en el cultivo. Estas mediciones se realizaron metódicamente desde la siembra hasta la cosecha.

3.11.1. Obtención del ET_o

Para calcular el ET_o se basó esta investigación en la metodología propuesta por Blaney y Criddle (FAO), la cual se detalla a continuación

$$ET_o = K \cdot P \cdot (0,46 \cdot T^{\circ} + 8.13)$$

Donde:

ET_o = Es la cantidad de agua que se evaporaría y transpiraría de una superficie vegetada en condiciones óptimas, es decir, cuando hay suficiente agua disponible en el suelo y no hay limitaciones de temperatura ni de humedad. Se mide en milímetros por mes (mm/mes).

K = Es una constante empírica que varía según el tipo de vegetación y su grado de desarrollo. Esta constante se utiliza para ajustar la fórmula de acuerdo con las condiciones específicas del lugar y la vegetación.

P = Es el porcentaje máximo de horas de sol en un mes con respecto al total anual de horas de sol. Esto refleja la cantidad de energía solar disponible en el mes en relación con la energía solar total recibida durante todo el año.

T = Es la temperatura media del mes en grados centígrados. Esta temperatura se utiliza para calcular el efecto de la temperatura en la evaporación y la transpiración de agua de la superficie vegetada.

3.11.2. Obtención del ET_c

Una vez adecuados los lisímetros de drenaje se procedió a aplicar la metodología para determinar la ET_c mencionada por (Salazar, 2020, p. 97).

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

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

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

Dónde:

K_c (Coeficiente de cultivo) = Es un factor adimensional que representa la relación entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración de referencia (ET_o). El coeficiente de cultivo varía según el tipo y la etapa de desarrollo del cultivo.

ET_c (Evapotranspiración del cultivo (mm/día)) = Es la cantidad total de agua que un cultivo transpira y evapora de su superficie durante un día determinado. Se mide en milímetros por día (mm/día).

ET_o (Evapotranspiración de referencia (mm/día)) = Es la cantidad de agua que se evaporaría y transpiraría de una superficie de referencia, como un cultivo de césped corto y bien regado, bajo condiciones estándar. Se utiliza como un indicador de la evaporación y transpiración potenciales en ausencia de limitaciones hídricas. También se mide en milímetros por día (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. *cantalupensis* 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	01/07/2023 - 25/07/2023	25	0,48
Desarrollo	35	26/07/2023 - 29/08/2023	60	2,04
Media	40	30/08/2023 - 08/10/2023	100	4,09
Maduración	20	09/10/2023 - 28/10/2023	120	1,92

Realizado por: Navarrete P, 2023.

Como se puede apreciar en la tabla 4-1, el mayor valor de requerimiento hídrico se generó para la fase media con 4,09 mm/día y el menor valor se presenta en la fase inicial con 0,48 mm/día. La tendencia de la evapotranspiración en la fase final es que sea menor a la fase media; ya que en la etapa media requiere mayor cantidad hídrica esto es porque el cultivo de melón se encuentra en floración y fructificación. De acuerdo con Martínez (2017) la evapotranspiración del cultivo depende del tipo de cultivo, la etapa de crecimiento y las prácticas agrícolas, asimismo destaca que estimaciones ETc son esenciales para tener en cuenta la variabilidad del clima, el riego, datos de drenaje, escorrentía y almacenamiento de agua en el suelo. Mientras que Shukla *et al.* (2014) mencionan que la estimación del ETc a partir de un lisímetro se ve afectada por factores como diseño del lisímetro, características de la vegetación en el área de alcance. Estos resultados son ligeramente superiores con lo expuesto por Pardo (2011) determinando que la etapa media fue la que obtuvo el ETc más alto siendo este de 3,92 mm/día, considerando un ciclo vegetativo de 95

días, 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. Asimismo, Chaves (2015), manifiesta que la evapotranspiración máxima del cultivo de pimiento por el método del lisímetro fue de 4,2 mm/día.

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	01/07/2023 - 25/07/2023	30	0,34
Desarrollo	45	26/07/2023 - 08/09/2023	70	1,83
Media	50	09/09/2023 - 28/10/2023	120	3,77
Maduración	20	29/10/2023 - 17/11/2023	140	1,77

Realizado por: Navarrete P, 2023.

Como se puede apreciar en la tabla 4-2, el mayor valor de requerimiento hídrico se generó para la fase media con 3,77 mm/día y el menor valor se presenta en la fase inicial con 0,34 mm/día. De acuerdo con León & León (2016) la evapotranspiración o necesidad (consumo) de agua por los cultivos es la usada por las plantas en la transpiración más la evaporada directamente desde la superficie del suelo, por lo tanto, la ETo varía fundamentalmente según el estado fenológico del cultivo y el clima. Resultados superiores al nuestro fueron presentados por Lavao (2016) quién realizó la medición y modelamiento de la evapotranspiración real del cultivo de clavel en invernadero en la sabana de Bogotá, usando lisímetros en el cuál encontró una ETc en la etapa inicial de 1,5 mm, etapa de desarrollo de 2mm, en la etapa media de 3,15 mm/día y en la final de 3 mm/día. Mientras que se encuentran dentro de los niveles presentados por Martínez (2017) donde manifiestan que la evapotranspiración máxima del cultivo obtenida por el método directo del lisímetro fue de 3,95 mm/día en el cultivo de pepino.

4.1.1. Variables y métodos de evaluación

4.1.1.1. Días a la floración

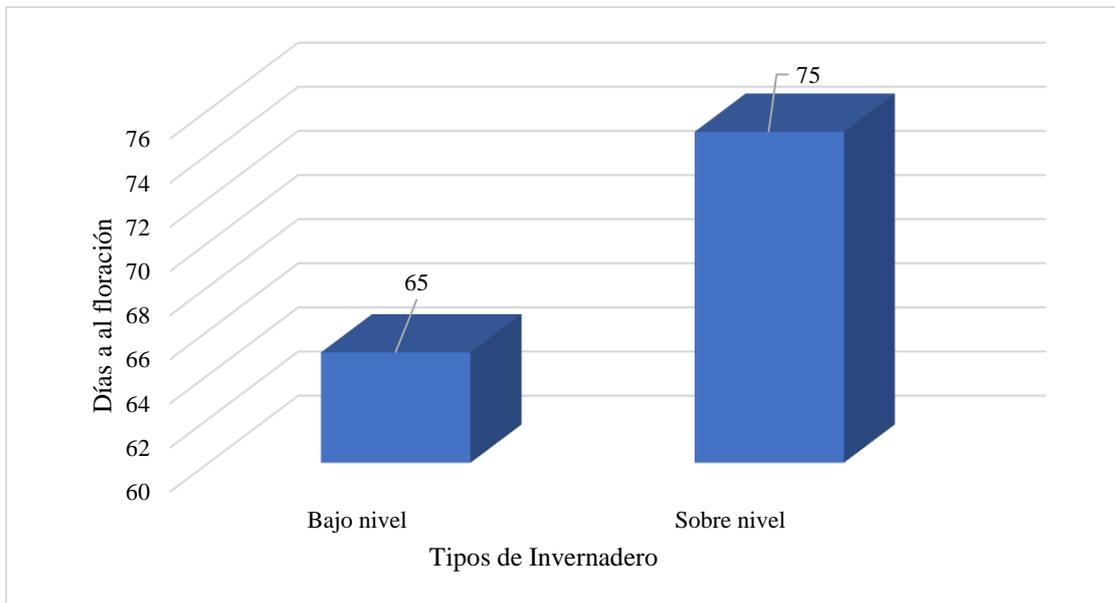


Ilustración 4-1: Días a la floración del melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

De acuerdo con la ilustración 4-1 se puede manifestar que se encontró en etapa de floración en el invernadero bajo nivel (walipini) a los 65 días, mientras que, en el invernadero sobre nivel, se alcanzó la floración a los 75 días. Esta variación de los días de floración se debe según Asseng *et al.* (2011) a factores como las condiciones climáticas, agronómicas, la variedad utilizada, el tipo de invernadero, la fertilización, el riego y la poda juegan su papel importante en la floración. Según Peres *et al.* (2013) destacan la importancia de los insectos al momento de la polinización esto debido a que en el melón no es posible la autofecundación dado que el polen del melón es pesado, pegajoso y sólo puede ser trasladado por insectos, por ello es importante destacar que el número de visitas a la flor tiene efecto sobre el rendimiento y calidad del fruto, pues, entre mayor número de visitas mayor será el número de semillas. Dado que la semilla produce las hormonas del crecimiento del fruto al menos se deben obtener 400 semillas para que el melón tenga aceptación comercial. Díaz *et al.* (2021) aseguran que una pobre polinización puede resultar en una baja producción de frutas de melón y en un aumento en el porcentaje de frutas deformes, esto lo reafirma Peres *et al.* (2013) quienes mencionan que el retraso en el inicio de la polinización causa un efecto negativo en la calidad de la fruta, decremento en el peso, el número y el tamaño del fruto y estas pérdidas pueden ser de 3.17 t ha⁻¹ por cada día de retraso en el inicio de la polinización. Se estima que para una buena polinización se deben depositar varios cientos de granos de polen

en el estigma de cada flor perfecta, por lo que es necesario que cada flor perfecta reciba de 10 a 15 visitas de abejas durante el día en que está abierta (Díaz et al. 2021, pág. 34).

