



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: MEDIO AMBIENTE

INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN MEDIO
AMBIENTE**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE
PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA ESPAM MFL**

AUTORAS:

PATRICIA SORAYA BARREIRO MOREIRA

ELISA VIRGILIA CHEME CLEVEL

TUTOR:

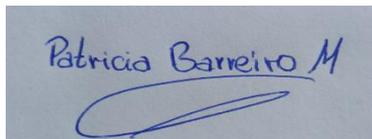
ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, M. Sc.

CALCETA, OCTUBRE 2022

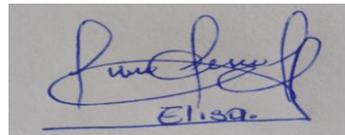
DERECHOS DE AUTORÍA

PATRICIA SORAYA BARREIRO MOREIRA y **ELISA VIRGILIA CHEME CLEVEL**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature reads "Patricia Barreiro M" with a large, stylized flourish underneath.

Patricia Soraya Barreiro Moreira

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is highly stylized and reads "Elisa" at the bottom.

Elisa Virgilia Cheme Clevel

CERTIFICACIÓN DE TUTOR

ING. JOSÉ MIGUEL GILER MOLINA, M. Sc., certifica haber tutelado el proyecto **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollado por **PATRICIA SORAYA BARREIRO MOREIRA** y **ELISA VIRGILIA CHEME CLEVEL**, previa la obtención del título de **Ingeniera en Medio Ambiente**, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. José Miguel Giler Molina, M.Sc.

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA ESPAM MFL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **PATRICIA SORAYA BARREIRO MOREIRA** y **ELISA VIRGILIA CHEME CLEVEL**, previo a la obtención del título de **Ingeniera en Medio Ambiente**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Francisco Velásquez Intriago, D. Sc.

PRESIDENTE

Ing. Laura G. Mendoza Cedeño, M.Sc.

MIEMBRO

Ing. José M. Calderón Pincay, M.Sc.

MIEMBRO

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, así como a nuestros docentes que nos dieron la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día,

A nuestro extutor Qf. Patricio Noles (+), por guiarnos con su conocimiento y experiencia, también a los miembros de nuestro tribunal de Investigación por su visión crítica, especialmente al Ing. Francisco Velázquez por ser uno de nuestros principales guías en este proyecto,

Al Ing. José Miguel Giler Molina por su infinito apoyo en nuestro proyecto de grado,

Al Ing. Víctor Zambrano por ser parte constante y un guía más para nosotras por su dedicación y tiempo brindado, y

Al técnico Alfredo Pinargote por colaborarnos en todo momento en el trabajo de campo, ya que fue de mucho apoyo.

Patricia Soraya Barreiro Moreira

Elisa Virgilia Cheme Clevel

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados,

A mis padres José Barreiro y Ángela Moreira, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy; ha sido un orgullo y un privilegio ser su hija, son los mejores padres,

A mis hermanas(os) Betty, Cecilia, Antonia y Hernán Barreiro Moreira por estar siempre presentes, acompañándome incondicionalmente en esta etapa de mi vida, y

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Patricia Soraya Barreiro Moreira

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la fe de nunca rendirme,

A mis padres Ramón Cheme y Serena Clevel, por ser el pilar y mi fortaleza y por ponerme un alto en todo momento por apoyarme y siempre creer en mí,

A mis hermanos Pitágoras, Ramón y Rubén Cheme Clevel que de una u otra manera me aconsejaban,

A mi prima Dayana Cheme y Darío Hernández, Yosua Garces que siempre estuvieron presente con un mensaje una llamada diciéndome que no me rinda que después de los sacrificios llegan las recompensas,

A mis sobrinos Bryan Zambrano, Moisés Cheme, Noa Cheme que con sus cartitas me animaban a levantarme con muchas fuerzas de seguir luchando, y

En especial a mi mejor amiga Gabriela Mieleles que antes de partir con papito Dios me dijo que nunca me dé por vencida, que siempre iba a estar conmigo y que donde ella estuviera siempre creería en mí.

Elisa Virgilia Cheme Clevel

CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUDITORÍA	ii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
CONTENIDO GENERAL	viii
CONTENIDO DE TABLAS	xi
CONTENIDO DE FIGURAS	xi
CONTENIDO DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
PALABRAS CLAVE	xiv
ABSTRACT	xv
KEY WORDS	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.1.	4CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO
	5
2.1. HUELLA HÍDRICA (HH)	5
2.1.1. EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA	5
2.1.2. COMPONENTES DE LA HUELLA HÍDRICA	6
2.1.3. UTILIDAD DE LA CUANTIFICACIÓN DE LA HH EN SISTEMAS AGRÍCOLAS	6
2.2. PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE HUELLA DE UN PRODUCTO AGRÍCOLA	7
2.2.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA	7
2.2.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA	7
2.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y QUÍMICA DE SUELOS	8

2.3. HUELLA HÍDRICA VERDE	8
2.3.1. AGUA DE PRECIPITACIÓN O AGUA VERDE	9
2.3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN	9
2.3.3. MEDICIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO	10
2.3.4. CÁLCULO DEL USO DEL AGUA DEL CULTIVO (UAC)	11
2.4. SISTEMA DE RIEGO	11
2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO	12
2.4.2. TIPOS DE RIEGO	12
2.5. CROPWAT 8.0	16
2.5.1. CROPWAT 8.0 PARA CUANTIFICACIÓN DE HH VERDE	17
2.5.2. CARACTERÍSTICAS	18
2.6. PRUEBA DE LA BOTELLA IDENT. TEXTURAL DEL SUELO	19
2.7. TRIÁNGULO TEXTURAL	20
2.8. PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>)	21
2.8.1. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS	22
2.8.2. TÉCNICAS DE CULTIVO	23
2.8.3. PODA	24
2.8.4. POLINIZACIÓN	25
2.8.5. FERTILIZACIÓN	25
2.8.6. COSECHA Y POSTCOSECHA	25
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	26
3.1. UBICACIÓN	26
3.2. DURACIÓN	26
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	27
3.3.1. MÉTODOS	27
3.3.2. TÉCNICAS	27
3.3.2.2. SOFTWARE DE RIEGO CROPWAT 8.0	27
3.4. VARIABLES DE ESTUDIO	28
3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	28
3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE	28
3.5. PROCEDIMIENTOS	28
3.5.1. FASE I. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO AGROPRODUCTIVO DEL CULTIVO DE PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN CIIDEA	28

3.5.2. FASE II. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN PERIODO DE ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN CIIDEA	29
3.5.3. FASE III. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL AGUA EN CULTIVO DE PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN CIIDEA	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO AGROPRODUCTIVO DEL CULTIVO DE PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN CIIDEA	32
4.2. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN CULTIVOS DE PITAHAYA VERDE (<i>Hylocereus undatus</i>) EN PERIODO DE ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN CIIDEA	47
4.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL AGUA EN CULTIVO DE PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN CIIDEA	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. CONCLUSIONES	61
5.2. RECOMENDACIONES	61

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 3.1. Capacitación de manejo sostenible del recurso hídrico en cultivo	30
Tabla 4.1. Taxonomía de pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).	42
Tabla 4.2. Descripción de la composición física y química de la pitahaya.	43
Tabla 4.3. Características climáticas y edafológicas para el cultivo pitahaya.	45
Tabla 4.4. Actividades productivas del cultivo de pitahaya.	45
Tabla 4.5. Tabla de datos meteorológicos.	47
Tabla 4.6. Matriz de riego diario y semana de la época seca.	50
Tabla 4.7. Matriz de riego anual para época seca.	50
Tabla 4.8. Matriz de riego anual para la época lluviosa.	51
Tabla 4.9. Humedad aprovechable en función de la textura.	55

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 2.1. Fases de la evaluación de la Huella Hídrica.	6
Figura 2.2. Componentes de la Huella Hídrica.	6
Figura 2.3. CropWat 8.0.	17
Figura 2.4. Triángulo textural para identificación de suelo.	21
Figura 2.5. Pitahaya (<i>Hylocereus undatus</i>).	22
Figura 3.1. Mapa de ubicación del sitio de estudio..	27
Figura 4.1. Topografía del área de investigación.	32
Figura 4.2. Importancia del agua.	33
Figura 4.3. Significado de huella hídrica.	34
Figura 4.4. Tipos de huella hídrica.	35
Figura 4.5. Riego que utiliza el cultivo de pitahaya.	36
Figura 4.6. Consumo de agua en el cultivo de pitahaya.	37
Figura 4.7. Desperdicio de agua en el cultivo de pitahaya.	38
Figura 4.8. Taller para mejorar el modo y uso del recurso hídrico del cultivo.	39
Figura 4.9. Cálculo de la evapotranspiración potencial para el cultivo.	52
Figura 4.10. Cálculo de precipitación efectiva.	52
Figura 4.11. Información general del cultivo.	53
Figura 4.12. Información general del suelo.	53
Figura 4.13. Requerimiento de Agua del Cultivo.	54
Figura 4.14. Portada del Manual de operación óptimo para el riego de cultivo.	60

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la huella hídrica verde en cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a través de un análisis comparativo en condiciones de época seca y lluviosa en el área de CIIDEA de la ESPAM MFL. Para cumplir con este objetivo se caracterizó el entorno agroproductivo del cultivo de *Hylocereus undatus*. Posteriormente, se calculó la huella hídrica verde del cultivo en periodo de época seca y lluviosa, y se propuso alternativas para la gestión óptima del agua. Los métodos utilizados fueron el método teórico bibliográfico y el hipotético deductivo. Las técnicas aplicadas fueron la encuesta y el software de riego CropWat 8.0. Los resultados muestran que la zona de estudio cuenta con un área de 609,5 m² en el cual se hallan sembradas 80 *Hylocereus undatus* en un suelo franco-arenoso, con un sistema de riego por goteo que provee de agua proveniente del río Carrizal que arrojó un gasto en la época seca de 8,26 m³ mientras que en la época lluviosa arrojó un valor de 89,92 m³, posteriormente se calculó la huella hídrica verde y se reflejó en el época seca un valor de 24,58 m³/ton, mientras que, en la época lluviosa fue de 267,62 m³/ton. Por lo que, el Manual de Riego del cultivo de *Hylocereus undatus* permitirá una gestión óptima del agua, ya que evitará el consumo innecesario del agua en este tipo de cultivo.

PALABRAS CLAVE

Hylocereus undatus, huella hídrica verde, CIIDEA, gestión hídrica.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the green water footprint in pitahaya (*Hylocereus undatus*) cultivation through a comparative analysis under dry and rainy season conditions in the CIIDEA area of the ESPAM MFL. To meet this objective, the agroproductive environment of the *Hylocereus undatus* crop was characterized. Subsequently, the green water footprint of the crop in dry and rainy seasons was calculated, and alternatives for optimal water management were proposed. The methods used were the theoretical bibliographic method and the hypothetical deductive method. The applied techniques were the survey and the CropWat 8.0 irrigation software. The results show that the study area has an area of 609.5 m² in which 80 *Hylocereus undatus* are planted in a sandy loam soil, with a drip irrigation system that provides water from the Carrizal River that threw an expense in the dry season of 8.26 m³ while in the rainy season it yielded a value of 89.92 m³, later the green water footprint was calculated and a value of 24.58 m³/ton was reflected in the dry season, while, in the rainy season it was 267.62 m³/ton. Therefore, the *Hylocereus undatus* Crop Irrigation Manual will allow optimal water management, since it will avoid unnecessary water consumption in this type of crop.

KEY WORDS

Hylocereus undatus, water footprint, CIIDEA, water management.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El uso intensivo de agua ha generado conflictos a nivel global y externalidades negativas para el ecosistema e impactos negativos en los recursos, uno de los mayores desafíos en el mundo es la sustentabilidad de los recursos hídricos debido al inexorable aumento en la demanda de consumo para satisfacer las necesidades de las personas; de acuerdo a Novoa *et al.* (2016) a nivel mundial el 70% del agua dulce es destinada para el uso agrícola, el 22% para uso industrial y un 8% para uso domésticos.

De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible [PNUD] (2020) a nivel mundial, el estrés hídrico se mantiene en un 17% lo cual se considera un punto seguro, pero este puede tener variaciones regionales. Los países en vías de desarrollo como África y Asia, en donde su economía depende mayormente de la agricultura, el uso del agua asciende a un 82%, mientras que en Latinoamérica en un 48,2% y el continente europeo está por el alrededor del 25% según investigaciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2016).

América Latina y el Caribe (LAC) poseen una extensión de 12929 km³ de recurso hídrico, pero solamente el 23% es adecuado para el riego agrícola. Esta región contribuye con el 11% de producción de alimentos a nivel mundial y cuenta con el 24% de tierras cultivables (Beekman, 2015). La agricultura convencional ha logrado avances en la gestión de este recurso, sin embargo, esta actividad demanda gran uso de agua tanto como atmosférica y de la humedad del suelo, siendo necesario incluir todos los componentes del ciclo biológico del agua (Novoa *et al.*, 2016).

De acuerdo a lo expuesto por Jiménez (2017) Ecuador cuenta con un volumen total de recursos hídricos de aproximadamente 375 km³. Hace una década, el consumo de agua en Ecuador fue de 15,80 km³, donde el sector agrícola ocupa un volumen de 13,05 Km³ que viene siendo un 82,6% del uso para el riego. Entre las provincias del país con unidades agrícolas de mayor superficie, según la

información del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) se encuentran Manabí con 15,8%, Guayas con 11,2%, Loja con 7,6%, Los Ríos con 7,3% y Esmeraldas con 7,1%, etc (Palacios, 2019).

Manabí, sufre déficit de balance hídrico por largos periodos en el año superior a 1000 mm y puede disminuir progresivamente hasta desaparecer en la zona húmeda tropical (Duque , 2018) Los cantones como Rocafuerte, Portoviejo, Manta, Jaramijó, Montecristi, San Vicente, Sucre y Puerto López son considerados zonas de amenaza por la sequía, convirtiéndose en un problema para el sector agrícola (Cantos, 2018), lo cual conlleva a abastecerse de las cuencas principales que se encuentra en las zonas altas de la región, lo que ocasiona gastos económicos muy elevados.

La provincia cuenta con un total de 15 cantones que poseen sembríos de pitahaya con una extensión de 225 hectáreas en total, el cantón Rocafuerte es el referente de la producción con 90 hectáreas. La cantidad de exportación y su frontera de siembra se ha incrementado debido a la acogida en las exportaciones a nivel internacional para el uso industrial y comestible debido al mejoramiento paulatino de las técnicas de sanidad vegetal (Dífilo, 2017). Por lo anterior mencionado, la pitahaya es una fruta introducida en el país, por tal razón, existe desconocimiento acerca de los impactos ambientales que produce este sector productivo.