4.1.1.2. Días a la cosecha.

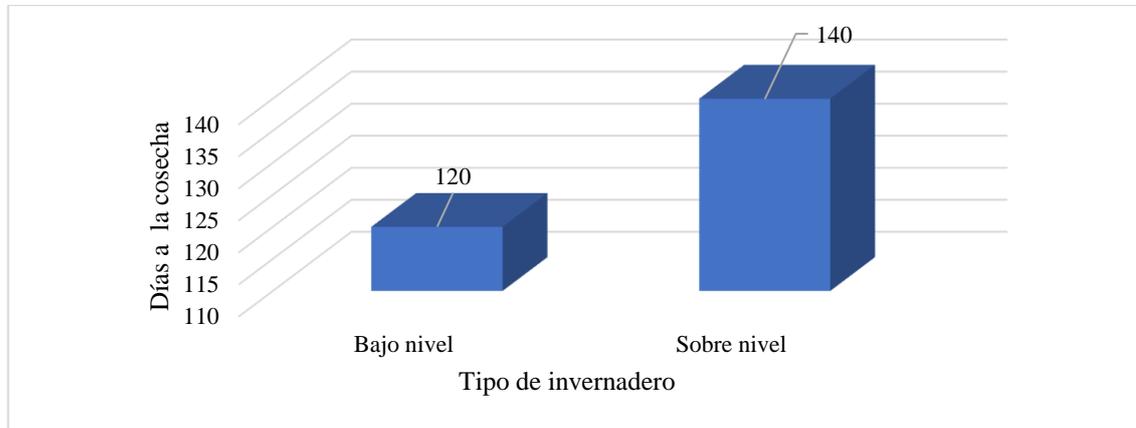


Ilustración 5-1: Días a la cosecha del melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

De acuerdo a la ilustración 4-1, se puede apreciar la cosecha en el invernadero bajo nivel (wallipini) fue a los 120 días, mientras que, en el invernadero sobre nivel, la cosecha se dio a los 140 días. Esta diferencia en los días de cosecha se debe principalmente a las diferentes temperaturas mismas que fueron durante el ciclo fenológico en invernadero bajo nivel fue de una T° media de $18,79^{\circ}\text{C}$, mientras que en el invernadero sobre nivel fue de $15,65^{\circ}\text{C}$. Esto con cuerda con lo que expresado por Asseng *et al.* (2011) donde explica que el principal factor que repercute en la variación de la fenología de las plantas es la acumulación de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), esto debido a que el incremento de los grados de temperatura generalmente aligera el proceso del desarrollo fenológico, resultando en periodo de crecimiento más corto, es decir en los resultados obtenidos se logró ver que a pesar de ser el mismo cultivo de melón y la misma variedad utilizada *Cantaloupe*, la diferencia de temperaturas hizo que se acelera su desarrollo fenológico dentro del wallipini a diferencia del invernadero sobre nivel. Por su parte Peres *et al.* (2013) desarrollaron su investigación sobre el melón y su fenología en ambiente protegido en la región de Araras, SP (Brasil), presento la cosecha a los 82 días y estos mismos autores explican que se debe a que la mayor parte del ciclo dentro de los límites ideales para el desarrollo del melón (25 a 32°C). Al igual que Monteros *et al.* (2021) y Díaz *et al.* (2021) presentaron la cosecha a los 81 y 80 días respectivamente.

De ahí que la producción bajo invernadero es una alternativa que presenta varias ventajas sobre el cultivo a campo abierto, permite la oferta fuera de estación en épocas de alta demanda, mayor

número de cosechas durante el año, precocidad de la cosecha, economía de agua y de fertilizantes, mayor rendimiento y disminución de problemas fitosanitarios con la consecuente pérdida de producción, mejorando así la calidad de los frutos. Esto debido que 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 (Díaz *et al.*, 2021, pp. 36).

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)	1,27	1,32
Media (1) – Media (2)	-0,06	
LI (95)	-0,19	
LS (95)	0,08	
pHomVar	0,7572	
T	0,83	
p-valor	>0,4119	

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).

Realizado por: Navarrete Martínez, Paúl, 2024.

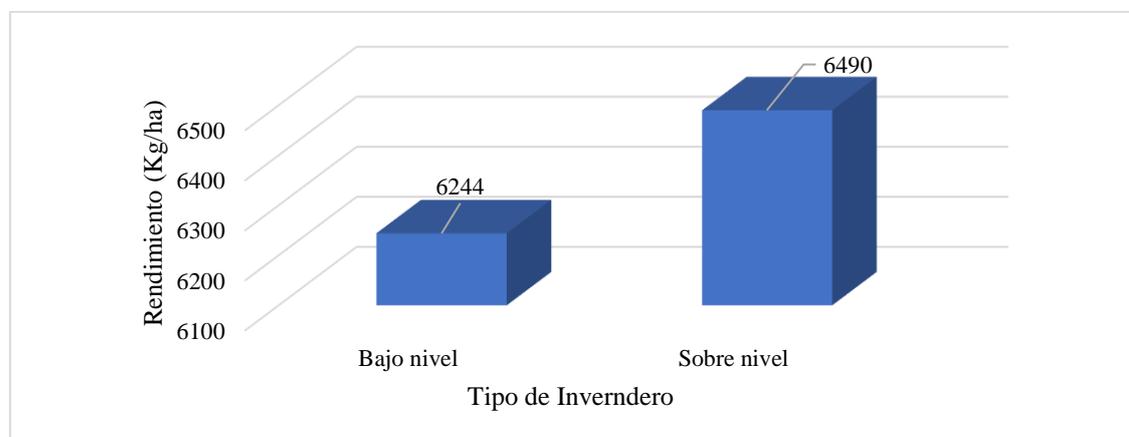


Ilustración 4-2: Rendimiento del melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

De acuerdo con la tabla 4-3 e ilustración 4-2 se puede determinar que se obtuvo un rendimiento en el bajo nivel (wallipini) que corresponde a 74,93 kg por parcela y es equivalente a 6244 kg por ha⁻¹ (6,24t/ha), mientras que, al invernadero sobre nivel, que alcanzó un rendimiento de 77,88 kg por parcela siendo equivalente a 6490 kg por ha (6,49t/ha⁻¹). En el Ecuador principalmente en el litoral ecuatoriano se tiene un rendimiento promedio de 8 t/ha (Ortega *et al.*, 2020, pp. 300). Estos rendimientos son muy bajos ya que a nivel internacional la producción del melón se encuentra entre 20 y 25 t/ha (Enríquez *et al.*, 2022, pág. 42). Con respecto a los datos de rendimiento por planta y por hectárea en Brasil, Vendruscolo *et al.* (2018) realizaron la caracterización de producción de genotipos de melón reticulado (*Cucumis melo* L.) bajo invernadero encontró para seis genotipos de melón Cantaloupe una producción entre 187,02 y 849,32 g/planta con una producción de 10 t/ha⁻¹, siendo estos valores bajos en comparación con Costa Rica, donde Monge *et al.* (2016) realizaron la evaluación de 70 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica obteniendo un rendimiento de melón por planta en invernadero entre 110,5 y 2727,7 g/planta con una producción de 28 t/ha⁻¹. De igual forma en México, Del Rosario *et al.* (2018) investigó el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) obteniendo una producción de 96 520 kg ha⁻¹. Como se puede apreciar, hay mucha variación en el rendimiento obtenido, debido entre otros factores al efecto de las condiciones climáticas, del manejo del cultivo (tipo de poda, densidad, riego, fertilización, sustrato utilizado, manejo fitosanitario, etc.).

Por su parte Monge *et al.* (2016) destacan que el número de frutos producidos por planta en el cultivo de melón en invernadero puede oscilar entre dos y tres frutos esto debido a la ocurrencia del aborto natural. Es importante tener en cuenta que entre mayor número de frutos logre cuajar una planta, menor será el peso de cada uno de esos frutos (relación inversamente proporcional), debido al mayor número de sumideros en que se deben repartir los foto asimilados de la planta. Además, Moreno *et al.* (2014) investigaron el desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) con vermicompost bajo condiciones de invernadero, destacando el uso de invernaderos frente a campo abierto, logrando un peso de fruto de 1,68 kg versus 1,33 kg de campo abierto. Asimismo, Yaguar (2021), evaluó el comportamiento agronómico de tres híbridos de melón (*Cucumis melo* L.) bajo cubierta plástica en el sector Río Blanco del cantón Patate obteniendo un rendimiento de la variedad Cantaloupe de 53844 Kg/ha, equivalente a 5,38 t/ha frente a los híbridos de melón Retato y Edisto que presentaron un rendimiento menor siendo estos de 27691 Kg/ha y 41536 Kg/ha esta misma autora añade el rendimiento va a depender de las características de cada híbrido y de las

condiciones de cultivo. Es importante acotar que el gestionar el número de plantas por área es una herramienta vital para obtener el mayor número posible de frutos esto se debe a que el número de tallos por planta y el número de plantas por cama afectan directamente la disponibilidad de agua y nutrientes y promueven cambios en la arquitectura radicular, asociados a un mayor volumen radicular, mejor absorción de nutrientes y plantas más vigorosas.

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

Una vez calculado el ETc tanto del invernadero bajo nivel y sobre nivel, se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, esto se lo realizó, utilizando los datos meteorológicos como es la temperatura media y las horas de luz por día (p), es necesario anotar que se utilizó la fórmula diseñada de Blaney 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. *cantalupensis*, a través de fórmula diseñada de Blaney y Criddle (FAO) bajo dos condiciones de invernadero.

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	01/07/2023 - 25/07/2023	25	19.08	0.27	0.45	2,05
	Desarrollo	35	26/07/2023 - 29/08/2023	60	19.50	0.27	0.80	3.69
	Media	40	30/08/2023 - 08/10/2023	100	18.54	0.27	1.00	4.50
	Maduración	20	09/10/2023 - 28/10/2023	120	18.05	0.27	0.60	2.66
Sobre nivel	Inicial	25	01/07/2023 - 25/07/2023	30	17.11	0.27	0.45	1.94
	Desarrollo	45	26/07/2023 - 08/09/2023	70	17.04	0.27	0.80	3,45
	Media	50	09/09/2023 - 28/10/2023	120	16.01	0.27	1.00	4.18
	Maduración	20	29/10/2023 - 17/11/2023	140	15.28	0.27	0.60	2.46

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

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

Realizado por: Navarrete P, 2023.