Con base a los antecedentes expuestos, se plantea la siguiente interrogante de investigación: ¿Cuál es la huella hídrica verde en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en CIIDEA durante la época seca y lluviosa?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El propósito de este estudio es, mediante la conceptualización del indicador de huella hídrica verde, ayudar a fortalecer al sector agrícola, frente al tema de un adecuado riego en cultivo de pitahaya, el cual se identifica como motor fundamental el ahorro de agua en el cultivo. Los indicadores de regulación y control permiten establecer políticas y acciones para optimizar el consumo de agua, mediado por el desarrollo de nuevas tecnologías con énfasis a la mejora de la producción y disminución de los impactos medioambientales. De acuerdo

al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (2020) en el Objetivo 6 del Desarrollo Sostenible, se garantiza la disponibilidad y gestión sostenible del agua, e indica que mejorar la eficiencia del uso del agua aumenta la productividad en la agricultura.

En Ecuador el Plan de Desarrollo Toda una Vida 2017-2021, en su objetivo 3 garantizar los derechos de la naturaleza para la actuales y futuras generaciones, bajo este lineamiento se destina proteger las fuentes hídricas y además consolida el enfoque de gestión integrada de este recurso, el desarrollo de mecanismos de compensación y la declaración de áreas de protección hídrica (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES] 2017).

Además, en el Objetivo 6 promueve al desarrollo de las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el buen vivir rural e impulsar a la producción de alimentos suficientes y saludables que integren los distintos sistemas productivos y respeten las áreas bajo los sistemas de protección, apoyados en la premisa de no agotar los recursos naturales productivos como suelo y agua.

El Ministerio del Ambiente, pretende desarrollar e implementar iniciativas y acciones que conlleve a mejorar el uso, manejo y conservación del agua y el suelo, para combatir la desertificación, degradación, mitigación de la sequía y adaptación al cambio climático, a través del desarrollo con enfoque de equidad de género e interculturalidad en las provincias afectadas por este fenómeno a nivel nacional (Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE] 2014).

Por lo anterior, la presente investigación se justifica con la finalidad de conocer el gasto hídrico de los sistemas de riego en cultivos de pitahaya, en el cual durante años se ha visto la necesidad de implementar medidas de regulación del recurso hídrico en zonas productivas y por lo tanto se sobrelleva a la evaluación de la huella hídrica verde como un indicador multisectorial y de gestión de la demanda de este recurso en los sectores productores de pitahaya en época seca y lluviosa a través de un análisis comparativo, con el fin de proponer alternativas para una adecuada gestión del recurso hídrico de esta zona.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la huella hídrica verde en cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a través de un análisis comparativo en condiciones de época seca y lluviosa en el área de CIIDEA de la ESPAM MFL.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el entorno agroproductivo del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).
- Calcular la huella hídrica verde en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en periodo de época seca y lluviosa.
- Proponer alternativas para la gestión óptima del agua en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

1.1. IDEA A DEFENDER

La huella hídrica verde en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en CIIDEA, sobrepasa el valor óptimo de consumo de agua.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. HUELLA HÍDRICA (HH)

La huella hídrica es un indicador esencial en el cálculo de la sostenibilidad del uso de agua concretamente, la Water FootPrint Network, considera la huella hídrica como un indicador global de la apropiación de los recursos de agua dulce así, la huella hídrica de un producto se define como el volumen de agua consumido tanto de forma directa como indirecta para su consumidor o productor (Cilveti, 2015).

El interés en la huella hídrica surge de la comprensión de que los impactos humanos en los sistemas de agua pueden vincularse en última instancia al consumo humano, y que problemas como la escasez de agua o la contaminación se pueden comprender y abordar mejor al considerar la producción y toda la cadena de distribución (Seguí *et al.*, 2016).

2.1.1. EVALUACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA

Una evaluación de la huella hídrica se ve como una herramienta analítica que tiene como objetivo ayudar a comprender cómo las actividades y los productos se relacionan con la escasez de agua y los problemas de contaminación y sus impactos, y cuando se usa, permite tomar medidas para garantizar que las actividades y los productos sean de uso sostenible, además de identificar etapas en las que se puede reducir el consumo de agua (Ivanova, 2013).

Al evaluar una huella hídrica, primero es necesario definir claramente los objetivos y en qué parte del proceso de producción realizar la evaluación, y luego recopilar los datos necesarios y se cuantifica la HH, seguida de un análisis de sostenibilidad desde una perspectiva ambiental, social y económica, que culmina en estrategias para mejorar el uso del agua. (Echeverri, 2014).

Las fases de la evaluación de la huella hídrica según WFN son las que se detallan en la figura 2.1.

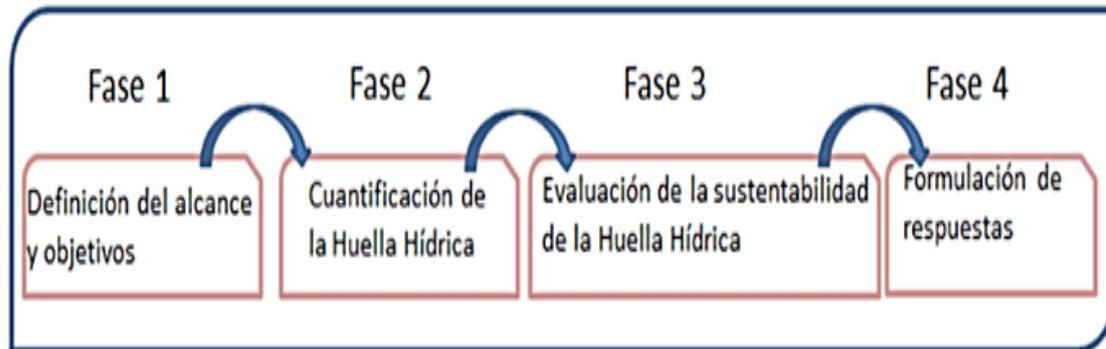


Figura 2.1. Fases de la evaluación de la Huella Hídrica.
Fuente: Tomado de Hibert, 2014.

2.1.2. COMPONENTES DE LA HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica posee tres mecanismos: verde, azul y gris. Juntos, estos componentes brindan una imagen completa del uso del agua al delinear la fuente de agua consumida, ya sea como lluvia, humedad del suelo o agua superficial, subterránea y la cantidad de agua dulce necesaria para absorber los contaminantes. En este caso la de uso agrícola es la huella verde (Arévalo *et al.*, 2012).

$$\text{HUELLA HÍDRICA} = HH_{\text{verde}} + HH_{\text{azul}} + HH_{\text{gris}}$$



Figura 2.2. Componentes de la Huella Hídrica.
Fuente: Tomado de la Universidad del Salvador, 2015.

2.1.3. UTILIDAD DE LA CUANTIFICACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN SISTEMAS AGRÍCOLAS

Castilla *et al.* (2014) mencionan que es importante desarrollar e implementar un método adecuado de medición directa en sitio de genere información de todos los procesos relacionados con la adquisición del producto, donde en algunos casos es aún más útil para evaluar la huella hídrica de un producto específico como:

Cuantificar el uso y consumo de agua.

- Generar conciencia de dónde y cómo se utiliza el recurso hídrico.
- Identificar los riesgos potenciales a los que se enfrenta un sistema productivo bajo un escenario de déficit hídrico.
- Tomar mejores decisiones sobre cómo manejar el recurso hídrico y gestionar procesos.
- Participar en políticas locales y nacionales de sostenibilidad ambiental y productiva que permitan reglamentar acciones concretas para su ahorro.

2.2. PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE HUELLA DE UN PRODUCTO AGRÍCOLA

2.2.1. DELIMITACIÓN DEL ÁREA PRODUCTIVA

La delimitación del área productiva es importante a la hora de hacer mediciones directas de huella hídrica verde, ya que, si se desea calcular el consumo de agua por unidad producida, es necesario llevar los datos a términos de hectárea y luego a rendimiento por hectárea (Jaramillo, 2015). Los caudales de agua de riego deben ser asignados a un área específica de riego para poder calcular las láminas aplicadas. De igual forma, el área de la zona de cultivo es necesaria para calcular la cantidad de efluentes por hectárea y unidad producida (Romero *et al.*, 2016).

2.2.2. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA

Los registros diarios de una estación climática de influencia en la zona son de gran importancia, ya que permiten conocer la distribución de las lluvias en la región a lo largo de un año para así poder determinar las épocas más apropiadas para recolectar información relacionada con el uso del agua (Romero *et al.*, 2016).

2.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICA Y QUÍMICA DE SUELOS

En los sistemas agropecuarios, el suelo es el soporte base del esquema productivo, ya que funciona como receptor del ingreso de agua, sistema de almacenamiento y punto de transferencia de agua a la planta y la atmósfera, dependiendo de sus propiedades físicas determinan la cantidad de agua que

puede ser retenida para consumo por las plantas y la cantidad lámina que atraviesa el perfil y sale del sistema (Estrada, 2017). La aplicación de abonos y enmiendas y su interacción con las propiedades físicas y químicas va a definir el impacto potencial sobre cuerpos de agua superficiales y profundos en el suelo (Romero *et al.*, 2016).

2.3. HUELLA HÍDRICA VERDE

La huella hídrica verde es el agua producida por la precipitación, depositada por las raíces en la zona fangosa y evaporada, fluyendo a través de las plantas, este hecho es particularmente relevante para los productos agrícolas (Álvarez *et al.*, 2016), donde se refiere al total de la evapotranspiración del agua de lluvia de campos y plantaciones ya que el consumo de agua verde dentro del sector agrícola también puede ser evaluado mediante un conjunto de fórmulas empíricas o con un modelo adecuado de cultivo lo que nos permite estimar la evapotranspiración en base a los datos de entrada sobre el clima, el suelo y estudiar las características del cultivo (Rendón, 2015).

Según Hoekstra *et al.* (2011) la huella hídrica verde se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$Huella\ Hídrica\ (verde) = \frac{UAC(verde)}{Y} \frac{[m^3}{ton]} \quad [2.1]$$

Donde,

UAC _(verde): Uso de Agua verde del Cultivo, expresado en m³/ton.

Y: Rendimiento del cultivo, expresado en ton/ha.

2.3.1. AGUA DE PRECIPITACIÓN O AGUA VERDE

Para determinar la cantidad, se hace necesario contar con un pluviómetro que registre diariamente los valores lámina de agua lluvia, existen diferentes opciones para su registro, que van desde pluviómetros de medición manual, pluviómetros automáticos, hasta estaciones climáticas completas con transmisión de datos, se puede usar información de una estación climática

cercana que refleje las condiciones de la zona, para obtener los valores de precipitación en m^3/ha (Arévalo *et al.*, 2012).

2.3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN

Según Sánchez *et al.* (2015) la evapotranspiración (ET) se define como el proceso combinado de pérdida de vapor de agua por transpiración desde las hojas de las plantas más el agua que se pierde desde la superficie del suelo por evaporación dada la complejidad de los factores involucrados en el proceso de evapotranspiración, su medición no es fácil. Sin embargo, a la hora de cuantificación de huella hídrica verde, son recomendados ya que arrojan mediciones reales de condiciones diarias donde la interacción entre los diferentes factores determinantes de la evapotranspiración es compleja y puede llegar a diferir de las estimaciones de ET obtenidas con métodos indirectos (Zema, 2018) El consumo de agua por evapotranspiración puede ser determinado mediante cuatro protocolos principales:

- Medición de la tasa de evapotranspiración del cultivo, mediante el uso de un tanque evaporímetro para medir la evapotranspiración de referencia y su multiplicación por el coeficiente del cultivo.
- Medición de la tasa de evapotranspiración real del cultivo mediante el uso de lisímetros.
- Cálculo por medio de balance hídrico a través del uso de sensores de humedad, caracterización física de suelos, y balance de entradas y salidas de agua.
- Estimación con modelos con base en parámetros de clima, suelo y cultivo.

2.3.3. MEDICIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO

La evapotranspiración del cultivo se puede obtener mediante métodos de medición indirecta, como el uso del tanque evaporímetro. Las lecturas se hacen diariamente, registrando el nivel de la lámina de agua mediante el uso de un tornillo micrométrico que presenta el valor de lámina evaporada en décimas de milímetro, por lo tanto, las lecturas se deben realizar cerca de las 7 am, donde la diferencia entre la medición del día actual y el día anterior representa la lámina

de agua evaporada en el transcurso de las últimas 24 horas (Arévalo *et al.*, 2012).

Romero *et al.* (2016) mencionan que una vez se obtiene el valor de EV registrado en el tanque evaporímetro, se calcula la evapotranspiración de referencia (ET_0), que es el consumo de agua de un cultivo hipotético en crecimiento activo de 8–15 cm de altura uniforme, que cubre toda la superficie del suelo y donde solo el clima determina la evapotranspiración. Esto a partir de la relación:

$$ET_0 = EV * K_t \quad [2.2]$$

Se debe tener en cuenta el coeficiente de tanque (K_t), el cual es un valor que depende de las condiciones de viento y humedad relativa prevalecientes. En promedio es de 0,70; es decir que la ET_0 es aproximadamente el 70% de la EV en una superficie libre de agua.

De igual manera, la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se obtiene de la ET_0 a partir de la relación:

$$ET_c = ET_0 * K_c \quad [2.3]$$

El coeficiente del cultivo (K_c) integra los efectos de las características que distinguen a un sistema de referencia de un cultivo típico de campo. Por lo tanto, diferentes cultivos tendrán diferentes valores de coeficiente de rendimiento. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento afectarán el valor de K_c .

2.3.4. CÁLCULO DEL USO DEL AGUA DEL CULTIVO (UAC)

Según Hoekstra *et al.* (2011) para la cuantificación de la HH verde de cualquiera de las especies consideradas, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$HH \text{ Verde (6)} = CWU_{\text{Verde}} * \text{Superficie Áreas Verdes} \quad [2.4]$$

Dónde,

- Es un uso cuantitativo cubierto de aguas pluviales. Área verde (ha), cobertura cuantitativa.
- La superficie de áreas verdes (ha), de la cobertura cuantificada.

Se refiere al agua “verde” requerida para la evaporación del cultivo en condiciones óptimas de crecimiento. Éste se calcula mediante la ecuación:

$$CWU(verde) = 10 * \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET (verde) \quad [2.5]$$

Dónde:

- CWUverde, es el componente verde del uso del agua de las plantas, es decir, el uso del agua de lluvia por parte de las plantas. Lgp, se refiere a la longitud del tiempo evaluado en días, es decir, si se cuantifica un mes, entonces lgp será 30 días promedio.
- ET_{verde} , es la evapotranspiración del agua verde, agua de lluvia, y está definida por la siguiente relación:

$$ET_{verde} = \min (ET_c y P_{eff}) \quad [2.6]$$

Dónde,

- ET_c , evapotranspiración verde acumulada en base a P_{eff}
- P_{eff} , se refiere a la precipitación pluvial efectiva.

2.4. SISTEMA DE RIEGO

Los sistemas de riego ofrecen una serie de ventajas para racionalizar el agua disponible. Cualquier sistema de riego debe pasar por un estudio previo para determinar si es el más adecuado, desde el tipo de vegetación hasta cómo se distribuye el agua, Instrumentos de control de riego para un mejor rendimiento: programadores, higrómetros, detectores de lluvia, deben distribuirse en función de la orografía, las capacidades hídricas del suelo, las plantaciones (Zúñiga *et al.*, 2014).

Los sistemas de riego son diversos y se encuentran en permanente revisión, ya que es una nueva tecnología que se ha ido desarrollando junto con la sociedad y para el bienestar las zonas verdes ya que han pasado de ser un lujo a una necesidad y el riego es la actividad más importante para mantenerlas (Espinosa *et al.*, 2011).