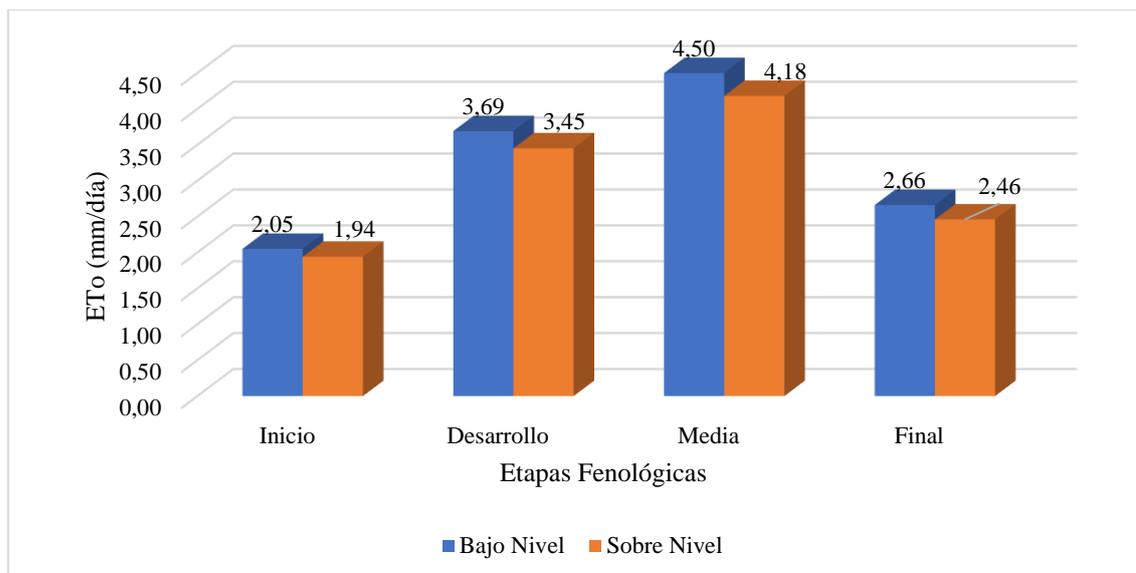


Ilustración 4-3: Obtención de la ETo (mm/día) promedio del ciclo vegetativo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, bajo dos condiciones de invernadero.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

En la tabla 4-4 e ilustración 4-3 se observa el ETo (mm/día) en la etapa inicial corresponde a 2,05 (mm/día), en la etapa de desarrollo presenta 3,69 mm/día, en la etapa media obtuvo 4,50 mm/día, por último en la etapa en final resulto de 2,66 mm/día en el invernadero bajo nivel (Wallipini) mientras que en el invernadero sobre nivel en la etapa inicial fue de 1,94 en la etapa de desarrollo presentó 3,45 mm/día, en la etapa media obtuvo 4,18 mm/día, por último en la etapa en final resulto de 2,46 mm/día, es decir existió una mayor evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) en el invernadero bajo nivel. Valores similares a los presentados fueron encontrados por Martínez (2017) quién determino los requerimientos hídricos del pepino (*Cucumis Sativus* L.) en Loja encontrando una evapotranspiración de referencia máxima del cultivo mínima de 4,41 (mm/día) y una máxima de 5,21. De acuerdo con León & León (2023) la ETo expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Así como también con lo expuesto por Muñoz (2021) donde realizó la determinación de la evapotranspiración de referencia diaria bajo invernadero con el empleo de métodos directos e indirectos, en el periodo agosto-octubre, en la hacienda El Prado, encontrando por el método de Blaney y Criddle un ETo promedio de 3,25 mm/día.

Para realizar la determinación del coeficiente de cultivo (Kc) se consideró la ETo calculada con el método Blaney y Criddle y la ETc, 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	01/07/2023 - 25/07/2023	25	25	0,48	2,05	0,23
Desarrollo	26/07/2023 - 29/08/2023	35	60	2,04	3,69	0,62
Media	30/08/2023 - 08/10/2023	40	100	4,09	4,50	0,91
Final	09/10/2023 - 28/10/2023	20	120	1,92	2,66	0,65

Realizado por: Navarrete P, 2023.

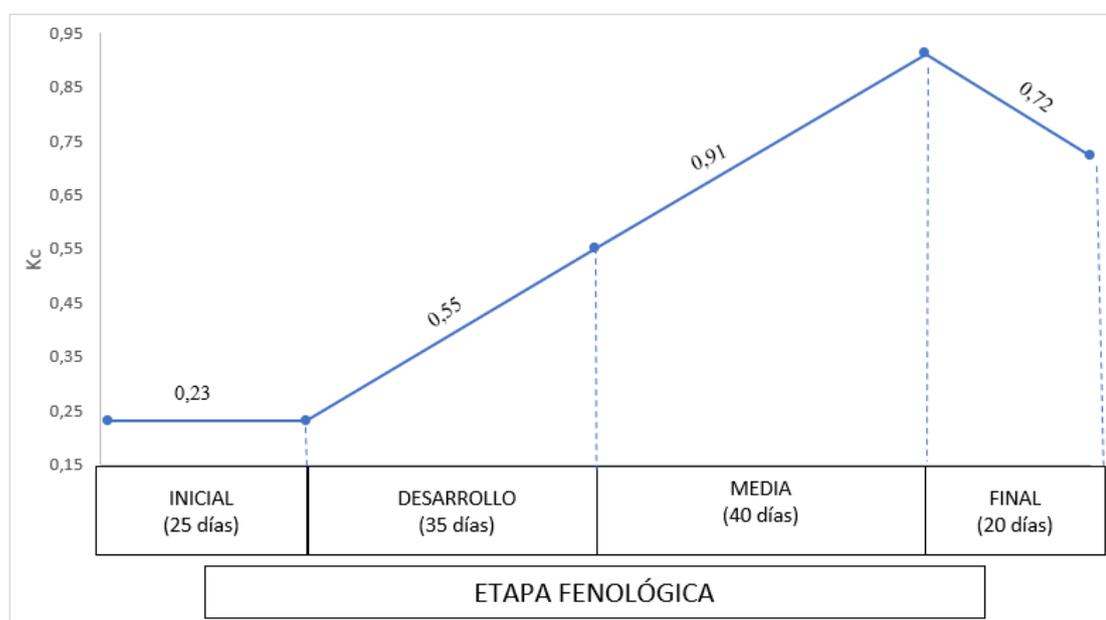


Ilustración 4-4: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero bajo nivel.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

Según la tabla 4-5, e ilustración 4-4 en la fase inicial que va del 01 de julio al 25 de julio de 2023, el valor de coeficiente de cultivo Kc promedio es de 0.23, 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 35 días de la duración, los valores de coeficientes de cultivo Kc registrados van ascendiendo de 0.23 a 0.55 del 26 de julio al 29 de agosto de 2023, lo que quiere decir que crecimiento sostenido.

En tanto que, en la fase media el coeficiente de cultivo va de 0.55 a 0.91 en una duración de 40 días, en las fechas comprendidas del 30 de agosto al 08 octubre de 2023, es decir que en esta etapa se alcanzó el valor máximo (Kc).

Y para la última fase final que duro 20 días a partir del 09 de octubre a 28 de octubre el coeficiente de cultivo Kc disminuye de 0.91 a 0.72. Esto indica que según aumenta el área foliar del cultivo, el Kc se va incrementando por cuanto existe una mayor área foliar expuesta a la radiación solar por tanto el cultivo va requiriendo de mayor cantidad de recurso hídrico para cumplir con sus funciones fisiológicas y equilibrar el balance hídrico. También hay que tener en cuenta que las diferencias en el espaciamiento de las plantas, altura del cultivo (uso de soportes, prácticas de poda) y en las propiedades aerodinámicas pueden afectar los valores de Kc. De acuerdo con Álvarez (2019) 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.

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	01/07/2023 - 25/07/2023	25	25	0,34	1,94	0,18
Desarrollo	26/07/2023 - 08/09/2023	45	70	1,83	3,45	0,53
Media	09/09/2023 - 28/10/2023	50	120	3,77	4,18	0,90
Final	29/10/2023 - 17/11/2023	20	140	1,77	2,46	0,72

Realizado por: Navarrete P, 2023.

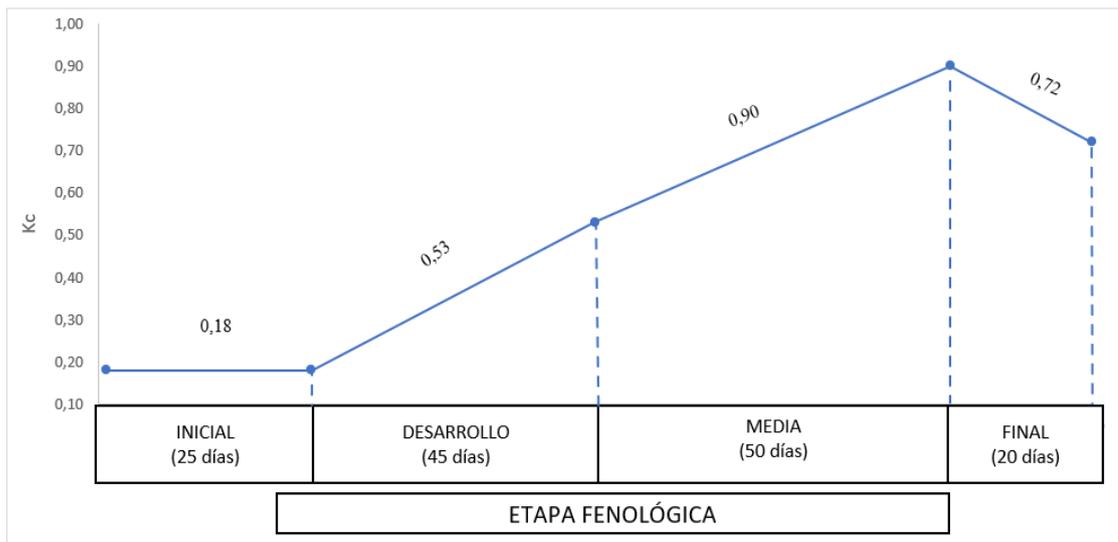


Ilustración 4-5: Coeficiente del cultivo Kc promedio para las distintas etapas fenológicas del cultivo de melón en invernadero sobre nivel.

Realizado por: Navarrete Martínez, Paúl, 2024.

Según la tabla 4-8 e ilustración 4-5, en la fase inicial que va del 01 de julio al 25 de julio de 2023, el valor de coeficiente de cultivo Kc promedio es de 0.18, 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 45 días de la duración, los valores de coeficientes de cultivo Kc registrados van ascendiendo de 0.18 a 0.53 del 26 de julio al 08 de septiembre de 2023, lo que quiere decir que crecimiento sostenido.

En tanto que, en la fase media el coeficiente de cultivo va de 0.53 a 0.90 en una duración de 50 días, en las fechas comprendidas del 09 de septiembre al 28 octubre de 2023, es decir que en esta etapa se alcanzó el valor máximo (kc).