El propósito del Plan Nacional de Riego de Ecuador es ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia del riego, mediante el fortalecimiento de las organizaciones de regantes para garantizar la calidad y cantidad de agua para riego, y así ejercer la rectoría, planificación, regulación; y seguimiento de la gestión integral del riego y drenaje a nivel nacional, a la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) y al Ministerio del Ambiente (MAE) les compete la emisión de la normativa que asegure la calidad del agua para riego, además de vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental al MAE el licenciamiento ambiental de proyectos (MAG, 2015).

2.4.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE RIEGO

Ahorran agua dependiendo del tipo de sistema, control adecuado, reducen problemas de obstrucción, logran una resistencia al transporte, riego uniforme, tanto en superficie o enterrado, riego por gravedad, ahorro de energía, y bajo coste de mano de obra por la automatización (Cadena, 2014) este sistema también es utilizado para otras áreas como el diseño ambiental, construcción o ingeniería ecológica, entre otros (Cerana, 2011).

2.4.2. TIPOS DE RIEGO

2.4.2.1. ASPERSIÓN

Guzmán (2013) dice que el los sistemas de aspersion son uno de los muchos métodos de riego de cultivos disponibles en la actualidad, los cuales consisten en la aplicación de agua que simula el agua de lluvia, es decir, a través de un chorro de agua que se pulveriza en forma de gotas. El mecanismo funciona a través de una red de tuberías que alimentan los rociadores, usando presión para rociar agua, el riego en sí es alimentado por un sistema de bombeo.

Flórez *et al.* (2013) expresa que la fuerza con la que este tipo de riego expulsa el agua se mide en presión por centímetro cuadrado:

- Baja presión: el alcance es de unos 12 metros y el peso máximo por centímetro cuadrado es de 1,5 kg

- Presión media: En este caso, el rango de presión es de 1,5 a 4,5. La distancia se ha aumentado a 25 metros.
- Presión alta: este tipo de aspersor puede alcanzar hasta 60 metros, para este propósito la presión es de más de 4,5 kg por centímetro cuadrado.

Ventajas del riego por aspersión:

- La potencia y la orientación se pueden ajustar, lo que proporciona más precisión y cubre un área de riego más grande.
- Esto, junto con la baja presión del agua, contribuye a que las plantas no se dañen.
- Representa el ahorro de agua frente a otros tipos.

Desventajas del riego por aspersión:

- Aunque el consumo de agua es menor que con el riego por surcos y otros métodos, es mayor que con el riego por goteo.
- La humedad resultante y la alta temperatura no solo en las raíces, sino también en otras partes de la planta pueden provocar la aparición de hongos o enfermedades.
- Esto requiere una evaluación importante de la ubicación de los aspersores, ya que una ubicación incorrecta puede resultar en riego excesivo o insuficiente en ciertas áreas.

2.4.2.2. MICROASPERSIÓN

Torrealba (2010) menciona que los micro aspersores están destinados a suministrar el riego mediante gotas muy finas, poseen un deflector giratorio, denominado rotor o bailarina que ayuda a ofrecer un mayor diámetro de cobertura, menos lluvia que los difusores, mayor tamaño de gota y mejor distribución del agua (especialmente en términos de distribución uniforme) cada tipo de micro aspersor tiene varios tipos de rotores (bailarines).

Según Mendoza *et al.* (2010) las características y ventajas del sistema de riego por microaspersión son las siguientes:

- El área de humectación cubierta por cada microaspersión es pequeña pero uniforme
- Los componentes de un sistema tradicional de microaspersión son pequeños y económicos.
- La instalación de los sistemas de riego suele ser fija, lo que mejora la eficiencia del riego.
- El sistema de riego por microaspersión requiere un pequeño caudal y es adecuado para riego de hortalizas, plantas aromáticas y plantas ornamentales.
- A diferencia de los sistemas de riego tradicionales, los costes de funcionamiento se reducen y se adapta a cualquier terreno y suelo.

Ventajas de riego por microaspersión:

- Mayor uniformidad de riego más que en goteo.
- Mayor facilidad de inspección para corregir problemas.
- Los microaspersores son mucho menos propensos a las obstrucciones que los goteros debido al mayor diámetro de paso y a la más alta velocidad de agua.
- Ahorra electricidad.
- Control visual.
- Control de microclimas.
- Ahorro de agua.
- El patrón de humedad se ajusta al desarrollo de la planta, área humedecida bajo control.
- Control de malezas.
- Sistema fijo.

2.4.2.3. GOTEO

El riego por goteo es un método de riego que optimiza el suministro de agua y fertilizantes en un sistema agrícola de áreas áridas, el agua aplicada se infiltra en el suelo irrigando directamente la zona de influencia radicular a través de un sistema de tuberías y emisores (Sammir, 2013).

Carrión *et al.* (2015) mencionan que se pueden adquirir tuberías que ya tienen incorporado el goteo en la propia tubería esto significa que será mucho más fiable, puesto que no hay que manipular la manguera para instalarle el gotero, además, los goteros que vienen instalados están perfectamente integrados, evitan obstrucciones mediante el drenaje de las impurezas y ofrecen varios caudales; se miden por litros distribuidos en una hora y hay varios rangos disponibles (las cifras del siguiente listado están expresadas en litros por hora): 0,5; 0,8; 1; 1,5; 2; 3; 4; 8.

Ventajas del riego por goteo:

- Automatización del sistema, lo que permite un mayor control y mayor libertad.
- Supone un menor consumo de agua que el resto de tipos de riego.
- Reduce la proliferación de malas hierbas y de plagas.

Desventajas del riego por goteo:

- Implica una importante inversión inicial, aunque a largo plazo es un sistema que resulta más económico y ecológico.
- Pueden producirse obstrucciones en los canales de riego y en los orificios de salida.
- Requiere una mayor preparación técnica, y no se puede labrar el terreno una vez instalado el sistema.

2.4.2.4. EXUDACIÓN

Zenaida (2015) expresa que para esta forma de riego se utiliza una manguera porosa de la que sale continuamente una pequeña cantidad de agua, que se reparte uniformemente y también pudre la tierra y el agua corre a lo largo de la manguera, que suele estar enterrada a unos 10 cm del suelo, por lo que queda escondida y también puede soltar agua cerca de las raíces de la planta. Las plantas lo necesitan más aquí, lo que significa que se usará menos agua porque las áreas requeridas ya están mojadas.

Ventajas del riego por exudación:

- Mayor eficiencia y facilidad de instalación.
- No encharca el terreno, y se puede usar con presiones bajas de agua
- Al estar enterrado, el material dura más.
- Si se cambia el cultivo no es necesario mover nada, puesto que la manguera exuda por toda su superficie.

Desventajas del riego por exudación:

- Trabaja con mejor presión, a veces se deben usar reguladores de presión limitados.
- La manguera de ventilación se obstruye fácilmente con algas o depósitos de sal y requiere mantenimiento.
- La instalación es una alta inversión inicial.

2.5. CROPWAT 8.0

CropWat 8.0 para Windows es un programa informático para el cálculo de las necesidades de agua de los cultivos y de las necesidades de irrigación basado en datos sobre el suelo, el clima y los cultivos, además permite elaborar programas de riego para diferentes condiciones de gestión y calcular el suministro de agua de los esquemas para los diferentes patrones CropWat 8.0, que también se puede utilizar para evaluar las prácticas de riego de los agricultores y estimar los rendimientos en condiciones de riego y seco (FAO, 2015).

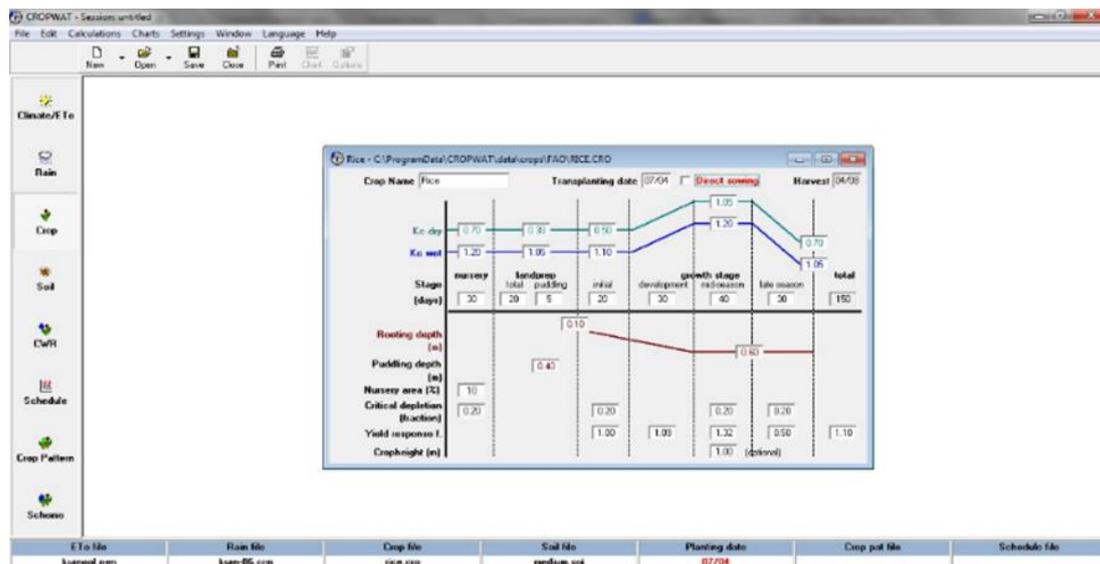


Figura 2.3. CropWat 8.0.

Fuente: Tomado de software de diseño de riego CropWat 8.0 de la FAO, 2020.

La HH Verde es cuantificada con los programas CropWat 8.0 y ClimWat de la FAO. CropWat 8.0 requiere datos extras que si no se los tiene se los puede obtener de su base de datos, el ClimWat es una base de datos desarrollada por la FAO, que contiene datos de precipitación, temperatura media, etc., que son datos necesarios para que CropWat 8.0 procese los datos de áreas verdes (FAO, 2015).

2.5.1. CROPWAT 8.0 PARA CUANTIFICACIÓN DE HH VERDE

De acuerdo al Manual para la evaluación de la Huella Hídrica verde (2014) menciona que el programa CropWat 8.0 que se utiliza para la cuantificación de HH Verde, es un programa informático desarrollado por la FAO para determinar el volumen de agua por los cultivos en distintos lugares del mundo, y utilizado por los investigadores de la WFN para la Para cuantificar inicialmente el HH verde, el programa requiere la entrada de datos climáticos, incluidas variables como temperatura mínima y máxima, humedad, precipitación y otras. Es importante indicar que, si no se tienen los datos de las estaciones locales, los valores pueden obtenerse del programa ClimWat, también de la FAO.

Luego solicita datos sobre el tipo de cultivo, los días en la etapa de crecimiento, la fecha de siembra, la fecha de cosecha, la profundidad de las raíces y más. Al igual que para el clima, CropWat 8.0 tiene una base de datos que se pueden utilizar para la cuantificación, sin embargo, se recomienda introducir datos

propios de las especies utilizadas en la cobertura de áreas verdes se debe incluir los datos del suelo, humedad disponible, tasa máxima de precipitación, etc. (Sánchez *et al.*, 2016).

2.5.2. CARACTERÍSTICAS

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura [UNESCO] (2014), CropWat 8.0 es un software para Windows que cuenta con múltiples características que incluyen entradas de datos climáticos en versión mensual para el cálculo de la ET_o , además de:

- Compatibilidad con versiones anteriores de tal manera que permite el uso de la información de la base de datos ClimWat.
- Posibilidad de estimar los datos climáticos en caso de no contar con los valores medidos.
- Cálculos diarios y a diez días de los requerimientos de agua del cultivo basados en algoritmos de cálculo actualizados incluido el ajuste de los valores del coeficiente de cultivos.
- Cálculo de las necesidades de agua de cultivos y la programación de riego para los cultivos y para arrozales.
- Programaciones de riego ajustables e interactivas con el usuario.
- Tablas de balances diarios de agua en el suelo.
- Fácil guardado y recuperación de sesiones y de las programaciones de riego definidas por el usuario.
- Presentaciones gráficas de los datos de entrada, requerimientos de agua de los cultivos y programaciones de riego.
- Sencilla importación/exportación de datos y gráficos a través del portapapeles o de archivos de texto.
- Rutinas de impresión extensivas apropiadas para todas las impresoras basadas en Windows.

- Sistema de ayuda sensible al contexto.

2.6. DETERMINACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS.

Bazán (201) menciona que:

La textura del suelo es una propiedad física que se puede determinar al tacto en condiciones de campo. En el laboratorio, el análisis de distribución de tamaño de partículas puede cuantificar la distribución de arena, limo y arcilla. El análisis de sedimentación está disponible para fracciones de menos de 50 micrómetros de diámetro. Para partículas con diámetros mayores de 50 micras es recomendado usar un tamiz. En la investigación de asentamientos, la ley de Stokes y la teoría de asentamientos de Fisher-Oden tienen un gran valor de aplicación. Basándose en estos principios, Bouyoucos introdujo el uso de un hidrómetro para determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo. Un hidrómetro indica los gramos de sólidos en suspensión por litro de suspensión a una temperatura determinada, suponiendo una densidad de partículas de 2,65 g/ml y utilizando agua y reactivos añadidos como medio de suspensión para dispersar el suelo. Ley de Stokes y Teoría de liquidación de Fisher - Auden es ampliamente utilizado para estudiar sedimentos. Basándose en estos principios, Bouyoucos introdujo el uso de un hidrómetro para determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo. El hidrómetro indica gramos de sólidos suspendidos por litro de suspensión a una temperatura dada, suponiendo una densidad de partículas de 2,65 g/mL y usando agua como medio de suspensión y reactivos agregados para dispersar el suelo. Dado que la temperatura no es uniforme durante todo el proceso de sedimentación, el medio líquido no es agua pura, y la densidad de las partículas puede variar, se han establecido factores de corrección. El procedimiento para la determinación textural del suelo se puede resumir en tres etapas diferenciadas, la primera la remoción de los agentes cementantes y dispersión completa de la muestra de suelo en un medio que es de reacción alcalina, la segunda etapa la separación de la fracción arena de

acuerdo al sistema internacional o al del USDA por tamizado en húmedo y posterior secamiento y por último la determinación de la fracción limo y arcilla en la muestra dispersada mediante el método de la pipeta o el método del hidrómetro.

2.7. TRIÁNGULO TEXTURAL

Antes de empezar a cultivar es importante conocer el tipo de suelo ya que este determinará el buen desarrollo y crecimiento del cultivo identificando la textura, el color, el pH y la microbiología del suelo. Todos los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diferentes tamaños (Lozano, 2018) las más gruesas se denominan arenas, las medianas son los limos y las más pequeñas son las arcillas, estos están relacionados con la facilidad con la que se pueda trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retienen y la velocidad con que el agua se filtra en el suelo, depende también del contenido de materia orgánica presente, aspectos fundamentales que son básicos para la técnica y buenas prácticas del riego (Segarra, 2011).