Y para la última fase final que duro 20 días a partir del 29 de octubre a 17 de noviembre el coeficiente de cultivo Kc disminuye de 0.90 a 0,72. Según *Maggio et al. (2018)* el crecimiento del cultivo de melón está determinado por variables climáticas, así como por el suministro de agua y nutrientes, que pueden controlarse mediante prácticas de manejo del cultivo. De igual manera, el consumo de agua se incrementa debido a que el área de cobertura vegetal es mayor, los procesos de crecimiento están relacionados con el comportamiento de los potenciales osmóticos y de turgencia, particularmente cuando las plantas están sujetas a variaciones en el contenido de humedad del suelo. Por esta razón, los invernaderos son ideales para el cultivo de melón, porque se pueden controlar las variables climáticas para asegurar un crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, permitiendo acortar el ciclo de producción. Según *Zavala et al. (2022)* los valores de Kc

variar según el cultivo, etapa de desarrollo y manejo, además menciona que existe una asociación entre Kc y LAI (índice de área foliar), particularmente durante la etapa de desarrollo, lo que refleja los efectos del crecimiento del cultivo.

De acuerdo con la información de la ilustración 4-8 y 4-4, los valores promedio de Kc obtenidos en condiciones de invernadero bajo nivel para las etapas I, II, III y IV fueron 0,23; 0,55; 0,91 y 0,72 respectivamente. Mientras que para el invernadero sobre nivel se obtuvo para las etapas mencionadas un Kc de 0,18; 0,53; 0,90 y 0,72 respectivamente. Es decir, cuando el melón inicia su fase de crecimiento lineal, tanto los valores de Kc aumentaron rápidamente y alcanzaron los valores máximos de Kc cuando se encontraron en la etapa media, finalmente, se observó una disminución de Kc al final de la etapa de maduración, esto es atribuido a la senescencia de las hojas y asociado a una caída del IAF. Las diferencias de Kc entre los dos tipos de invernaderos vienen dadas por factores como la variabilidad climática y la evaporación del suelo. Estos resultados difieren del valor de Kc recomendado por la FAO-56, mismos que son (0,45; 0,75; 1,00 y 0,75) una de las razones para que difiera los Kc es que la FAO sugirió basándose en condiciones climáticas de mediterráneo (HR mínima de aproximadamente 45 % y U_2 de aproximadamente 2 m s^{-1}), por tanto, no se puede aplicar directamente al entorno del invernadero y es necesario ajustar el valor de Kc en función del entorno real. De ahí que la FAO-56 Allen *et al.* (1998) sugiere ajustes en Kc causados por la variación local en el clima, el suelo y gestión del riego.

Además, estudios previos han observado que el Kc desarrollado en una región particular no es aplicable en otras regiones debido a la diferencia de clima. Aunque los valores de Kc fueron más bajos que el valor recomendado por la FAO-56, no se observó una gran diferencia durante las etapas fenológicas del cultivo de melón. En esta misma línea Montero *et al.* (2008) menciona que el manejo de cultivos en condiciones de invernadero es diferente al cultivo en campo abierto ya que el microclima de un invernadero es diferente al del ambiente exterior; por tanto, sus valores de Kc no son similares. Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) son inferiores a los obtenidos por Lozano *et al.* (2017) quienes realizaron la estimación de la evapotranspiración y coeficiente de cultivo de melón cultivado en ambiente protegido, donde los coeficientes de cultivo determinados fueron 0,87, 1,15 y 0,64 para las etapas inicial, intermedia y final, respectivamente, esta diferencia se debe al humedecimiento frecuente que tuvo el suelo, por ende, los valores de Kc pueden aumentar y acercarse a 1,0 a 1,2.

Por su parte Orgaz *et al.* (2005) evaluaron la evapotranspiración de cultivos hortícolas en un invernadero de plástico sin calefacción donde los coeficientes de cultivo determinados fueron

0,20; 0,64; 1,02 y 0,84 para las etapas inicial, desarrollo, media y final, estos autores destacan que el alto valor de Kc en etapa media se debió a la radiación difusa que existe dentro del invernadero ya que esta radiación, permite una mejor absorción de la radiación y, por tanto, una mayor transpiración de las plantas resultado que los cultivos altos de invernadero tuvieran toda su cubierta activa contribuyendo a una mayor transferencia de calor y vapor de agua. Por lo tanto, los estudios relacionados con estimación de coeficientes de cultivo (Kc) son fundamentales para un buen manejo, sin embargo, 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.

4.3. Determinación de la huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* 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. *cantalupensis*, en invernadero sobre nivel y bajo nivel.

Tipo de Invernadero	Agua total utilizada en el ciclo de melón (litros)	Rendimiento (kg)	Litros de agua utilizado por cada kilo de melón
Bajo nivel	1255	80,01	15,69
Sobre nivel	2622	83,16	31,53

Realizado por: Navarrete P, 2023.

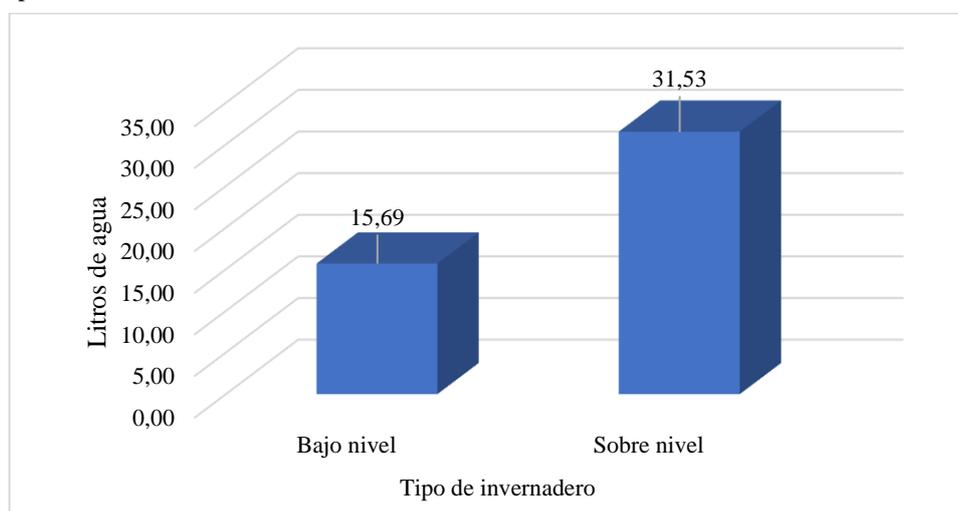


Ilustración 4-6: Huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis*, en invernadero sobre nivel y bajo nivel.

Realizado por: Navarrete P, 2023.

De acuerdo a la tabla 4-9 e ilustración 4-6 nos indica la huella hídrica azul correspondiente a invernadero bajo nivel presenta un consumo de agua de 1256,22 litros la misma obtuvo un

rendimiento de 80,01 kg que es equivalente a 14,27 litros por cada kilogramo de producción, mientras que a invernadero sobre nivel presenta un consumo de agua de 2622,06 litros la misma obtuvo un rendimiento de 83,16 kg que es equivalente a 31,53 litros por cada kilogramo de producción, esta diferencia es debido a que el ciclo fenológico del invernadero sobre nivel (140 días) fue de mayor duración que el de bajo nivel (120 días). Según Bolaños (2011) la huella hídrica azul del melón dependerá de diversos factores, como las prácticas agrícolas utilizadas, las condiciones climáticas de la región de cultivo y la eficiencia en el uso del agua. De acuerdo con Ortiz (2013) la huella hídrica del melón con $181 \text{ m}^3/\text{t}^{-1}$ y está la divide de la siguiente manera: 33% agua azul, 62% agua verde y el 5% de agua gris, es decir que la huella hídrica azul del melón corresponde a $59,73 \text{ m}^3/\text{t}$. Cabe destacar que en invernadero el manejo hídrico del cultivo es más eficiente en el uso de este recurso tan importante para la agricultura. Esto nos demuestra que tanto el uso de invernadero bajo nivel como sobre el nivel es una alternativa viable para la agricultura ya que generan un microclima propicio para mejorar los rendimientos, además que se pueden implementar estrategias de riego y de eficiencia energética en lugares que poseen amplitudes térmicas extremas, vientos fuertes y escasez de agua, brindando así brindar a la población seguridad y soberanía alimentarias (Armijos *et al.* 2023, pág. 2). Estudios similares fueron realizados por Ruiz (2022) quién realizó la determinación del método de riego más eficiente y ajuste del (Kc) mediante lisimetría en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. *quantum* en la estación experimental Tunshi donde encontró, el tratamiento menor huella hídrica azul es goteo con una media de 87.22 por cada kilogramo de materia seca.

En este mismo sentido, León & León (2023) evaluó la huella hídrica a través de 3 métodos: lisimetría, tanque A y fórmulas FAO resultando el lisímetro el mejor resultado con, al necesitar 148 litros por cada kilogramo de producción, frente a los dos tratamientos mencionados. Demostrando que con este método la huella hídrica es menor lo que destaca la eficiencia de los lisímetros de drenaje como método directo para la estimación de la evapotranspiración. De acuerdo con Mekonnen & Hoekstra (2010) la huella hídrica azul media mundial de la semilla de melón es de $56 \text{ m}^3/\text{ha}$; mientras que Pérez (2012) realizó la evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador denotando que el cultivo que más huella hídrica azul presento es el cacao con $13,042 \text{ m}^3/\text{ha}$.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La evapotranspiración del cultivo (ETc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* en el invernadero bajo nivel fue de: etapa inicial 0,48 mm/día; desarrollo 2,04 mm/día; media 4,09 mm/día y final 1,92 mm/día, mientras que el invernadero sobre nivel fue de: etapa inicial 0,34 mm/día; desarrollo 1,83 mm/día; media 3,77 mm/día y final 1,77 mm/día.

El coeficiente del cultivo (Kc) mediante lisímetros de drenaje para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* en el invernadero bajo nivel fue de: etapa inicial 0,23; desarrollo 0,55; media 0,91 y final 0,72, mientras que el invernadero sobre nivel fue de: etapa inicial 0,18; desarrollo 0,53; media 0,90 y final 0,72.

La huella hídrica azul en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) var. *cantalupensis* mediante el método de lisímetro correspondió en el invernadero bajo nivel a 16,76 litros de agua por cada kilo producido de melón mientras que en el invernadero sobre nivel fue de 33,66 litros de agua por cada kilo de melón producido.