Los suelos agrícolas son mezclas en capas de partículas de diferentes tamaños, es decir, arcilla con limo, arena fina o gruesa o incluso grava. Influye además en la capacidad de retención de contenido de materia orgánica, la cual, para zonas áridas, su contenido es bajo, menos del 2 %. Para identificar qué tipo de suelo es, se puede utilizar el triángulo textural, que consta con líneas trazadas en el triángulo (paralelas a los lados), fijan los límites porcentuales de cada componente (Arcilla, limo y arena) (Jiménez, 2019).

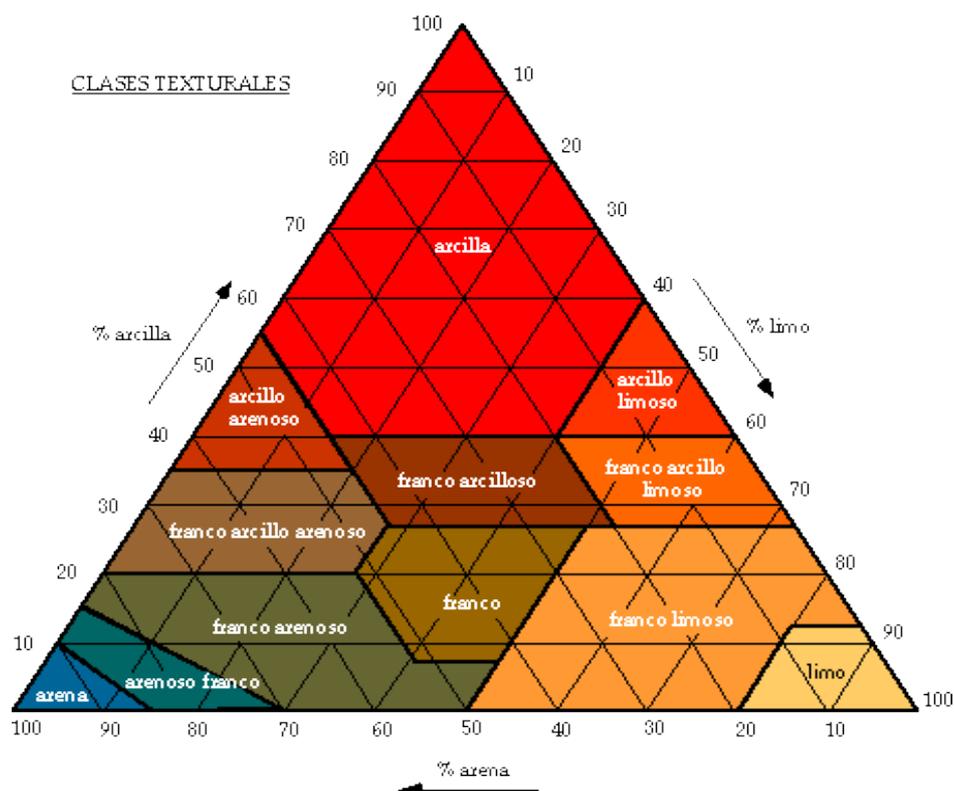


Figura 2.4. Triángulo textural para identificación de suelo.
Fuente: Tomado de USDA tomado de Jiménez, 2019.

2.8. PITAHAYA (*Hylocereus undatus*)

La pitahaya es una planta de cactus y, por lo tanto, es muy tolerante a la sequía y es un cactus exuberante y rústico con tallos triangulares cuyos tentáculos buscan constantemente sus rocas favoritas., halla tierra cercana o no; suele enredarse en los árboles próximos alimentándose de la humedad de sus cortezas y trepa a sus anchas por las ramas a ocho o diez metros del suelo sin penetrar un solo centímetro en tierra (Tamayo, 2010).

La formación del fruto desde la polinización hasta la recolección dura de cuatro a ocho meses dependiendo de las temperaturas existentes, el fruto es de forma ovoide con 10 cm de largo por 6 cm de ancho y suele presentar desde su nacimiento un color verde que se torna amarillo o rojo según el cultivo, a medida que se desarrolla, su principal característica es piel escamosa de donde surgió su nombre "pitahaya" que en haitiano quiere decir fruta escamosa, dicha corteza presenta grupos de espinas duras y agudas que se despegan con facilidad, conviniendo ser quitadas cuidadosamente antes de cosechar el fruto y evitar pinchazos (Ibarra *et al.*, 2011).



Figura 2.5. Pitahaya (*Hylocereus undatus*).
Fuente: Tomado de García, 2018.

2.8.1. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

López (2016) menciona que los requerimientos edafoclimáticos de la Pitahaya son:

2.8.1.1. TEMPERATURA

A la pitahaya le gusta un clima cálido subtropical, pero también puede desarrollarse plenamente en un clima seco. La temperatura óptima para el desarrollo de la planta es de unos 16-25°C, y no es resistente a las bajas temperaturas. Por otro lado, las temperaturas superiores a los 38°C pueden originar daños por quemaduras (Parra, 2019).

2.8.1.2. LUZ

El cultivo de la pitahaya requiere una iluminación alta para el desarrollo de varios procesos fisiológicos. Una adecuada iluminación estimula el brote de las yemas florales, la exposición prolongada a radiación solar directa puede ser perjudicial para la pitahaya, por lo que es conveniente que su exposición sea parcial (sombra en un 30%). Sin embargo, un exceso de sombra puede provocar la disminución de la producción (Ruiz *et al.*, 2020)

2.8.1.3. SUSTRATO

Es una planta que, gracias a su carácter rústico, se ha adaptado a suelos secos, pobres y pedregosos. Sin embargo, prefieren suelo franco arenoso húmedo y

bien drenado, ya que son susceptibles al encharcamiento, ricos en materia orgánica y con un pH ligeramente ácido (5,5-6,5) (Esquivel *et al.*, 2012).

2.8.1.4. REQUERIMIENTO HÍDRICO

Se trata de una planta que no requiere abundante agua, se deben dar riegos de apoyo durante los dos primeros años de la plantación con el objetivo de estimular un crecimiento vegetativo suficiente en los años siguientes, el riego solo debe realizarse durante el período de floración, ya que el riego durante la estación seca puede reducir la floración. (Alvarado *et al.*, 2015).

2.8.2. TÉCNICAS DE CULTIVO

Según Mora (2011) las técnicas de cultivo son:

2.8.2.1. PREPARACIÓN DE SUELO

La preparación del suelo debe realizarse al menos un mes antes de la siembra. Requiere labranza para airear el suelo y asegurar un buen drenaje. Contribución de análisis de suelo propuesto a las correcciones y correcciones requeridas (Mora, 2011).

2.8.2.2. SIEMBRA

La pitahaya se cultiva mejor en suelos francos y bien drenados con pH de 5,5 a 6,5 y alto contenido de materia orgánica. Crece bien en altitudes entre 0 y 1 850 metros sobre el nivel del mar (m), con una precipitación anual de 650 a 1 500 mm y un rango de temperatura de 18 a 27 °C. La preparación para la siembra comienza con la selección de la parcela, el deshierbe y la preparación local del suelo, la apertura de hoyos y los ajustes necesarios basados en el análisis del suelo (Sánchez *et al.*, 2015).

2.8.2.3. SISTEMA DE ESPALDERA TRADICIONAL

Este método consiste en la colocación de soportes de 2,5 m de alto, separados a una distancia de 3 m. Los postes están conectados por dos cables cubiertos con manguera para evitar daños a las plantas. Un cable se coloca en la parte superior del poste y el otro a 50 cm del suelo. Es una buena idea colocar una

estaca de apoyo al lado de cada planta para ayudarla a llegar a la parte superior del enrejado (Canché *et al.*, 2014).

2.8.2.4. SISTEMA DE ESPALDERA EN "T"

Con este sistema, las ramas fértiles cuelgan en las calles, lo que facilita la recolección de la fruta. Consiste en colocar varias columnas aprox. 2 m de altura y en forma de "T" en el eje principal. La distancia entre postes suele ser de 3 m y, generalmente son de madera. En cada extremo se sujeta una hilera de alambre galvanizado cubierto de una manguera (Rodríguez *et al.*, 2015).

2.8.3. PODA

De acuerdo a lo expuesto por López *et al.* (2012) la pitahaya es una planta que crece muy rápido, formando una masa densa de tallos. La poda es, por tanto, una labor imprescindible para mantener la plantación en buen estado.

Existen varios tipos de poda:

2.8.3.1. PODA DE FORMACIÓN

Este tipo de poda se realiza directamente desde la plantación. Esto implica quitar todos los brotes, dejando una o dos vainas hasta que lleguen al final del soporte. Los tallos laterales deben ser eliminados. Una vez alcanzada la cima, se debe despuntar la planta, permitiendo así el desarrollo de vainas laterales desde el extremo (Canché *et al.*, 2014).

2.8.3.2. PODA DE LIMPIEZA

Esta poda incluye vainas que están afectadas por plagas o enfermedades y/o están en mal estado. El corte de los tallos se debe hacerse entre nudos y el material afectado debe ser quemado o enterrado fuera de la plantación (Villarreal, 2013).

2.8.3.3. PODA DE PRODUCCIÓN

Esta poda se suele realizar a partir del tercer año de plantado. Esto incluye las vainas no productivas ubicadas en la parte inferior del tallo principal. El objetivo

principal es mejorar la aireación, permitir una mayor exposición a la luz solar, evitar el peso excesivo de la planta y disminuir el exceso de humedad (Bajaña, 2020).

2.8.4. POLINIZACIÓN

Antes de la floración, se debe realizar una polinización cruzada. Consiste en cubrir el estigma de una flor con polen de otra flor o incluso de otra especie. Por otro lado, también es importante saber que el polen puede almacenarse durante 3- 9 meses a una temperatura aproximada de -18 °C (Méndez *et al.*, 2013).

2.8.5. FERTILIZACIÓN

Se recomienda un análisis del suelo antes de fertilizar. En términos generales, la fruta del dragón tiene altos requerimientos de potasio y nitrógeno y bajos requerimientos de fósforo. La fertilización se lleva a cabo en zanjas circulares alrededor de las plantas. Durante la época seca, es conveniente realizar aplicaciones foliares de fertilizantes, ya que favorecen la floración y la fructificación (López *et al.*, 2012).

2.8.6. COSECHA Y POSTCOSECHA

La recolección de la pitahaya se debe realizar principalmente en las primeras horas de la mañana (8:00 am) y en las últimas horas de la tarde (3:00 pm), no dejar el producto tirado en el campo, la recolección del fruto debe hacerse cuando están maduros, iniciando el corte desde el pedúnculo con cuidado de no dañar al fruto ni a la vaina, para su postcosecha se debe transportar lo más rápido posible al lugar de comercialización (García, 2019).

Para retrasar el proceso de maduración, es práctico enfriar la fruta, lo que implica sumergir la fruta en agua fría, posteriormente se procede a la desinfección y secado de frutos (Méndez *et al.*, 2013).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en la Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA), perteneciente a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “MFL”, alrededor de las coordenadas 591368 Este; 9907487 Sur (**Figura 3.1**), con una elevación promedio de 18 msnm, aproximadamente a 3 km de la ciudad de Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador (Google Earth).

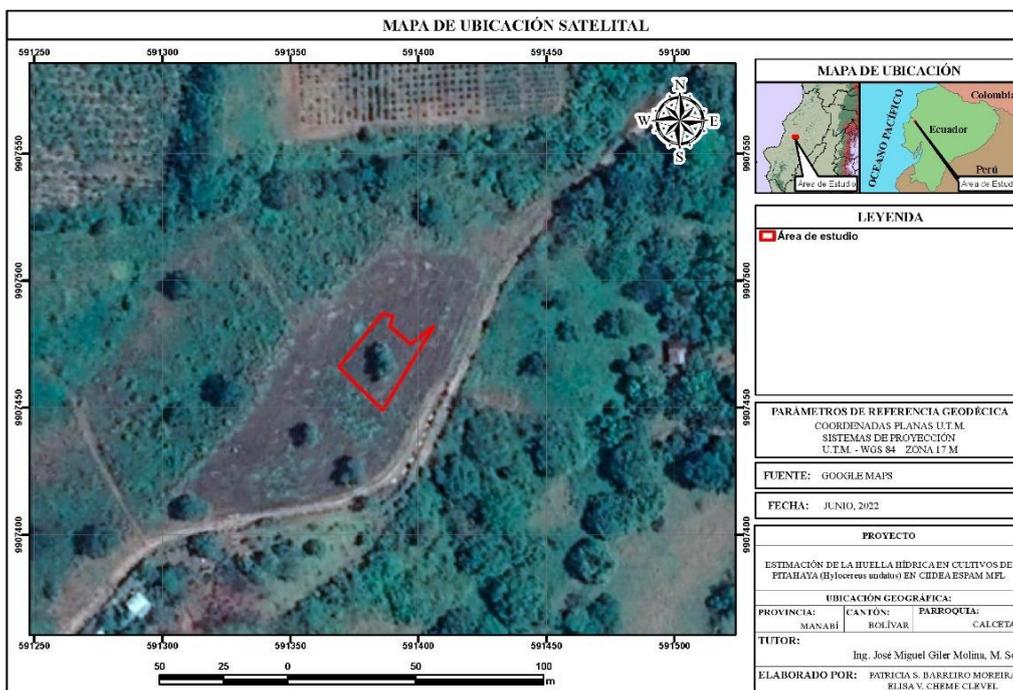


Figura 3.1. Mapa de ubicación del sitio de estudio.

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de 12 meses, divididos entre la fase de planificación y la de desarrollo del trabajo de titulación.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Los métodos científicos utilizados fueron el método teórico bibliográfico; hipotético deductivo (Rodríguez *et al.*, 2017).

3.3.1. MÉTODOS

3.3.1.1. MÉTODO TEÓRICO BIBLIOGRÁFICO

Se aplicó este método a través de la investigación bibliográfica, la cual permitió la recopilación de la información necesaria a través de revistas científicas, libros, tesis, artículos científicos entre otros (Miranda *et al.*, 2019).

3.3.1.2. MÉTODO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO

El método hipotético-deductivo fue aplicado con el fin de deducir las consecuencias o proposiciones más elementales de la propia hipótesis. Por lo cual fue parte de la idea de conocer la huella hídrica verde en cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mediante los modos y usos del recurso hídrico en época seca y época lluviosa, y de esta manera se llegó a la conclusión de la problemática (Salas *et al.*, 2018).

3.3.2. TÉCNICAS

3.3.2.1. ENCUESTA

Esta técnica fue utilizada como procedimiento de investigación, permitió obtener y elaborar datos de modo rápido y eficaz y de esta manera analizar el conocimiento sobre la huella hídrica verde a los trabajadores de la ESPAM “MFL” del área de CIIDEA (Casas *et al.*, 2012)

3.3.2.2. SOFTWARE DE RIEGO CROPWAT 8.0

El software de riego Cropwat 8.0 en su versión de prueba, otorgó 30 días para realizar los cálculos necesarios en la medición de la huella hídrica verde (FAO, 2015) en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*), mediante la ayuda del manual de evaluación de huella hídrica verde y datos de la estación meteorológica de la ESPAM MFL.

3.4. VARIABLES DE ESTUDIO

Las variables de este proyecto de investigación fueron:

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Gasto de agua el cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Huella Hídrica verde.

3.5. PROCEDIMIENTOS

3.5.1. FASE I. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO AGROPRODUCTIVO DEL CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA

Actividad 1. Delimitación del área de estudio

Se realizó el levantamiento topográfico del área en estudio a través de la utilización de los sistemas de información geográfica, atendiendo a lo propuesto por Yamasqui (2022) que toma como referencia puntos de coordenadas empleando un GPS Garmin Gx para la ubicación espacial del área de estudio.

Actividad 2. Determinación de los modos y usos del agua en cultivo de pitahaya

Se determinaron los modos y usos del recurso hídrico, atendiendo lo propuesto por Alcívar (2021) el cuál sugiere la aplicación de una breve encuesta a trabajadores y estudiantes del área en estudio (Anexo 1.1).

Actividad 3. Identificación de la textura del suelo y descripción del cultivo de pitahaya

Se tomó en cuenta el método de sedimentación mediante el uso Pipeta de Robinson aplicados por Loor y Trujillo (2021), el cual fue necesario pesar 50 g de Tierra Fina Seca al Aire (T.F.S.A), al cual se agregó 20 ml de hidróxido de sodio al 10 %, y se dejó en reposar la muestra por 24 horas para dispersar las partículas del suelo. Pasado este tiempo, la muestra fue triturada en una licuadora con el fin de no dejar partículas de suelo con el fin de ultimar la separación de partículas, donde se trasladó la muestra a una probeta de 1000

ml el cual fue aforado hasta completar 1 L con agua destilada, seguidamente sellamos la probeta con plástico y ligas para su agitación con el fin de no dejar partículas de suelo asentadas en el fondo de la probeta, seguidamente dejando pasar 40 segundos se toma la primera pipeta de 25 ml colocándolo en una cápsula de porcelana para ser sometida a la estufa a 105 °C de temperatura. Se dejó reposar la probeta durante 4 horas, para recolectar la segunda pipeteada de 25 ml ya que en este tiempo se han asentado las partículas de limo que son las de más peso, después de la arena, quedando entonces la arcilla que es el grano recolectado en la segunda pipeteada, la cual es recogida en una cápsula de porcelana previamente pesada para someterla a estufa para evaporar la humedad de la muestra. Como precaución se tomó la muestra en el centro de la probeta introduciendo la punta de la pipeta a 10 cm adentro de la suspensión. Todas las muestras fueron sometidas a estufa, hasta obtener un peso constante, se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Arena} = (L1 \pm T1) \times 2 - 100 \quad [3.1]$$

$$\% \text{ Arcilla} = (L2 \pm T2) \times 2 / 100 \quad [3.2]$$

$$\% \text{ Limo} = (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla}) - 100 \quad [3.3]$$

Donde:

L1= Lectura del hidrómetro tomada a los 40 segundos

T1= Temperatura uno \pm 1

L2= Lectura del hidrómetro tomada a las cuatro horas

T2= Temperatura dos \pm 1

Posteriormente a los cálculos, se aplicó el gráfico del triángulo textural del suelo, según lo propuesto por Andrade *et al.* (2019) y Rodríguez *et al.* (2020).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (2020) menciona que para realizar la identificación del cultivo de pitahaya tiene que tener como prioridad los siguientes datos: Generalidades del cultivo, sistemas de producción con pitahaya, manejo del cultivo y plagas presentes en el cultivo de pitahaya.

3.5.2. FASE II. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN PERIODO DE ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN CIIDEA

Actividad 4. Análisis de datos meteorológicos y manual de evaluación de huella hídrica verde

En la Estación Meteorológica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio El Limón, situado geográficamente alrededor de la coordenada 0° 49' 23" Latitud Sur; 80° 11' 01" Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm, que se tomaron en cuenta datos como la precipitación, temperatura máxima y mínima, humedad relativa, viento y heliofanía, para una investigación específica sobre la época seca y época lluviosa desde el año 2020 al 2021, según lo propuesto por Hoekstra *et al.* (2011) en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica verde

Actividad 5. Aplicación de matriz de riego diario y matriz de caudal semanal-mensual para la obtención de los caudales específicos en cultivo de pitahaya (*Hylocerious undatus*)

Se aplicaron las matrices de riego diario, semanal y mensual mediante una hoja de cálculo en el cual se especifica los tiempos de riego, volúmenes y caudales diarios y semanales en nueve puntos de toma de datos diarios a tabular por semana en CIIDEA, según lo propuesto por Lagos *et al.* (2019) en el Manual Sistemas de Riego y Manejo Hídrico de Cultivos, modificado por las autoras, con el fin de obtener datos sobre el gasto de agua en el cultivo de pitahaya (**Anexo 2.1 y 2.2**)

Actividad 6. Utilización del software CropWat 8.0

Se utilizó el software CropWat 8.0 propuesto por la FAO (2015) para calcular el RAC que es el requerimiento de agua en un cultivo en la cual se tomó como referencia los siguientes datos: temperaturas mínimas y máximas, humedad, velocidad del viento, insolación, precipitación, información del cultivo, determinando el requerimiento de agua del cultivo, con base a lo propuesto por Arteaga *et al.* (2011).

3.5.3. FASE III. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL AGUA EN CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA

Actividad 7. Planteamiento de una alternativa adecuada para la mejora de sistemas de riego utilizado en un cultivo de pitahaya

La FAO (2015) menciona que la realización de un manual es de utilidad práctica para estudiantes, profesionales, técnicos, agricultores y demás personas relacionadas con el riego y así contribuir a la producción agrícola y al mejoramiento de las condiciones de vida del hombre del campo. Por lo tanto, con base a los resultados obtenidos se propuso un manual de operación óptimo para el riego en cultivo de pitahaya en CIIDEA:

Estructura del manual

- Introducción.
- Bases técnicas de usos de aguas en cultivos.
- Métodos de riego (Requerimientos, Eficiencia, Diseño).
- Operación del sistema de riego en cultivos de pitahaya.
- Conclusiones y recomendaciones.
- Referencia bibliográfica.

Actividad 8. Elaboración de un plan de capacitación sobre la huella hídrica

Con base a la Guía de capacitación en temas agrícolas propuesto por la FAO (2015) se realizaron capacitaciones que fueron dirigidas al personal administrativo e investigadores de CIIDEA, con el propósito de sociabilizar y sensibilizar sobre los modos y manejos sostenibles del recurso hídrico en función de la huella hídrica verde actual del cultivo de pitahaya en época lluviosa y seca, y contó con la siguiente estructura:

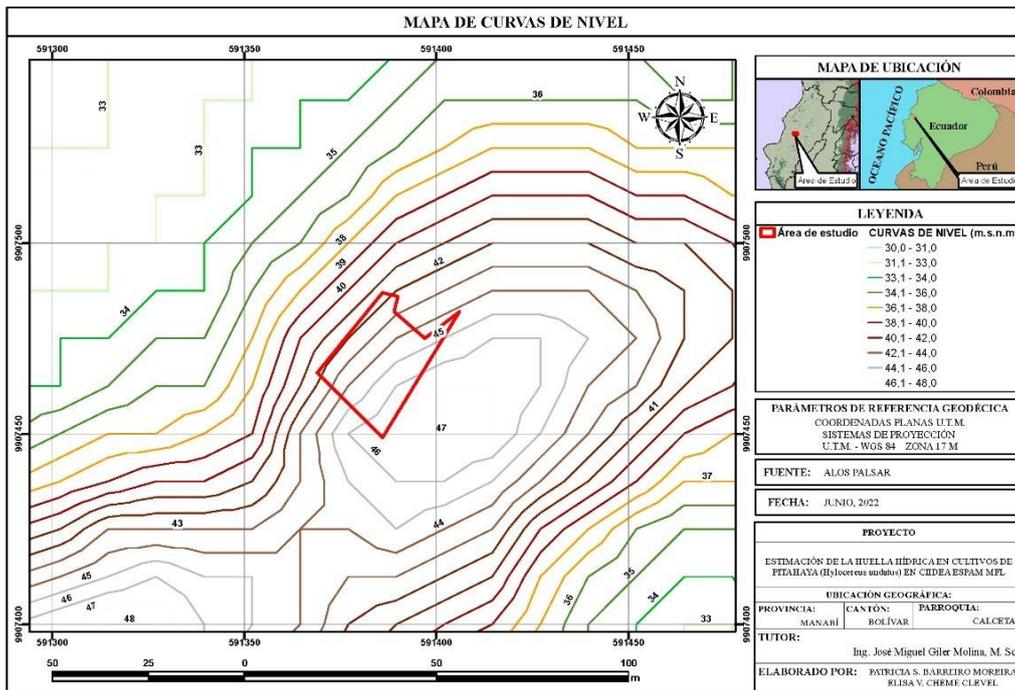
Tabla 3.1. Capacitación de manejo sostenible del recurso hídrico en cultivo de pitahaya.

Taller 1. Uso del agua	Taller 2. Huella Hídrica verde
<p>Objetivo. Sociabilizar el buen uso del agua a través del análisis de los diferentes modos y tipos de riegos.</p>	<p>Objetivo. Sensibilizar sobre el manejo amigable del agua en función de reducción de huella hídrica verde como parte de la sostenibilidad del recurso hídrico en cultivo de pitahaya.</p>

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO AGROPRODUCTIVO DEL CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA

El área de investigación se encuentra ubicada en la provincia de Manabí, cantón Bolívar, parroquia Calceta, en los terrenos del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA) de la ESPAM MFL, y cuenta con un área de 609,5 m² en la cual tiene una topografía entre 41,5 y 46,5 m.s.n.m. como se muestra en la **Figura 4.1**.



*Curvas de Nivel rescatadas de Imagen DEM del satélite ALOS Palsar 2010
Figura 4.1. Topografía del área de investigación.

Análisis de encuesta

En la aplicación de la encuesta a los 15 trabajadores del área de CIIDEA de la ESPAM-MFL se obtuvo como resultado lo siguiente:

Pregunta 1. ¿Tiene usted conocimiento sobre la importancia del agua?

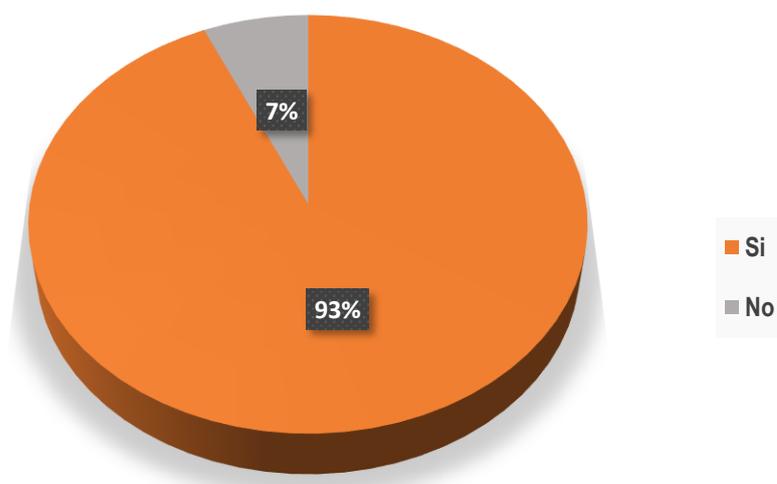


Figura 4.2. Importancia del agua.

Los resultados muestran que el 93% de los encuestados afirman tener conocimiento sobre la importancia del agua, sin embargo, el 7% lo desconocen, también hacían comentarios sobre el tema de reducción de gasto de agua y que el agua es un recurso ilimitado. Según Martos (2015) el agua es de vital importancia para los seres vivos ya que están compuestos del 65 al 70% de agua, tomando como referencia que esta llega a ser desperdiciada en exceso. Por otra parte, Fernando (2009) atribuye que al disminuir el agua en el suelo impide que los cultivos se desarrollen y alcancen su potencial de productividad, y que la falta de agua afecta la forma química de los nutrientes presentes en el suelo, por lo que si este se disminuye tendrá déficit de nutrientes.

2. ¿Tiene usted conocimiento del significado de la palabra huella hídrica?

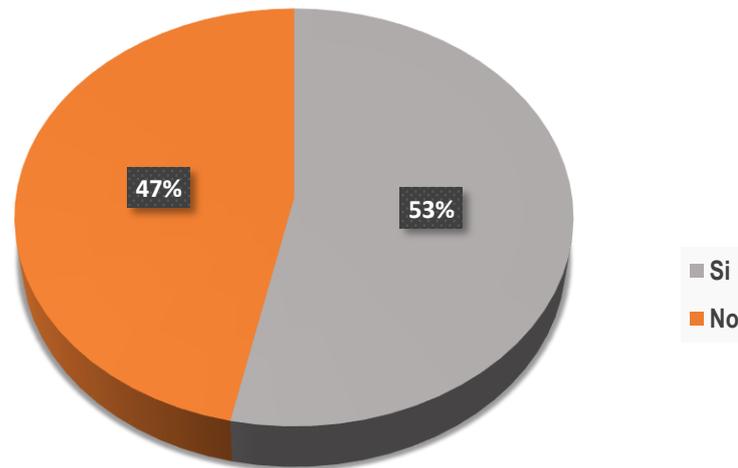


Figura 4.3. Significado de huella hídrica.

El gráfico muestra que el 53% de los encuestados afirman que conocen el término de huella hídrica, mientras que el 47% indican que nunca han escuchado estos términos y pidieron una breve explicación sobre lo que es huella hídrica y los tipos de las mismas. Pérez (2012) alude que es fundamental conocer sobre la huella hídrica, ya que esta permite la cuantificación del gasto de agua dulce empleada en la producción de un bien o servicio. Por otro lado, Sánchez *et al.* (2014) señalan que la huella hídrica aprecia las dimensiones directas e indirectas; en el consumo total de agua para generar un bien común se considera para la determinación de dicho indicador, es por ello que se dispone cuánta agua es imprescindible para empezar y terminar un proceso productivo.

3. ¿Conoce usted cuales son los tipos de huella hídrica?

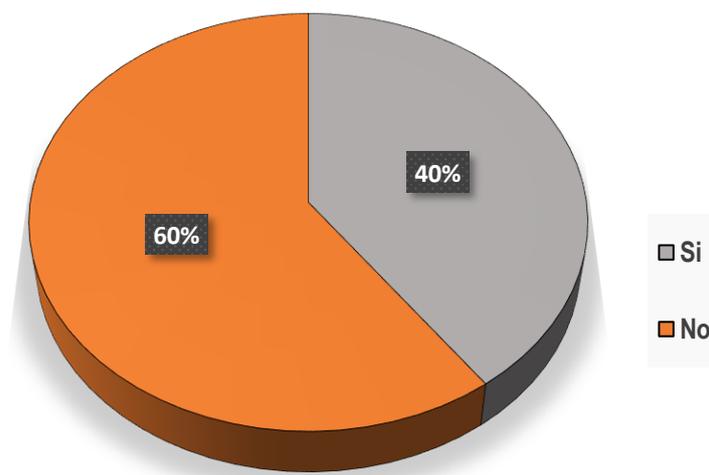


Figura 4.4. Tipos de huella hídrica.