5.2. Recomendaciones

Los valores encontrados en esta investigación con respecto al coeficiente de cultivo (Kc) son útiles como guía general y para comparación, pero siempre que sea posible, se deben calcular Kc locales ya que estos pueden variar debido a los efectos del clima, el tipo de cultivo y las prácticas de cultivo, lo que conllevaría a una subestimación o sobreestimación en lo que respecta a demandas hídricas.

Fomentar el invernadero de bajo nivel (Wallipini) en nuestro país ya que es muy poco conocido, y como se observó en esta investigación estos 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 en los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALATORRE L.** “Modelos de escorrentía superficial en la última década. Una revisión bibliográfica.” *Productos de creación artística, tecnológica, humanidades e investigación científica* [en línea], 2023, (México), vol. 4 (2), PP.38. [Consulta: 2023-12-24]. Disponible en: <http://cathi.uacj.mx/handle/20.500.11961/26466>
2. **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>
3. **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 2023-11-18]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7d282654-aa41-4d58-afd2-7ebea0ba8e41/content>
4. **APUNG, Akitah et al.** “Growth of melon (*Cucumis melo* L.) Varieties on different plant media compositions in conditions of hydroponic drip irrigation, *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences* [En línea]. (2023). (Rusia). Volumen 5 N° 371. ISSN: 2226-1184. PP. 98-99. [Consulta 2024-01-13]. Disponible en: https://rjoas.com/issue-2023-05/article_10.pdf
5. **ARMIJOS ARCOS, Freddy et al.** “Diseño agronómico de un invernadero subterráneo tipo walipini para la aplicación de la permacultura en páramos altoandinos”. [En línea] 2023. [Consulta 2023-12-15]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/374740591_Disenio_agronomico_de_un_invernadero_subterraneo_tipo_walipini_para_la_aplicacion_de_la_permacultura_en_paramos_altoandinos
6. **ARPA J.** “El coeficiente de cultivo (kc) en la investigación y aplicación en los cultivos andinos en el Perú.” *Revista Científica I+D Aswan Science* [en línea], 2022, (Perú), vol. 2 (1), PP. 2. [Consulta: 2023-12-12]. DOI 10.51892. Disponible en: <https://www.revistascience.enterprisesadeg.org.pe/index.php/sciencie/article/view/17/24>
7. **ASSENG, S. et al.** “The impact of temperature variability on wheat yields”. *Global Change Biology*, [En línea]. (2011). (Australia). Volumen 17 N° 1. ISSN: 1365-2486. PP. 997-999.

[Consulta 2024-01-03]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2486.2010.02262.x>

8. **AYALA A.** “Ultrasonido y Deshidratación Osmótica como Pretratamientos a la Liofilización de Melón (*Cucumis melo* L.)” *Información tecnológica* [en línea], 2019, (Colombia), vol. 30 (3), PP.37. [Consulta: 2024-01-6]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300179&script=sci_arttext&tlng=pt
9. **BONILLA A.** “Requerimientos nutricionales del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) Variedad Challenger en el valle geográfico del río Cauca, Colombia” *Universidad Nacional de Colombia* [en línea], 2019, (Colombia), vol. 12 (2), PP. 12. [Consulta: 2024-01-7]. Disponible en: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76435/2024-Alejandro_Bonilla_Sanchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. **BORGES M** “Comparative assessment and spatial prediction of the reference evapotranspiration through geostatistical methods” *Bioagro* [en línea], 2020, (Venezuela), vol. 32 (2), PP.27. [Consulta: 2024-01-3]. ISSN 107-116. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/view/2694/1680>
11. **BOTIA W.** “Unidad Agrícola Familiar (UAF), instrumento de política pública agropecuaria en Colombia.” *Universidad tecnológica de Colombia* [en línea], 2019, (Colombia), vol. 27 (2), PP. 46. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/article/view/10178
12. **BOUAZIZ A.** “Polyphenolic content, Antioxidant and Anti-inflammatory activities of Melon (*Cucumis melo* L. var. inodorus) Seeds” *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* [en línea], 2020, (Brazil), vol. 10 (2), PP.14. [Consulta: 2024-01-5]. DOI: 10.22270 Disponible en: <https://jddtonline.info/index.php/jddt/article/view/4022>
13. **BOLAÑOS BOLAÑOS, María Eugenia.** “Determinación de la huella hídrica y comercio de agua virtual de los principales productos agrícolas de Honduras”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de Zamorano. Zamorano, Honduras. 2011. PP.25-27. [Consulta 2024-02-05]. Disponible en:

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/cee69852-2f88-4abf-bfc6-73820db4f8bf/content>

14. **BLANEY – CRIDDLE.** “Evapotranspiración potencial”. [En línea] 2000. [Consulta 2023-01-10] Disponible: https://www.buyteknet.info/fileshare/data/analisis_lect/blaney.pdf
15. **CABRERA E.** “Revisión sistemática: Análisis de la influencia de cobertura vegetal en el caudal de escorrentía en una cuenca mediante los modelos HEC – HMS y SWAT” *Universidad Cesar Vallejo* [en línea], 2022, (Perú), vol. 1 (2), PP.35. [Consulta: 2023-12-24]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91968>
16. **CAICEDO L.** “Medición de humedad en suelos, revisión de métodos y características” *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* [en línea], 2021, (México), vol. 9 (17), PP.25. [Consulta: 2023-12-18]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/7035/8022>
17. **CANALES A.** “Automatización y telecontrol de sistemas de riego” *Marcombo* [en línea], 2020, (España), vol. 2 (2), PP. 372. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ukxOEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=riego+&ots=J0jAy5IEtG&sig=6stVGuyYxsX6ADg5vYTIA8jVD-g#v=onepage&q=riego&f=false>
18. **CARABALI J.** “Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco” *Siembra* [en línea], 2019, (Ecuador), vol. 6 (2), PP. 52. [Consulta: 2024-01-9]. ISSN 2477-8850. Disponible en: http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S2477-88502019000200046&script=sci_arttext
19. **CASTAÑARES J.** “Effect of Exogenous Melatonin on Seed Germination and Seedling Growth in Melon (*Cucumis melo* L.) Under Salt Stress” *Horticultural Plant Journal* [en línea], 2019, (Argentina), vol. 5 (2), PP. 79. [Consulta: 2024-01-7]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014119300202>
20. **CHIUFO M.** “Importance of invasion mechanisms varies with abiotic context and plant invader growth form” *Journal of ecology* [en línea], 2022, (Inglaterra), vol. 43 (22), PP.20. [Consulta:

2024-01-3]. Disponible en: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.13929>

21. **CORTEZ J.** “El webinar como instrumento de investigación no experimental” *Apthapi* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 6 (2), PP. 64. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/67/63>
22. **CRUZADO J.** “Aplicación foliar de algas marinas en el rendimiento y la calidad en dos cultivares de Melón (*Cucumis melo* L.) en La Molina” *Universidad Nacional Agraria la Molina* [en línea], 2021, (Perú), vol. 1 (2), PP. 25. [Consulta: 2024-01-7]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4856/cruzado-campos-jacqueline-milagros.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
23. **DA CUNHA J.** “From seed to flour: Sowing sustainability in the use of cantaloupe melon residue (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*)” *PLUS ONE* [en línea], 2020, (Brazil), vol. 2 (2), PP.29. [Consulta: 2024-01-5]. DOI: 10.1371 Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0219229&type=printable>
24. **DE ANDA R.** “Elaboración y validación de instrumento para medir prácticas sustentables que crean valor en organizaciones agrícolas” *Investigación agraria y ambiental* [en línea], 2020, (Perú), vol. 11 (2), PP. 65. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2019&q=Instrumentos+clave+en+la+investigación+agrícola&btnG=#d=gs_cit&t=1704934969620&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3A%2Foutput%3Dcite%26scirp%3D3%26h1%3Des
25. **DEL ROSARIO, María et al.** “Desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) de plantas inoculadas con cepas mexicanas de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg)”. *Agrociencia*. [En línea]. (2018). (México). Volumen 52 N° 1. ISSN: 2521-9766. PP. 95-96. [Consulta 2024-01-10]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n1/1405-3195-agro-52-01-91-es.pdf>
26. “derived crop products”. [En línea] 2010. [Consulta 2023-01-18]. Disponible en: <https://www.waterfootprint.org/resources/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>

27. **DÍAZ ALVARADO, Jorge et al.** “Melón (*Cucumis melo* L.) Honey Dew cultivado bajo invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento”. *Revista Tecnología en Marcha*. [En línea]. (2021). (Costa Rica). Volumen 34 N° 3. ISSN: 0379-3982. PP. 36-39. [Consulta 2024-01-07]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v34n3/0379-3982-tem-34-03-34.pdf>
28. **DIAZ O.** “Efectos del biol en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) y su impacto en el rendimiento” *Universidad Técnica de Babahoyo* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 21 (5), PP. 56. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13284>
29. **DIAZ Y.** “Evaluación de tres fertilizantes líquidos para el desarrollo del Cultivo de Melón (*Cucumis melo* L.) en Suelos Oxisoles en el Municipio de Acacias Meta.” *Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD* [en línea], 2022, (Colombia), vol. 19 (2), PP. 43. [Consulta: 2024-01-7]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58110>
30. **ENRIQUEZ F.** “Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en Invernadero” *Revista Biológico-Agropecuaria* [en línea], 2022, (México), vol. 2 (5), PP. 37. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/399>
31. **ENRÍQUEZ GARCÍA, Fabian. et al.** “Cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en Invernadero”. *Revista Biológico Agropecuario Tuxpan*. [En línea]. (2022). (México). Volumen 10 N° 1. ISSN: 2007-6940. PP. 42-44. [Consulta 2023-10-22]. Disponible en: <https://revistabioagro.mx/index.php/revista/article/view/399/544>
32. **ESPINOZA M.** “Aproximación multi metodológica para el cálculo de la huella hídrica en cultivos de cebolla, Tierra Blanca, Cartago” *TEC* [en línea], 2022, (Costa Rica), vol. 3 (2), PP. 47. [Consulta: 2024-01-9]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/14394/TF9575_BIB310115_Melany_Diaz_Espinoza%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y
33. **FARAMIÑAN A.** “Monitoring the hourly actual evapotranspiration through the energy balance and a weighing lysimeter” *CONICET digital* [en línea], 2021, (España), vol. 132 (2), PP.32. [Consulta: 2024-01-3]. ISSN: 0366-0176. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/164282>

34. **FARUCH M.** “Texture diversity in melon (*Cucumis melo* L.): Sensory and physical assessments” *Postharvest Biology and Technology* [en línea], 2020, (Estados Unidos), vol. 159 (22), PP. 172. [Consulta: 2024-01-7]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521419306325>
35. **FAZZI GOMES, Rafaella. et al.** “Number of stems and plant density in mini watermelon grown in a protected environment”. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*. [En línea]. (2019). (Brasil). Volumen 49 N° 1. ISSN: 1983-4063. PP. 4-7. [Consulta 2023-10-15]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2530/253067965009/html/>
36. **FERNANDEZ L.** “Valoración de la evapotranspiración potencial etp., de arveja (*Pisum sativum* L.), en lisímetro superficial en la provincia y distrito de Víctor Fajardo Vilcanchos” *Repositorio Huancavelica* [en línea], 2022, (Perú), vol. 7 (2), PP.43. [Consulta: 2024-01-3]. Disponible en: <https://repositorio.unh.edu.pe/items/2af9566b-b2c6-4836-b94f-95704a0be128>
37. **FIGUEROA J.** “USO DE LISÍMETROS ARTESANALES PARA ESTIMAR EL COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) DEL MAÍZ MORADO, EN LA LOCALIDAD DE CAYHUAYNA – HUÁNUCO – 2019.” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO” ESCUELA DE POSTGRADO. Huaraz-Perú. 2023. PP. 7. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/5694/T033_46679063_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y
38. **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
39. **GIL, José et al.** “Efecto de diferentes estrategias de riego en el rendimiento y la calidad de dos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.)”. *Bioagro*. [En línea]. (2014). (Estados Unidos). Volumen 12 N° 1. ISSN: 1316-3361. PP. 28-29. [Consulta 2023-11-21]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/857/85712104.pdf>

40. **GIRON V.** “Coeficiente de cultivo de *Caesalpinia Spinosa* (guarango) en etapa de vivero” *Open Journal Systems* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 7 (7), PP.8. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4228>
41. **GOMEZ R** “Valorization of melon fruit (*Cucumis melo* L.) by-products: Phytochemical and Bifunctional properties with Emphasis on Recent Trends and Advances” *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2020, (México), vol. 99 (6), PP.46. [Consulta: 2024-01-6]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224419306417>
42. **GONZALES A.** “Uso del atmómetro y coeficiente de cultivo en la programación del riego en maíz forrajero” *Uso del atmómetro y coeficiente de cultivo en la programación del riego en maíz forrajero* [en línea], 2023, (México), vol. 10 (1), PP.7. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 2007-901X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8913254>
43. **HERRERA M.** “Modos de vida, conocimiento y capitalismo en perspectiva histórico-estructural. Para una crítica de la comunicación para el desarrollo en América Latina.” *Revista da Sociedade Brasileira de Economía Política* [en línea], 2019, (Brasil), vol. 52 (2), PP. 16. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <https://revistasep.org.br/index.php/SEP/article/view/462>
44. **INIA.** “Manual de manejo agronómico para cultivo de Melón *Cucumis melo* L.”. [En línea] 2017. [Consulta 2023-12-30]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6666/NR40897.pdf?sequence=1>
45. **ISRAELSEN O.** “Principios y aplicaciones del riego” *Reverte* [en línea], 2021, (España), vol. 2, PP. 138. [Consulta: 2024-01-8]. ISBN 978-84-291-9000-7. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=VJIUEAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
46. **KESH H.** “Advances in melon (*Cucumis melo* L.) breeding: An update” *Scientia Horticulture* [en línea], 2021, (España), vol. 202 (17), PP.65. [Consulta: 2024-01-6]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423821001527>

- 47. LAVAO PASTRANA, Sergio Andrés.** “Medición y modelamiento de la evapotranspiración real del cultivo de clavel en invernadero en la Sabana de Bogotá, usando lisímetros electrónicos de pesada”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2017. PP.99-101. [Consulta 2023-11-28]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56647/lavaopastranasergioandres.2016.pdf?sequence=1>
- 48. LAW, OGBOMO et al.** “Agronomic response of watermelon (*Citrulus lunatus* (Thumb) Matsum and Nakai) to plant population and fertilizer types in low fertile soil environment”. *Journal Forest Science & Environment*. [En línea]. (2018). (Estados Unidos). Volumen 3 N° 1. ISSN: 2288-9752. PP. 31-34. [Consulta 2023-11-09]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/336813845_AGRONOMIC_RESPONSE_OF_WATERMELON_Citrulus_lunatus_Thumb_Matsum_and_Nakai_TO_PLANT_POPULATION_AND_FERTILIZER_TYPES_IN_LOW_FERTILE_SOIL_ENVIRONMENT
- 49. 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.esepoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-06-13-222824-Evaporacio%CC%81n_de_los_cultivos.pdf
- 50. LOPEZ A.** “Genome-wide analysis of the aquaporin genes in melon (*Cucumis melo* L.)” *Scientific Reports* [en línea], 2020, (España), vol. 10 (22), PP. 45. [Consulta: 2024-01-7]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79250-w#Abs1>
- 51. LOZANO, Claudia et al.** “Estimation of evapotranspiration and crop coefficient of melon cultivated in protected environment. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [En línea]. (2017). (Brasil). Volumen 27 N° 11. ISSN: 1807-1929. PP. 759-762. [Consulta 2024-01-15]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/SBHkVzgkbQFfXFLHtZGzsCJ/?lang=en#>
- 52. MAGGI Y.** “Caracterización del crecimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) injertado y sin injertar durante la etapa vegetativa en condiciones salinas” *Universidad Nacional de Lujan* [en línea], 2021, (México), vol. 4 (2), PP. 83. [Consulta: 2024-01-7]. Disponible en: <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/1307>
- 53. MAGGIO, Marcos Aurelio et al.** “Crecimiento y acumulación de nutrientes en melón piel del sapo”. *Agro ciencia Uruguay*. [En línea]. (2018). (Uruguay). Volumen 22 N° 1. ISSN: 1510-

0839. PP. 83-86. [Consulta 2023-11-12]. Disponible en:
<http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v22n1/2301-1548-agro-22-01-81.pdf>

- 54. MANCHALI S.** “Nutritional Composition and Health Benefits of Various Botanical Types of Melon (*Cucumis melo* L.)” *MPDI* [en línea], 2021, (Estados Unidos), vol. 10 (9), PP.92. [Consulta: 2024-01-6]. DOI 10.3390. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/9/1755>
- 55. MARIANI A.** “Evaluación de la huella hídrica del ajo en Mendoza, Argentina” *Idesia (Arica)* [en línea], 2022, (Argentina), vol. 40 (4), PP. 37. [Consulta: 2024-01-9]. ISSN 0718-3429. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292022000400073&script=sci_arttext
- 56. MARIO J.** “DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) DE LA PAPA CANCHAN (*Solanum tuberosum* L.) INIA-303UTILIZANDO LISÍMETRO DE DRENAJE EN EL ANEXO INCAPUDEL DISTRITO DE SHILLA – CARHUAZ, 2020.” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO” FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA. Huaraz-Perú. 2022. PP. 9. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4416>
- 57. MARTINEZ K.** “Uso de sensoria remota para la determinación del Kc del cultivo de higo” *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2023, (México), vol. 14 (7), PP.21. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 2007-9230. Disponible en: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3293>
- 58. MARTÍNEZ SÁNCHEZ, Yandry Paúl.** “Determinar los requerimientos hídricos del pepino (*Cucumis Sativus* L.) mediante el lisímetro volumétrico, en el sector la trinidad perteneciente al sistema de riego campana-Malacatos”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 2017. PP.44-47. [Consulta 2023-11-23]. Disponible en: <https://dspace.unL.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18472/1/YANDRY%20PAUL%20MARTINEZ%20SANCHEZ.pdf>

- 59. MARTÍNEZ SANTOS, P.** (2018). Hidrogeología: principios y aplicaciones. Madrid, Spain: McGraw-Hill España. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/esepoch/50351?page=48>.
- 60. MEJIA O.** “Water consumption by the oil palm and effects of the irrigation on bunch production: a review of literature” *Repositorio Fedepalma* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 21 (1), PP. 7. [Consulta: 2023-12-15]. DOI 10.51892. Disponible en: <http://52.200.198.20/handle/123456789/139354>
- 61. MEKONNEN, M. & HOEKSTRA, A.** “The green, blue and grey water footprint of crops and MENDEZ J. “Medición de humedad en suelos, revisión de métodos y características” *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI* [en línea], 2021, (México), vol. 9 (17), PP.15. [Consulta: 2023-12-18]. Disponible en: <http://portala.amelica.org/ameli/journal/595/5952727005/5952727005.pdf>
- 62. MONGE PÉREZ, José Eladio.** “Evaluación de 70 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) Cultivados bajo invernadero en Costa Rica”. *InterSedes*. [En línea]. (2020). (Ecuador). Volumen 17 N° 36. ISSN: 2215-2458. PP. 78-81. [Consulta 2023-11-22]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/666/66648525004/html/#B19>
- 63. MONTERO, Juan et al.** “Invernadero para la producción sostenible en áreas de clima de invierno suaves”. [En línea] 2008. [Consulta 2023-01-11]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/29258122.pdf>
- 64. 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
- 65. MONTES M.** “Efecto de densidad de siembra sobre el rendimiento en melón (*Cucumis melo* L.), var. *Súper Torreón* F1 en el valle de Huaral, 2016.” *Universidad San Pedro* [en línea], 2020, (Perú), vol. 9 (2), PP. 54. [Consulta: 2024-01-7]. Disponible en: <http://publicaciones.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/15316>