Como se observa en la imagen el 40% conoce los tipos de huella hídrica que existen en cambio el 60% afirman desconocer el tema; como se mencionó en el párrafo anterior la mayoría de los encuestados no conocen estos temas. Según Fernández *et al.* (2010) existen tres tipos de huella hídrica: Azul es el agua procedente de los ríos, pantanos, lagos y acuíferos; Verde es el agua que proviene de las precipitaciones, que se retiene en el suelo y por ende permite el paisaje verde; Gris es una forma de dar a conocer los volúmenes o cantidad de agua que es contaminada con las actividades humanas. El indicador de huella hídrica también se encuentra alineado con el 11° Reporte de Riesgos Globales publicado por el Foro Económico Mundial (World Economic Forum, 2016) que sitúan la crisis del agua entre los tres principales riesgos que mayor impacto podrían causar sobre los sistemas y países en la próxima década reflejados en las tres esferas del desarrollo sustentable (Gavilanes *et al.*, 2020).

4. ¿Cuál de los siguientes tipos de riegos utiliza en el cultivo de pitahaya?

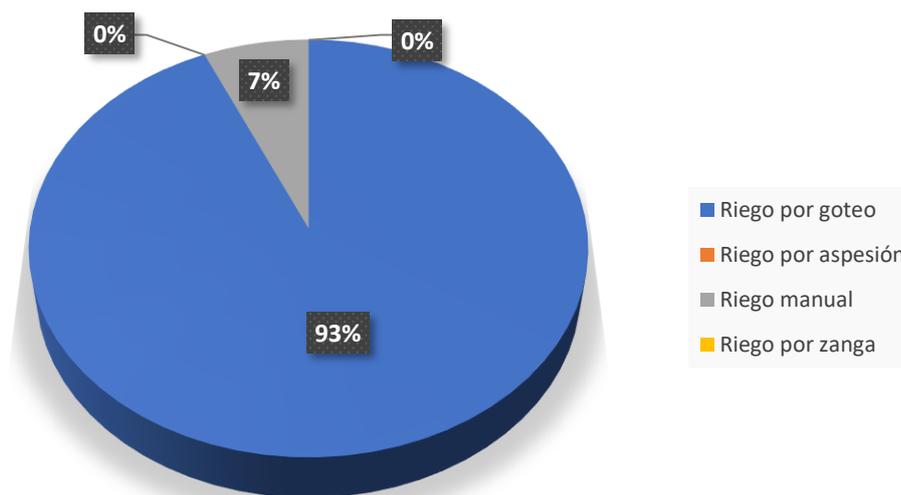


Figura 4.5. Riego que utiliza el cultivo de pitahaya.

Como lo muestra la figura 4.5, 14 equivalente al 93% de 15 encuestados afirman que el mejor método de riego para la producción de pitahaya es el riego por goteo, y tan solo una persona optó por el riego manual. En esta pregunta los encuestados optan por el riego por goteo debido a que en su área de trabajo se utiliza este tipo para casi todas las actividades de riego, sin embargo, una persona mencionó que utiliza el riego manual.

Medina (2021) indica que gran parte de cultivos no establecen sistemas de riego, no todos los productores disponen de estas tecnologías, pero el riego por goteo es adecuado porque tiene la capacidad de distribuir el agua de una forma adecuada y que la planta la puede aprovechar y así evitar el desperdicio de la misma. Bajo este contexto, Terán *et al.* (2020) enfatizan que el deficiente control de riego en las zonas donde se siembra pitahaya en la provincia del Guayas supone la pérdida o daño en los cultivos de la fruta mencionada.

5. ¿Qué tipo de riego usted cree conveniente para la reducción del consumo de agua en el cultivo de pitahaya?

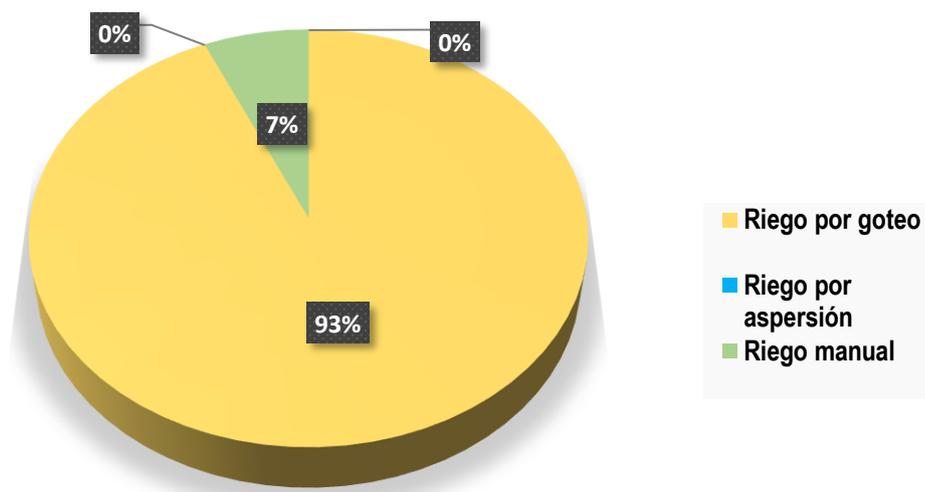


Figura 4.6. Consumo de agua en el cultivo de pitahaya.

La Figura 4.6 indica claramente que el 93% de los encuestados optan por el sistema de riego por goteo pues aseguran que este tipo de sistema permite reducir el gasto de agua y que solo el 7% indica que prefiere el riego manual. Los cultivos de pitahaya naturalmente no requieren del sistema de riego, sin embargo, los productores disponen de sistemas como aspersión, micro aspersión y goteo (Rodríguez *et al.*, 2015).

La instalación de sistemas de riego al inicio no se tomó en cuenta como primordial para la producción, debido a que se tiene la idea que la pitahaya resiste largos periodos sin agua, pero, se han encontrado brotes vegetativos diminutos, los tallos pierden fuerza, mueren algunas partes de la planta y no hay efecto en la inducción floral; mientras que, el riego favorece la recuperación de las plantas y el reinicia su desarrollo (Alvarado *et al.*, 2015).

Generalmente el desperdicio, contaminación y escasez de agua, es ignorado, sin embargo, en los últimos años ha desarrollado interés creciente en la opinión pública. Por lo que resulta importante las representaciones sociales que poseen los profesores de educación, ya que formarán a los niños y jóvenes en el uso adecuado del medio ambiente y por consiguiente en el agua, además de que nuestro cuerpo necesita un 70% de consumo de la misma (Granados *et al.*, 2015).

6. ¿Por qué se da el desperdicio del agua en cultivo de pitahaya?

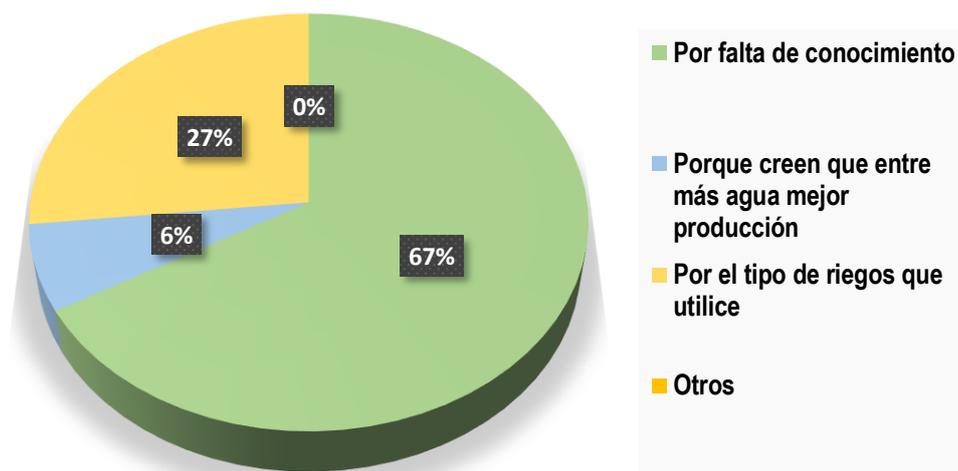


Figura 4.7. Desperdicio de agua en el cultivo de pitahaya.

Según los resultados de la pregunta aplicada sobre a qué se debe el desperdicio de agua, un 67 % respondió por falta de conocimiento, un 6% dijo que creen que entre más agua es mejor, mientras que un 27% afirmó que se da según el tipo de riego que utilice y un 0% no tubo otras opiniones, las personas encuestadas nos comentaban que ellos no consideran un desperdicio de agua en cuanto a la agricultura ya que el producto final nos conviene a todos porque sin alimentos las familias sufrirán por falta de alimentos nutritivos en sus dietas pero sí consideran un desperdicio el agua utilizada en lavados de espacios a diarios sin necesidad muchas veces.

Alcón *et al.* (2009) indican que la agricultura siempre ha sido una de las actividades económicas que hay que impulsar para generar empleo a las personas de bajos recursos del medio rural, sin embargo, el uso de altas cantidades de agua hace una fuerte presión sobre el medio hídrico afectándolo de manera negativa.

En este sentido, García *et al.* (2016) indican que, la huella hídrica verde representa un avance arduo para el estudio de los cuerpos hídricos, con mayor precisión en cuanto a datos. Pues este tipo de herramientas, deben contribuir al mejoramiento del diseño de políticas públicas, que actúen eficientemente en la estructura de problemáticas con relación al medio ambiente y la sociedad. Además, Fortes (2011) menciona que hay que dejar bien claro que no se

pretende eliminar el consumo de agua en algunas actividades, sino que hay que frenar el uso excesivo de agua en aquellas actividades en las que se usa mucha agua y que, sin duda con menos, se podrían desarrollar de la misma manera obteniendo los mismos resultados.

7. ¿Estaría usted de acuerdo con asistir a talleres para adquirir conocimiento para mejorar el modo y uso del recurso hídrico en el cultivo de pitahaya?

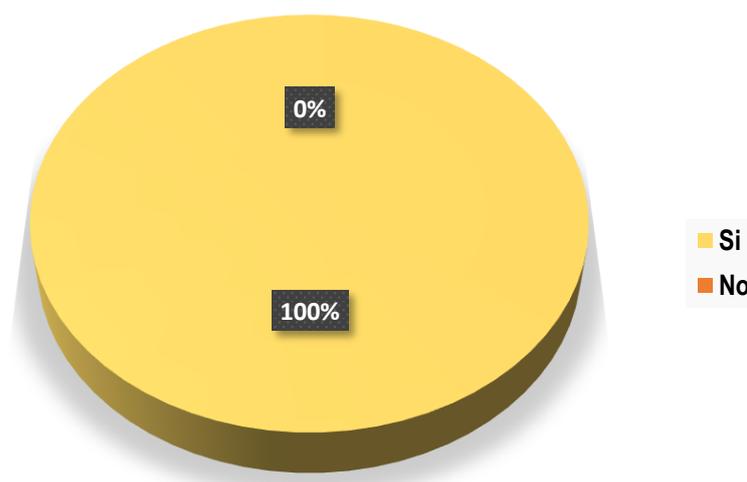


Figura 4.8. Taller para mejorar el modo y uso del recurso hídrico en el cultivo de pitahaya.

Como se observa en el gráfico todos los encuestados tienen un gran interés en aprender sobre la importancia de cómo reducir el desperdicio de agua especialmente en la agricultura, todos los encuestados nos comentaron que están dispuestos a recibir recomendaciones por parte de esta investigación y sus autoras y además compartirnos sus conocimientos que han adquirido mediante la experiencia. Arévalo *et al.* (2011) afirman que a través de la conceptualización del término huella hídrica verde ayuda a reforzar el tema del posicionamiento de diferentes sectores, sociedad civil, empresas y gobiernos en cuanto a la gestión del agua, dando a conocer los impactos asociados al desarrollo económico y social y su afectación frente a la sostenibilidad y disponibilidad del recurso hídrico, el cual se cataloga como el principal motor para el desarrollo económico y social del país.

Rojas *et al.* (2019) menciona que la Educación Ambiental, como proceso educativo para cada individuo, las familias, las comunidades, la sociedad y el

estado deben reorientarse para contribuir al logro del desarrollo sostenible. Al respecto, Rojas (2020) evidencia que se necesita hoy más que nunca una voluntad e interés que logre priorizar el desarrollo de la triada: protección del medio ambiente, desarrollo sostenible y Educación Ambiental como parte de la vida política, económica, social e histórica-cultural de cada nación, para elevar la calidad de vida y el bienestar del desarrollo humano.

Identificación de textura del suelo y cultivo de pitahaya

Textura del suelo

La textura del suelo tomado en el cultivo de Pitahaya en el área de estudio (X:591386; Y:9907483) (**Anexo 3**), fue procesada aplicando la metodología de sedimentación por el método de la Pipeta de Robinson siendo estos: arena 77%, limo 11 % y arcilla 11 % y 1% de materia orgánica, dando como resultado un suelo del tipo Franco arenoso (Fa) según el triángulo de textura (**Figura 2.4**).

Cultivo de pitahaya: Generalidades

Origen y Distribución

Esta fruta exótica es originaria de México y cultivada en algunos países tropicales y subtropicales es nativa de América Central y parte de Sudamérica, su descubrimiento fue de manera silvestre por conquistadores españoles los cuales la nombraron como pitahaya que tiene como significado fruta escamosa, en la actualidad se encuentra esparcida en Perú, Colombia, Venezuela, México, Bolivia, Ecuador, Centroamérica y las Antillas (Medina *et al.*, 2013)

En Ecuador esta especie fue recaudada y reportada por La Wesson en 1983 en el lugar del Río Yasuní, por Cerón en la reserva biológica Jatun Sacha, río Napo que se encuentra ubicada a 8 km de Misahuallí y en la actualidad es cultivada en varias ciudades del país (Cabrera, 2018).

Taxonomía

La pitahaya es una especie común y cultivada por su fruto su taxonomía ha sido muy confusa, ya que se llegan a encontrar diversos sinónimos (Vite, 2014).

Tabla 4.1. Taxonomía de pitahaya (*Hylocereus undatus*).

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Magnoliidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Género	Selenicereus
Especie	<i>Hylocereus</i>
Subespecie	<i>Undatus</i>

Fuente: Tomado de Vite, (2014)

Morfología

La pitahaya es una planta que absorbe agua por las raíces del suelo, también por las raíces que se despliegan a lo largo del tallo o vainas, las raíces poseen características de las cactáceas que tienen cladodios (pencas) con forma triangular, carnosa y liso de tallos verdes articulados. Sus tallos se componen de tres alas onduladas formando un triángulo en corte transversal. Las fracciones del tallo pueden tener un crecimiento hasta 6 m de largo (Esquivel *et al.*, 2012) las raíces aéreas crecen desde la parte inferior de los tallos, proporcionando anclaje para que las plantas trepan paredes, rocas o árboles. La floración es nocturna y su flor es hermafrodita tienen verde exterior y con sus pétalos de color blanco, tiene un tamaño de aproximadamente 28 cm de largo y 23 cm de ancho tienen forma de campana y su olor es muy fragante (Cabrera, 2018).