- 66. MORE H.** “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MÉTODOS EMPÍRICOS PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN LA REGIÓN DE TUMBES” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. Tumbes-Perú. 2021. PP. 18-24. [Consulta: 2023-12-15]. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Frepositorio.untumbes.edu.pe%2Fbitstream%2Fhandle%2F20.500.12874%2F2569%2FTESIS%2520-%2520MORE%2520MEDRANO.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&psig=AOvVaw2wesjSw7V6eboqmFlvbKXe&ust=170492039974000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBMQjhXqFwoTCMjpwZeu0YMDFQAAAAAdAAAAABAD>
- 67. MORENO RESÉDEZ, Alejandro. et al.** “Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero”. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. [En línea]. (2014). (Ecuador). Volumen 1 N° 2. ISSN: 2007-901X. PP. 164-166. [Consulta 2023-11-28]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a7.pdf>
- 68. MUÑOZ JURADO, Diego Marcelo.** “Determinación de la evapotranspiración de referencia diaria bajo invernadero con el empleo de métodos directos e indirectos, en el periodo agosto-octubre, Hcda. El Prado”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador. 2021. PP.80-82. [Consulta 2023-01-20]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/35886/1/IASA%20I-TT-%200017.pdf>
- 69. NABWIREET, Shona et al.** “Estimation of Cold Stress, Plant Age, and Number of Leaves in Watermelon Plants Using Image Analysis”. *Frontiers*. [En línea]. (2022). (Estados Unidos). Volumen 13 N° 1. ISSN: 2994-7197. PP. 7-9. [Consulta 2023-11-26]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.847225/full>
- 70. NAPOLITANO M.** “Exploring Heterosis in Melon (*Cucumis melo* L.)” *MPDI* [en línea], 2020, (Italia), vol. 9 (2), PP.62. [Consulta: 2024-01-6]. DOI 10.3390. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/2/282>
- 71. NARANJO J.** “Huella hídrica del cultivo de aguacate cv. Hass (*Persea americana* L.), en el Distrito de Conservación de Suelos Barbas - Bremen, Quindío, Colombia” *Entre Ciencia e*

Ingeniería [en línea], 2021, (Colombia), vol. 15 (29), PP. 26. [Consulta: 2024-01-9]. ISSN 1909-8367. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672021000100063&script=sci_arttext

72. NAVA V. “ESTIMACIÓN DE HUELLA HÍDRICA EN EL CULTIVO ARÁNDANO EN EL MUNICIPIO DE ACUTZIO DEL CANJE, MICH.” *Tecnológico Nacional de México* [en línea], 2021, (México), vol. 2 (4), PP. 48. [Consulta: 2024-01-9]. ISSN 0718-3429. Disponible en: <http://51.143.95.221/handle/TecNM/4360>

73. NOLASCO M. “Evaluación del desempeño de productos satelitales para estimar evapotranspiración en la región pampeana (Argentina)” *Repositorio UNPL* [en línea], 2019, (Argentina), vol. 3 (2), PP.39. [Consulta: 2024-01-3]. ISSN 2525-0949. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/88073>

74. ORELLANA F. “LA APLICACIÓN DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL SON CLAVES PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA” *CREA* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 6 (3), PP.29. [Consulta: 2023-12-15]. Disponible en: <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/18001>

75. ORGAZ, F. et al. “Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse”. *Agricultural Water Management*. [En línea]. (2005). (Estados Unidos). Volumen 72 N° 1. ISSN: 0378-3774. PP. 83-85. [Consulta 2023-11-09]. Disponible en: <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/evapotranspiration-of-horticulturaL.pdf>

76. OROAZCO I. “Evaluación del efecto de distintas aproximaciones de la radiación en la estimación de la evapotranspiración usando el modelo FAO Penman-Monteitz” *Acta universitaria* [en línea], 2019, (México), vol. 29 (2), PP.11. [Consulta: 2024-01-3]. ISSN 2007-9621. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662019000100244

77. ORTEGA G. “Obtención de semilla híbrida de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero” *Journal of the Selva Andina Research Society* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 12 (1), PP. 53.

[Consulta: 2024-01-7]. ISSN 2072-9294. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942021000100005&script=sci_arttext

- 78. ORTEGA, Julio Gabriel. et al.** “Nuevos cultivares de melón (*Cucumis melo* L.) para invernadero en puerto la boca, Manabí”. *UNESUM-CIENCIAS*. [En línea]. (2020). (Ecuador). Volumen 4 N° 4. ISSN: 602-8166. PP. 260-261. [Consulta 2023-11-25]. Disponible en: <https://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesumciencias/article/view/352/296>
- 79. PARDO RÍOS, Georgi Xavier.** “Diseño de módulo tipo de riego por goteo para Cultivos hortícolas en san Vicente de Loja, cantón santa elena”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador. 2011. PP. 65-66. [Consulta 2023-11-22]. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/883/1/PARDO%20RIOS%20GEORGI-2011.pdf>
- 80. PAVON S.** “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción.” *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea], 2021, (Colombia), vol. 14 (27), PP. 16. [Consulta: 2024-01-9]. ISSN 1909-8367. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672020000100009&script=sci_arttext
- 81. PEREIRA A.** “Una revisión del modelo WEAP 21 y SWAT para la planificación de los recursos hídricos” *Revista Ciencia y Tecnología El Higo* [en línea], 2022, (Perú), vol. 12 (2), PP.12. [Consulta: 2023-12-18]. Disponible en: <https://camjoL.info/index.php/elhigo/article/view/15198/17993>
- 82. PERES, Jose et al.** “Utilização de lisímetros de pesagem para a determinação dos coeficientes de cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) para cultivo em estufa agrícola na região de Araras - SP”. *Engenharia Agrícola*. [En línea]. (2013). (Brasil). Volumen 33 N° 3. ISSN: 478-480. PP. 4-7. [Consulta 2023-10-20]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/LKFvq3pzyqsFnB8PLxZVrQz/?lang=pt#>
- 83. PÉREZ ARCOS, Solange Isabel.** “Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura). Universidad Zamorano. Tegucigalpa, Honduras. 2012. PP.19-23. [Consulta 2024-01-20].

Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/105eeca8-ce9d-4827-b30a-e3f1c2266aca/content>

84. **PINAR A.** “The Effects of Grafting on Plant, Fruit and Seed Quality in Cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. cantalupensis) Melons” *MDPI* [en línea], 2022, (Estados Unidos), vol. 2 (1), PP.51. [Consulta: 2024-01-6]. DOI: 10.3390 Disponible en: <https://www.mdpi.com/2674-1024/2/1/1>
85. **PISCOYA A.** “Efficacy and harms of remdesivir for the treatment of COVID-19: A systematic review and meta-analysis” *Plos One* [en línea], 2020, (Estados Unidos), vol. 15 (12), PP. 25. [Consulta: 2024-01-8]. DOI 10.1371. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0243705&type=printable>
86. **PRADO B.** “Principales enfermedades en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en el Ecuador” *Universidad Técnica de Babahoyo* [en línea], 2022, (Ecuador), vol. 21 (5), PP. 65. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13208>
87. **RAMOS E.** “El fondo de maniobra como indicador clave en la situación financiera de las empresas agrícolas en Piura 2019” *Revista Universidad y Sociedad* [en línea], 2020, (Perú), vol. 12 (2), PP. 34. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202020000200229&script=sci_arttext&tlng=pt
88. **RIVERO L.** “Cartografía de coeficiente de cultivo (Kc) a partir de datos remotos sobre paltos en Chile Mediterráneo” *Repositorio Universidad de Chile* [en línea], 2020, (Chile), vol. 1 (7), PP.63. [Consulta: 2024-01-5]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/184208>
89. **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>
90. **RODRIGUEZ L.** “Mecanismos de mejoras en el suelo para el establecimiento del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) en el Ecuador” *Universidad Técnica de Babahoyo* [en línea], 2022,

(Ecuador), vol. 21 (5), PP. 56. [Consulta: 2024-01-8]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13332>

91. **RUIZ LEÓN, José Luis.** “Determinación del método de riego más eficiente y ajuste del (kc) mediante lisimetría en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.) var. *Quantum* en la estación experimental Tunshi”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Escuela Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2022. PP. 92-94. [Consulta 2023-11-14]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17455/1/13T01023.pdf>
92. **SALAZAR B.** DISEÑO, INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DE BLOQUE DE SIETE LISIMETROS DE DRENAJE PARA AJUSTE DE COEFICIENTE DE CULTIVOS (Kc) [en línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela superior politécnica de Chimborazo, (Riobamba-Ecuador). 2020. P. 31. [Consulta: 10-01-2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14319/1/13T00924.pdf>
93. **SAGARDO C.** “Análisis isotópico directo de compuestos específicos mediante pirólisis (Py-CSIA). Revisión bibliográfica” *DC* [en línea], 2020, (España), vol. 1 (2), PP.47. [Consulta: 2023-12-24]. Disponible en: <https://digitaL.csic.es/handle/10261/233210>
94. **SHUKLA, S. et al.** “Evapotranspiration and crop coefficient for watermelon grown under plastic mulched conditions in sub-tropical Florida”. *Agricultural Water Management*. [En línea]. (2014). (Estados Unidos). Volumen 132 N° 1. ISSN: 0378-3774. PP. 3-6. [Consulta 2023-11-24]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377413002606>
95. **SIERRA L.** “CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA DEL CULTIVO DE ARROZ EN DOS ZONAS PRODUCTORAS DE PERÚ.” *Alianza* [en línea], 2020, (Perú), vol. 4 (2), PP. 25. [Consulta: 2024-01-9]. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/92cfbac3-8ec8-4b69-ac8d-e1ec31bc44dc/content>
96. **SILVA M.** “Melon (*Cucumis melo* L.) by-products: Potential food ingredients for novel functional foods?” *Trends in Food Science & Technology* [en línea], 2020, (Portugal), vol. 98 (6), PP.48. [Consulta: 2024-01-6]. DOI 10.1016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224418301869>

97. **SOSA Y.** “Ajuste de los requerimientos hídricos del pomelo (*citrus paradisi* macf.)” *Revista Ingeniería Agrícola* [en línea], 2021, (Cuba), vol. 11 (3), PP. 6. [Consulta: 2024-01-9]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586267422002/586267422002.pdf>
98. **TARAZONA N.** “DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE USO CONSUNTIVO DEL AGUA PARA EL CULTIVO DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*), MEDIANTE EL MÉTODO DEL LISIMETRO” [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO” FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA. Huaraz-Perú. 2019. PP. 6. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en: https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1938/T033_42275682_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
99. **TENECELA K.** “Coeficiente de cultivo (kc) de *alnus acuminata* (aliso) en etapa de vivero” *Open Journal Systems* [en línea], 2023, (Ecuador), vol. 7 (2), PP.12. [Consulta: 2024-01-5]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3602/8208>
100. **VENDRUSCOLO, Eduardo et al.** “Desenvolvimento e produção de melão Cantaloupe em função do espaçamento e ambientes de cultivo no Cerrado brasileiro”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícola*. [En línea]. (2018). (Colombia). Volumen 17 N° 36. ISSN: 2422-3719. PP. 398-399. [Consulta 2023-10-21]. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/7794/7103
101. **VIERA L.** “Utilización de sensores IoT para la automatización de sistemas de riego” *Revista científica dominio de las ciencias* [en línea], 2023, (Ecuador), vol. 9 (4), PP.11. [Consulta: 2023-12-15]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3691>
102. **VILLANUEVA C.** “DETERMINACIÓN DEL USO CONSUNTIVO DEL AGUA CON LISÍMETRO DE DRENAJE EN CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum Sativum L.*) EN CIE – CAÑASBAMBA - UNASAM”. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO” FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. Huaraz-Perú. 2019.