La forma característica de su fruto es de tipo baya, de color amarillo intenso, con pulpa blanca, gustosos y dulces, su forma es ovalada y alargada con un diámetro de 6 a 12 cm. El peso del fruto está entre 50 a 400 g, con presencia de semillas pequeñas de color oscuro, brillantes, oblongas y lisas. En la parte exterior del fruto su cáscara tiene forma bractéolas quiere decir que tiene como orejas, se le observa consistencia carnosa, es llamativa para la vista del consumidor, se adaptan a diferentes condiciones climáticas, pero entre más luminosidad se encuentren se tendrá mejor resultado (Sánchez *et al.*, 2016).

Características fisicoquímicas de los frutos

Orejuela (2018) expresa que las características físicas y químicas de los frutos de pitahaya tienen su variación de acuerdo a las situaciones ambientales que haya, también la ubicación geográfica en la que se encuentre el cultivo. Diferentes análisis realizados han determinado las características físicas y composición química de los frutos de pitahaya.

Tabla 4.2. Descripción de la composición física y química de la pitahaya.

Parámetros	Unidad
Humedad	%
Carbohidratos	%
Fibra cruda	%
Proteína	%
Extracto etéreo	%
Cenizas	%
Peso de la fruta	G
Firmeza de la pulpa	N
Rendimiento pulpa	%
Rendimiento de cáscara	%
Sólidos solubles	%
Acidez titulable	% ácido cítrico
pH	Adimensionales
Azúcares totales	%
Azúcares reductores	%
Ácido ascórbico	mg /100 g
Vitamina B1 (Tiamina)	mg / g
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg / g
Vitamina B3 (Niacina)	mg / g
Fenoles totales	mgEAG / g
Calorías	Cal / 100 g
Calcio	mg / 100 g
Fósforo	mg / g
Hierro	mg / g

Fuente: Tomado de Orejuela, 2018.

Sistemas de producción de pitahaya

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (2018) menciona que en la actualidad el cultivo de pitahaya se encuentra en manos de pequeñas fincas medianas y de grandes productores los cuales han creado diferentes medidas de tecnologías de producción convenientes. Su material es de tipo vegetativo por lo tanto no es sembrado en viveros, sino que va directamente al campo. En Ecuador, el cantón Palora (provincia de Morona Santiago), tiene cerca de 1300 hectáreas de cultivo de pitahaya, convirtiéndose en una de las

principales provincias de producción de esta fruta, ya que la mayoría de sus zonas están vinculadas de manera directa a la cadena de producción y comercialización de esta fruta.

Atendiendo a Rodríguez (2019) la pitahaya es una planta perenne que requiere la preparación del sitio o terreno general del lote, por lo que, para empezar con la construcción de drenajes, en el sitio donde va la penca o tallo se puede colocar abonos orgánicos, por lo menos un kilogramo por planta; y para el sistema de soporte o tutor se pueden utilizar postes de madera o concreto que le permita sostenerse en vista que por ella misma no puede, empleando para el amarre de del tallo piola.

Para la plantación, Hernández (2020) indica que las estacas de pitahaya se entierran unos 3 cm, la distancia entre plantas es de 1,2 m y entre tutores es de 2,5 m; para el crecimiento de la planta se realizan tres tipos de poda (formación, sanitarias y de producción); y frente al control de plagas como: nematodos, fusarium y bacteriosis etc., se emplean plaguicidas; todo ello considerando que las condiciones óptimas para el cultivo se presentan entre los 1200 y 1600 msnm, en la cual equivale a un rango de temperatura promedio de 16 a 25 °C.

Sistemas agroforestales

El sistema agroforestal es una alternativa para una mejor producción sostenible de pitahaya ya que ayuda a la protección del suelo contra la pérdida de su productividad y de esa forma mantener el ciclo de los nutrientes y certificar el suministro de agua y nutrientes para el cultivo; este manejo incluye el cuidado del cultivo que se tiene y no solo el beneficio es para el cultivo, sino que también para otras plantas asociadas, el cuidado del uso de los suelos, el control de plagas (Sarango, 2012).

Una de las diferentes alternativas sostenibles propuestas para la utilización de sistemas de producción alternativos para el cultivo de pitahaya y otros cultivos son los sistemas en callejones con leguminosas, dado que es una especie que permite la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos a través de la incorporación de su biomasa. El beneficio de las leguminosas se realiza en la floración, se cortó e incorporó, alrededor del tallo de la pitahaya, más o menos a unos 50 cm (Calix de Dios *et al.*, 2014).

Manejo del cultivo de pitahaya

Tabla 4.3. Características climáticas y edafológicas para el desarrollo de la pitahaya.

Características climáticas y edafológicas	
Humedad relativa	70% a 80%
Pluviosidad	1200 a 2500 mm / año
Temperatura	18° a 25° C
Suelos	Franco arcilloso Franco arenoso
Altitud	500 a 1900 m
Cantidad de agua	1300 a 2200 mm de agua año

Fuente: Tomado de Sarango, 2012.

Las actividades productivas que realizan los agricultores en el cultivo de pitahaya son las detalladas en la **tabla 4.4**.

Tabla 4.4. Actividades productivas del cultivo de pitahaya.

Actividad productiva	Detalle	Referencia
Propagación	La propagación de la pitahaya se puede realizar de forma sexual y asexual. La propagación sexual es por medio de semillas, pero las características del fruto y el tallo poseerán mucha variabilidad y el tiempo de siembra a la producción de frutos puede tardar hasta 7 años. Y de manera asexual es por medio de tallos con una longitud de 12 a 30 cm se deja curar y secar durante 7 a 8 días una vez haya pasado este tiempo se puede sembrar el cual empezara a verse sus raíces entre los 27 a 35 días	León <i>et al.</i> , 2021.
Preparación del terreno	El cultivo de pitahaya requiere un suelo franco arenoso, también se puede cultivar en suelos franco arcilloso si es este caso de tipo de suelo se debe realizar la plantación sobre lomos, debe poseer un buen drenaje natural para su desarrollo y de esta manera disminuir los costos de producción, caso contrario deben construirse drenajes artificiales para evitar problemas fitosanitarios causados por el exceso de humedad, también el suelo debe estar libre de malezas etc.	Zúñiga, 2020.
Siembra	La siembra debe ser superficial a 3 cm de profundidad del suelo y su amarre con una piola a la baliza, se recomienda acumular materia orgánica alrededor de las plantas.	Zúñiga, 2020
Tutorado	El cultivo solicita de un sistema de tutores como parte del manejo tecnificado; pueden ser de madera o cemento y con una vida útil que tenga resistencia entre los 15 y 20 años. Tienen que ser resistentes debido a su peso, además las raíces se acoplan sin ningún tipo de problema. Los tutores deben tener entre 2,4 a 2,5 m de largo, con un diámetro de 4-6 pulgadas. Deben estar enterrados 60-70 cm, dejando un tutor libre de 1,8 m, altura adecuada para una posterior cosecha,	Villavicencio, 2021.
Fertilización	Para realizar la fertilización se debe esperar por lo menos un mes hasta que la planta empiece su crecimiento, se recomienda fertilizar pasando dos a tres meses al aplicar demasiadas dosis pueden llegar a provocar la muerte de la planta. Es conveniente utilizar un aporte de nitrógeno, fósforo y potasio para favorecer un adecuado desarrollo del follaje y de raíces, se le realiza la aplicación de los antes mencionados de acuerdo a la edad una planta de pitaya en kg/ha.	Granda, 2017.
Riego	La pitahaya es tolerante a la sequía, pero también es necesario un poco de riego y de esta manera se repone el agua evapotranspirada día a día solo en casos de sequías extremas. Solo en estos casos se debe regar ya que se necesita	Terán <i>et al.</i> , 2018.

	habitualmente de periodos secos donde se estimula la floración; pero la misma se manifiesta luego de una lluvia.	
Control de malezas	Es necesario controlar las malezas desde el inicio de la plantación y de esta manera evitar la competencia por agua y nutrientes. Estas se controlan automáticamente o con el uso de herbicidas de contacto o sistémicos. Sea cual sea el caso se recomienda utilizar la pantalla protectora para evitar quemaduras o que el producto sea absorbido.	Granda, 2017.
Podas	El cultivo requiere de tres tipos de poda, ya que es indispensable para el cultivo por que ayuda a mantener sano y sirve para regular la cantidad de tallos productivos.	Zúñiga, 2020.
Control de plagas	La pitahaya es una planta rústica sin mayores inconvenientes, pero puede padecer daños tanto en sus cladodios como en los frutos, por la presencia de ácaros, cochinillas, barrenadores, babosas, moscas de la fruta y aves, dado la vistosidad de los mismos. Al incluir a las enfermedades las más vistas en el cultivo por bacteriosis las que provocan lesiones acuosas en tallos y raíces.	Ruíz, 2019.

Descripción del cultivo en estudio

El cultivo en estudio está ubicado en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” en el sitio de Ciudad de la Investigación, Innovación y Desarrollo Agropecuario (CIIDEA), cuenta con un área de 610 m² que corresponden a 0,09 cuadras en el cual se encuentran sembradas 80 pitahayas, el tiempo de vida de este cultivo hasta ahora es de 2 años, el tutorado de ellas o conocido comúnmente como postes en la que están sostenidos es de hormigón ya que son mejor para el peso y duradero por el tiempo de vida de la planta, la distancia de cada planta es de un metro, en el centro del área se encuentra un árbol pero no se encuentra ninguna planta sembrada debajo de la sombra del árbol, en ese espacio las plantas fueron sembradas alrededor del árbol.

El sistema de riego que se utiliza en el cultivo es riego por goteo, se alimenta mediante una bomba, los días de riego son de dos a tres veces por semana, el tiempo de riego es de una hora mínimo, llegan días que se los toma como excepciones que no se riega ya que el suelo sigue húmedo y se tiene sobre entendido que la pitahaya con exceso de humedad llega a pudrirse; el agua proveniente para el cultivo es del río Carrizal y llega por gravedad y es aplicado en cinta de goteo como se lo menciona anteriormente, el cultivo está sembrado en una área donde tiene la suficiente luz que necesita para su mejor desarrollo, el riego se lo complementa con los datos de la estación meteorológica ubicada en el área de Agrícola de la ESPAM MFL, también teniendo en cuenta que en el

tiempo de lluvia no se procede al riego. Esos días no regados se verifican mediante los datos meteorológicos antes mencionados para mayor credibilidad.

El manejo de control de la maleza, podas y plagas que llegan a afectar al cultivo son realizados por estudiantes de la carrera de Agrícola y trabajadores del área de CIIDEA, ellos realizan el control de maleza cada 15 días, la poda y las trampas para las plagas es realizada por los estudiantes esto lo hacen cada que es necesario; no se utiliza ninguna clase de fertilizantes y es supervisado tanto el manejo con el riego por un docente de la carrera y el encargado del área de CIIDEA.

4.2. CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA VERDE EN CULTIVOS DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN PERIODO DE ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN CIIDEA

El cultivo de pitahaya para su crecimiento y desarrollo necesita temperaturas que oscilan entre 25 a 30 °C, por lo que a partir de los datos obtenidos en la estación meteorológica que se detallan en la (**Tabla 4.5**) se evidencia que los parámetros si cumplen con los requerimientos para una buena producción de este en el área de estudio.

Tabla 4.5. Tabla de datos meteorológicos.

Datos meteorológicos						
Datos	Precipitación	Temperatura (máx)	Temperatura (mín)	HR	Viento	HS
Meses	mm	°C	°C	%	Km/día	horas
Diciembre 2020	46,2	30,5	19,8	80%	585,7	64,1
Enero 2021	296,9	30,4	20,4	83%	563	67,2
Febrero 2021	169	31	21,1	84%	483,5	71,6
Marzo 2021	500,9	31,1	20,7	87%	474,1	114,2
Abril 2021	79	31,9	20,5	83%	510,8	134
Mayo 2021	32	29,7	19,8	83%	508,8	67,6
Junio 2021	9,6	29,6	19	84%	513,1	65,6
Julio 2021	2,2	29,7	16,7	84%	564,6	89,8
Agosto 2021	1,3	30,1	17,1	81%	664,6	77,6
Septiembre 2021	8,6	30,8	19,3	80%	644,3	66,3
Octubre 2021	8,1	30,6	20,0	80%	642,6	70,6
Noviembre 2021	7,6	30,2	18,8	80%	658,1	79,4

Fuente: Datos obtenidos de la estación meteorológica de la ESPAM "MFL" ubicada en el área de pecuaria a 1630 metros del área de estudio.

La zona de estudio cuenta un área de 609,5 m² y está ubicada en CIIDEA, la cual fue cultivada por estudiantes de diferente semestre de la carrera de agrícola, donde fueron sembradas 80 plantas de pitahaya *Hylocereus Undatus*, donde se utilizó una bomba hidráulica con una capacidad de 1,5 litros, para el buen funcionamiento del sistema de riego por goteo.

La planta de pitahaya (*Hylocereus undatus*) y todas las demás alcanzan su productividad, como una consecuencia de la interacción de tres variables macro: suelo, planta y clima. Los suelos fértiles y las semillas de buena constitución genética son capaces de sostener plantas vigorosas y de altas producciones únicamente cuando el clima y el tipo de suelo son apropiados.

Para la toma de datos de caudales se aplicó una estrategia la cual consistió en elaborar un horario, el cual consistía en medir un caudal tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes) durante la época seca (junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre) como se muestran en las **tablas 4.6, tabla 4.7 y tabla 4.8**, mientras que, para obtener el consumo de agua durante la época lluviosa se tomó como referencia los datos de precipitación de la estación meteorológica que se encuentra ubicada en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López" en el área de la carrera de Agrícola (**tabla 4.9**).

Tabla 4.6. Matriz de riego diario y semanal de la época seca

Meses	Matriz de riego diario y semanal de la época seca												Total mensual
	Volumen (L)												
	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			
	Lun	Mie	Vie	Lun	Mie	Vie	Lun	Mie	Vie	Lun	Mie	Vie	
Junio	1,41	1,42	1,432	1,436	1,442	1,448	1,446	1,45	1,442	1,436	1,436	1,438	17,236
Julio	1,418	1,412	1,42	1,422	1,421	1,43	1,426	1,432	1,436	1,442	1,448	1,442	17,149
Agosto	1,446	1,446	1,44	1,438	1,43	1,432	1,436	1,44	1,432	1,42	1,428	1,436	17,224
Septiembre	1,442	1,438	1,436	1,448	1,436	1,432	1,438	1,427	1,422	1,418	1,42	1,426	17,183
Octubre	1,428	1,429	1,436	1,43	1,44	1,442	1,44	1,438	1,436	1,433	1,438	1,435	17,225
Noviembre	1,438	1,436	1,43	1,44	1,446	1,45	1,448	1,446	1,448	1,44	1,43	1,433	17,285

Tabla 4.7. Matriz de riego promedio de la época seca

Meses	Matriz de riego promedio de la época seca											Total mensual
	Volumen (L)											
	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Promedio diario	Promedio semanal		
Promedio Diario	Total semanal	Promedio Diario	Total semanal	Promedio Diario	Total semanal	Promedio Diario	Total semanal					
Junio	1,42	4,26	1,44	4,33	1,45	4,34	1,44	4,31	1,44	4,31	17,24	
Julio	1,42	4,25	1,42	4,27	1,43	4,29	1,44	4,33	1,43	4,29	17,15	
Agosto	1,44	4,33	1,43	4,30	1,44	4,31	1,43	4,28	1,44	4,31	17,22	
Septiembre	1,44	4,32	1,44	4,32	1,43	4,29	1,42	4,26	1,43	4,30	17,18	
Octubre	1,43	4,29	1,44	4,31	1,44	4,31	1,44	4,31	1,44	4,31	17,23	
Noviembre	1,43	4,30	1,45	4,34	1,45	4,34	1,43	4,30	1,44	4,32	17,29	

Tabla 4.8. Matriz de riego anual para la época seca.