PP. 12. [Consulta: 2023-12-12]. Disponible en:
file:///C:/Users/Rio/Downloads/T033_31682841_T.pdf

- 103. WILLIAMS R.** “Modelamiento de procesos hidrológicos aplicando técnicas de inteligencia artificial: una revisión sistemática de la literatura” *Iteckne* [en línea], 2022, (Colombia), vol. 19 (1), PP.22. [Consulta: 2023-12-15]. ISSN 1692-1798. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-17982022000100046&script=sci_arttext
- 104. YAGUAR CHICAIZA, Jessica Abigail.** “Comportamiento agronómico de tres híbridos de melón (*Cucumis melo* L.) bajo cubierta plástica en el sector Río Blanco del cantón Patate”. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 2021. PP.37-28. [Consulta 2023-11-12]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32267/1/Tesis-266%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Yaguar%20Chicaiza%20Jessica%20Abigail.pdf>
- 105. ZAVALA BORREGO, Felipe et al.** “Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. [En línea]. (2022). (México). Volumen 13 N° 3. ISSN: 2007-0934. PP. 408-410. [Consulta 2023-11-29]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v13n3/2007-0934-remexca-13-03-407.pdf>
- 106. 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>
- 107. GUIZ M.** “A reliable system for the transformation of cantaloupe charentais melon (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*) leading to a majority of diploid regenerants”. *Scientia Horticulturae*. [En línea]. (2020). (Francia). Volumen 84 N° 1. ISSN: 10. 1016 . PP. 45. [Consulta 2023-11-20]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423899001016>
- 108. MISLE E.** “Caracterización Termofisiológica del Ritmo de Absorción de Nutrientes del Melón (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus* Naud)”. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*. [En línea]. (2023). (Chile). Volumen 30 N° 1.

ISSN: 0718-1620, PP. 21. [Consulta 2023-11-20]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2193010>

- 109.** MONTERO S. “Comportamiento Agronómico de Cultivares de Melón (*Cucumis melo* L. var. *Inodorus*) Bajo Invernadero en la Zona Este del Chaco”. *Agrotecnia / Universidad Nacional del Nordeste*. [En línea]. (2021). (Chile). Volumen 30 N° 1. ISSN: 0718-1620, PP. 21. [Consulta 2023-11-20]. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/11487>

ANEXOS

ANEXO A HORAS DE LUZ POR DIAS

Tabla 1: Horas de luz por día expresadas como porcentaje del total anual

<i>Latitud Norte</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>
<i>Latitud Sur</i>	<i>Jul.</i>	<i>Ago.</i>	<i>Sep.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Dic.</i>	<i>Ene.</i>	<i>Feb.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Abr.</i>	<i>May.</i>	<i>Jun.</i>
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58°	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56°	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54°	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52°	0.19	0.22	0.27	0.31	0.35	0.37	0.36	0.33	0.28	0.24	0.20	0.17
50°	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48°	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42°	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25°	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20°	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15°	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10°	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5°	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0°	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

Fuente (Brouwer y Heibloem 1986).

ANEXO B VALORES DE HORAS LUZ (P)

Tipo de Invernadero	Ciclo de cultivo (días)	Mes	Número de días	P*
Bajo Nivel	125	Julio	31	0.27
		Agosto	31	0.27
		Septiembre	30	0.27
		Octubre	31	0.27
		Noviembre	2	0.27
Sobre Nivel	150	Julio	31	0.27

		Agosto	31	0.27
		Septiembre	30	0.27
		Octubre	31	0.27
		Noviembre	27	0.27
* Horas de luz por día sugerido por Brouwer y Heibloem (FAO, 1970)				

ANEXO C ETC WALLIPINI

Etapa de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)
Inicial	25	01/07/2023 - 25/07/2023	25	0.48
Desarrollo	35	26/07/2023 - 29/08/2023	60	2.04
Media	40	30/08/2023 - 08/10/2023	100	4.09
Maduración	20	09/10/2023 - 28/10/2023	120	1.92

ANEXO D ETc SOBRE NIVEL

Etapa de cultivo	Duración por etapa	Fecha de cultivo implementado	Ciclo cultivo (días)	ETc (mm/día)
Inicial	25	01/07/2023 - 25/07/2023	30	0.34
Desarrollo	45	26/07/2023 - 08/09/2023	70	1.83
Media	50	09/09/2023 - 28/10/2023	120	3.77
Maduración	20	29/10/2023 - 17/11/2023	140	1.77

ANEXO E DATOS CALCULOS DE WALLIPINJ

Fecha	Fase Fenológica	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	Etc promedio (mm/día)	Eto (mm/día)	Kc
1/7/2023				0,45	2,05	0,22
3/7/2023				0,45	2,05	0,22
6/7/2023				0,45	2,05	0,22
10/7/2023	Fase Inicial	25	25	0,60	2,05	0,29
13/7/2023				0,45	2,05	0,22
17/7/2023				0,45	2,05	0,22

20/7/2023				0,50	2,05	0,24
24/7/2023				0,50	2,05	0,24
27/7/2023				2,03	3,69	0,55
31/7/2023				2,10	3,69	0,57
4/8/2023				2,20	3,69	0,60
7/8/2023				2,01	3,69	0,54
11/8/2023	Fase de Desarrollo	35	60	2,05	3,69	0,56
14/8/2023				2,05	3,69	0,56
18/8/2023				1,97	3,69	0,53
21/8/2023				2,01	3,69	0,54
24/8/2023				1,98	3,69	0,54
28/8/2023				1,96	3,69	0,53
31/8/2023				4,13	4,5	0,92
4/9/2023				4,18	4,5	0,93
7/9/2023				4,12	4,5	0,92
11/9/2023				3,98	4,5	0,88
14/9/2023				4,21	4,5	0,94
18/9/2023	Fase Media	40	100	4,05	4,5	0,90
21/9/2023				4,07	4,5	0,90
25/9/2023				4,17	4,5	0,93
28/9/2023				4,15	4,5	0,92
2/10/2023				4,01	4,5	0,89
5/10/2023				3,97	4,5	0,88
9/10/2023				1,92	2,66	0,72
12/10/2023				1,9	2,66	0,71
16/10/2023	Fase Final	20	120	1,95	2,66	0,73
20/10/2023				1,87	2,66	0,70
23/10/2023				1,96	2,66	0,74
27/10/2023				1,93	2,66	0,73

ANEXO F DATOS CALCULOS SOBRE NIVEL

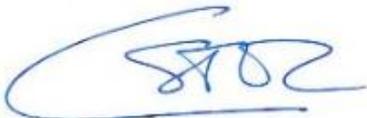
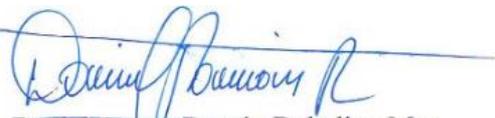
Fecha	Fase Fenológica	Duración de días de la fase	Ciclo cultivo (días)	Etc promedio (mm/día)	Eto (mm/día)	Kc			
1/7/2023				0,29	1,94	0,15			
3/7/2023				0,39	1,94	0,20			
6/7/2023				0,29	1,94	0,15			
10/7/2023	Fase Inicial	25	25	0,38	1,94	0,20			
13/7/2023				0,29	1,94	0,15			
17/7/2023				0,38	1,94	0,20			
20/7/2023				0,28	1,94	0,15			
24/7/2023				0,38	1,94	0,20			
27/7/2023							1,88	3,45	0,54
31/7/2023							1,90	3,45	0,55
4/8/2023				2,05	3,45	0,59			
7/8/2023				1,93	3,45	0,56			
11/8/2023				2,05	3,45	0,59			
14/8/2023				1,07	3,45	0,31			
18/8/2023	Fase de Desarrollo	45	70	1,99	3,45	0,58			
21/8/2023				1,89	3,45	0,55			
24/8/2023				1,01	3,45	0,29			
28/8/2023				1,90	3,45	0,55			
31/8/2023				2,01	3,45	0,58			
4/9/2023				2,15	3,45	0,62			
7/9/2023				1,98	3,45	0,57			
11/9/2023				3,56	4,18	0,85			
14/9/2023				3,83	4,18	0,92			
18/9/2023				4,01	4,18	0,96			
21/9/2023				4,1	4,18	0,98			
25/9/2023	Fase Media	50	110	4,15	4,18	0,99			
28/9/2023				3,85	4,18	0,92			
2/10/2023				4,2	4,18	1,00			
5/10/2023				3,77	4,18	0,90			
9/10/2023				3,3	4,18	0,79			

12/10/2023				3,7	4,18	0,89
16/10/2023				3,65	4,18	0,87
20/10/2023				3,43	4,18	0,82
23/10/2023				3,63	4,18	0,87
27/10/2023				3,56	4,18	0,85
<hr/>						
30/10/2023				1,83	2,46	0,74
2/11/2023				1,78	2,46	0,72
6/11/2023	Fase Final	20	120	1,81	2,46	0,74
9/11/2023				1,74	2,46	0,71
13/11/2023				1,73	2,46	0,70
16/11/2023				1,72	2,46	0,70



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: Paul Alejandro Navarrete Martínez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Recursos Naturales
Carrera: Agronomía
Título a optar: Ingeniero Agrónomo
 Ing. Cristian Santiago Tapia Ramírez Msc. Director del Trabajo de Integración Curricular  Ing. Daniel Arturo Román Robalino Msc. Asesor del Trabajo de Integración Curricular