Matriz de Riego anual para la época seca					
Volumen (L)					
Meses	Promedio diario	Promedio semanal	Total mensual	Riego anual por planta (Época Seca)	Riego anual por cultivo 80 plantas (Época Seca)
Junio	1,44	4,31	17,24		
Julio	1,43	4,29	17,15		
Agosto	1,44	4,31	17,22	103,30	8264,16
Septiembre	1,43	4,30	17,18		
Octubre	1,44	4,31	17,23		
Noviembre	1,44	4,32	17,29		

Referente a la matriz de riego anual en época seca se determinó que la planta de pitahaya en seis meses necesitó 103,30 L de agua por planta, mientras que para todo el cultivo (80 plantas) se necesitó 8264,16 L equivalente a 8,26 m³. Saradhuldhath (2019) menciona que la pitahaya requiere de un riego mínimo de 1 o 2 veces a la semana dependiendo del entorno, humedad del suelo, temperatura entre otras condiciones, mientras que, Alvarado (2014) destaca que las plantas jóvenes responden adecuadamente a 1 litro por planta en riego por goteo en suelos arenosos.

Tabla 4.9. Matriz de riego anual para la época lluviosa.

Matriz de riego anual para la época lluviosa			
Volumen (L)			
Meses	Mensual	Riego anual por planta (Época Lluviosa)	Riego anual por cultivo 80 plantas (Época Lluviosa)
Diciembre	46,20		
Enero	296,90		
Febrero	169,00	1124	89920
Marzo	500,90		
Abril	79,00		
Mayo	32,00		

*Equivalencia 1 mm/m²=1 L

Los resultados de la matriz de riego para la época lluviosa, evidencian que el riego anual por planta es de 1124 L en los meses de diciembre hasta mayo mientras que el riego anual por cultivo necesita 89920 L de agua. Estos valores

son similares a las precipitaciones alcanzadas en época lluviosa reportados por Sánchez *et al.* (2014) que en su estudio detallan precipitaciones efectivas de 1047,4 mm para el año evaluado en su estudio en Colombia, aunque estos valores varían dependiendo de la estación en donde se realice el análisis.

Utilización del software CropWat 8.0

El software CropWat 8.0 proporcionó como resultado una radiación de 13,0 MJ/m²/día y una evapotranspiración de 3,98 mm/día los datos reflejados en la Figura 4.9. Torres (2015) trabajó con valores similares de radiación 14,9 MJ/m²/día y una evapotranspiración de 2,98 mm/día en su estudio en la Bogotá-Palestina.

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	20.4	30.4	83	563	2.2	12.5	3.80
Febrero	21.1	31.0	84	484	2.6	13.4	3.78
Marzo	20.7	31.1	87	474	3.7	15.3	3.75
Abril	20.5	31.9	83	511	4.5	16.0	4.36
Mayo	19.8	29.7	83	509	2.2	11.8	3.57
Junio	19.0	29.6	84	513	2.2	11.3	3.42
Julio	16.7	29.7	84	565	2.9	12.5	3.69
Agosto	17.1	30.1	81	665	2.5	12.6	4.19
Septiembre	19.3	30.8	80	644	2.2	12.7	4.35
Octubre	20.0	30.6	80	643	2.3	12.9	4.35
Noviembre	18.8	30.2	80	658	2.6	13.2	4.35
Diciembre	19.8	30.5	80	586	2.1	12.1	4.12
Promedio	19.4	30.5	82	568	2.7	13.0	3.98

Figura 4.9. Cálculo de la evapotranspiración potencial para el cultivo de pitahaya.

Por lo consiguiente, en la Figura 4.10. menciona los cálculos de la precipitación indicando una precipitación de 1161,4 mm y una precipitación efectiva de 632,2 mm, Sánchez *et al.* (2014) muestra una precipitación anual 1294,2 mm, en la estación meteorológica de Sevilla de la ciudad de Bogotá, esto dependerá de la época y zona de estudio.

Precipitación mensual - C:\ProgramData\CROPWAT\data\rain\PITAHAYA.CRM

Estación [ESPAM "MFL"] Método Prec. Ef [Método USDA S.C.]

	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	296.9	154.7
Febrero	169.0	123.3
Marzo	500.9	175.1
Abril	79.0	69.0
Mayo	32.0	30.4
Junio	9.6	9.5
Julio	2.2	2.2
Agosto	1.3	1.3
Septiembre	8.6	8.5
Octubre	8.1	8.0
Noviembre	7.6	7.5
Diciembre	46.2	42.8
Total	1161.4	632.2

Figura 4.10. Cálculo de precipitación efectiva.

En la Figura 4.11., se detalla la información general del cultivo, para lo cual se tomaron valores de referencia a un cultivo tomando valores de fruta tropical, Sánchez et al. (2014) realiza un proceso similar ya que tampoco cuenta con información de la pitahaya en el CropWat 8.0, utilizando valores también a una fruta tropical, pero guardando características similares a los datos para su estudio.

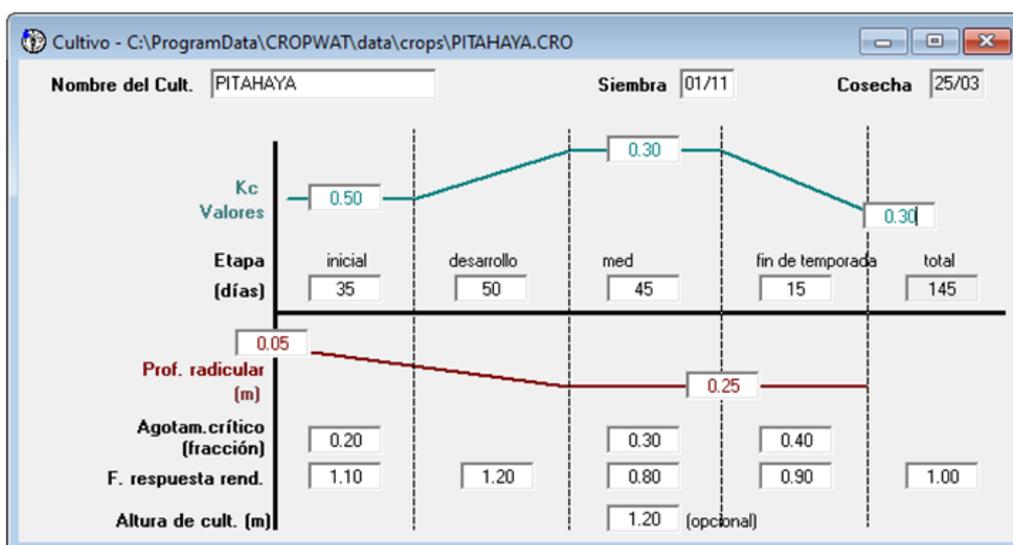


Figura 4.11. Información general del cultivo.

La Figura 4.12., se detalla información del CropWat 8.0 para el cultivo donde señala información correspondiente al suelo franco arenoso, humedad de suelo disponible total 130,0 mm/metro, una tasa máxima de infiltración de la precipitación de 50 mm/día, profundidad radicular máxima 80 centímetros, agotamiento inicial de humedad de suelo 0% y humedad de suelo inicialmente disponible de 130,0 mm/metro. Fonseca *et al.*, (2016) en su estudio obtuvo una

humedad de suelo disponible total 150,0 mm/metro, una tasa máxima de infiltración de la precipitación de 35 mm/día, profundidad radicular máxima 100 centímetros, agotamiento inicial de humedad de suelo 0% y humedad de suelo inicialmente disponible de 150,0 mm/metro.

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\PITAHAYA.SOI

Nombre del suelo: FRANCO ARENOSO

Datos generales de suelo:

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	130.0	mm/metro
Tasa máxima de infiltración de la precipitación	50	mm/día
Profundidad radicular máxima	80	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	0	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	130.0	mm/metro

Figura 4.12. Información general del suelo.

Finalmente, en la Figura 4.13 se detalla el análisis dado por el software CropWat 8.0 estableciendo un requerimiento de riego para el desarrollo del cultivo de 0,79 mm/dec siendo una aproximación recomendada para cultivos de similares características, vale recalcar que este valor puede variar dependiendo de las condiciones y épocas de riego, según las necesidades del cultivo. Corbo *et al.*, (2018) señala que obtuvo una evapotranspiración de 156,6 mm/dec, una precipitación efectiva de 444,4 mm/dec y un requerimiento de riego 7,7 mm/dec.

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ET_o: ESPAM "MFL" Cultivo: PITAHAYA

Est. de lluvia: ESPAM "MFL" Fecha de siembra: 01/11

Mes	Decada	Etapas	Kc coef	ETc mm/día	ETc mm/dec	Prec. efec mm/dec	Req. Riego mm/dec
Nov	1	Inic	0.50	2.17	21.7	1.5	20.3
Nov	2	Inic	0.50	2.17	21.7	0.9	20.9
Nov	3	Inic	0.50	2.13	21.3	5.3	16.0
Dic	1	Des	0.50	2.08	20.8	7.9	12.9
Dic	2	Des	0.48	1.96	19.6	10.7	8.9
Dic	3	Des	0.45	1.81	19.9	24.3	0.0
Ene	1	Des	0.43	1.66	16.6	43.7	0.0
Ene	2	Des	0.40	1.53	15.3	58.4	0.0
Ene	3	Med	0.38	1.45	16.0	52.6	0.0
Feb	1	Med	0.38	1.45	14.5	42.0	0.0
Feb	2	Med	0.38	1.44	14.4	37.2	0.0
Feb	3	Med	0.38	1.44	11.5	44.3	0.0
Mar	1	Med	0.38	1.44	14.4	57.6	0.0
Mar	2	Fin	0.35	1.32	13.2	65.9	0.0
Mar	3	Fin	0.31	1.23	6.2	23.4	0.0
					247.1	475.5	79.0

Figura 4.13. Requerimiento de Agua del Cultivo.

Tasa máxima de infiltración de la precipitación

La tasa máxima de infiltración de la precipitación aplicable al cultivo según la textura del suelo se detalla en la **tabla 4.10**.

Tabla 4.10. Humedad aprovechable en función de la textura.

Textura de suelo	Capacidad de campo (CC)	Marehitez permanente (PMP)	Humedad aprovechable (CC-PMP)
Franco arenoso	14	6	8

Fuente: Tomado de Garcés, 2012.

Profundidad Radicular Máxima

Reyes (2022) indica que la planta de pitahaya posee dos tipos de raíz, las primarias forman mantos de raicillas que se incrustan en el suelo y las secundarias se exhiben fuera de este, pero no sus puntas. Las raíces primarias crecen siguiendo el nivel del suelo, a profundidades entre 5 y 25 cm, con un área de expansión de aproximadamente 30 cm de diámetro. Esta información debe tomarse en cuenta al planear las labores de aporques, fertilización y control de arvenses. Las raíces secundarias, también llamadas adventicias, generalmente las produce la planta cuando sufre escasez de agua. Este tipo de raíces ayudan a la planta a pegarse y sostenerse en la corteza de otras plantas y superficies de piedras y muros.

Rendimiento de la pitahaya

La cosecha de la fruta y su rendimiento por planta está relacionado al manejo del cultivo, sin embargo, Alencastri y Albán (2015) describen que a los 18 meses de edad el cultivo logra un promedio de 4 o 5 frutas por planta. Muñoz (2018) menciona que este rendimiento va incrementando a medida que aumenta la edad del cultivo.

Enciso *et al.* (2016) señala que el rendimiento por hectárea de *Hylocereus undatus* depende del tipo de tecnología utilizada. En México, en un sistema tradicional, una planta produce 40 frutos con peso promedio de 250 g y el rendimiento puede ser 14 mg.ha⁻¹ desde el séptimo año. El rendimiento en Israel es 16 mg.ha⁻¹ el segundo año de plantación en sistemas con tecnología avanzada, como casa sombra y fertirriego; mientras que en los campos

vietnamitas las plantas maduras producen 30 mg.ha⁻¹. El rendimiento en Nicaragua es de 10 a 12 mg.ha⁻¹ al quinto año productivo.

Determinación de huella hídrica verde

El área de estudio es de 609,5 m² y cuenta con 80 plantas de pitahaya

$$609,5m^2 \frac{1 ha}{10000 m^2} = 0,06095 ha$$

$$\frac{80 plantas}{0,06095 ha} = 1312,6 plantas por ha aprox.$$

Volúmenes:

Época seca: 8264,16 L (6 meses)

$$8264,16 L \frac{1m^3}{1000 L} = 8,26 m^3 (6 meses)$$

Época lluviosa: 89920 L/mes (6 meses)

$$89920 L \frac{1m^3}{1000 L} = 89,92 (6 meses)$$

Peñuela (2019) menciona que los frutos de pitahaya tienen un peso rango de 70 g a 390 g. Según lo investigado se consideró el peso mínimo que es 70 g para poder obtener el peso de la producción mínima también teniendo en cuenta en una planta puede producir alrededor de 30 frutos de pitahaya por cosecha, teniendo dos cosechas en el año. Es decir, una planta produce 60 frutos promedio al año, con un peso mínimo promedio anual de 4200 g. Por lo tanto, en 80 plantas será 336000 g al año.

$$336000 g \frac{1 ton}{1000000 g} = 0,336 ton$$

Producción= 0,336 ton

APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA FÓRMULA HUELLA HÍDRICA VERDE EN ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA

Época seca = 8,26 m³ (6 meses)

Época lluviosa = 89,92 m³ (6 meses)

$$\text{Huella Hídrica (verde)} = \frac{UAC(\text{verde})}{y} \left[\frac{m^3}{ton} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época seca (verde)} = \frac{8,26 m^3}{0,336 ton} \left[\frac{m^3}{ton} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época seca (verde)} = 24,58 \left[\frac{m^3}{ton} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época lluviosa (verde)} = \frac{89,92 m^3}{0,336 ton} \left[\frac{m^3}{ton} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época lluviosa (verde)} = 267,62 \left[\frac{m^3}{ton} \right]$$

Mediante la matriz de riego que se aplicó al cultivo arrojó un gasto en época seca de 8,26 m³ y en época lluviosa de 89,92 m³, luego se realizó el cálculo de la huella hídrica verde y se adquirió en la época seca un valor de 24,58 m³/ton, mientras que en la época lluviosa alcanzó una cantidad de 267,62 m³/ton, evidentemente se observó que las necesidades de consumo de la plantación según la determinación de la huella hídrica verde en la época lluviosa cumplen con las necesidades requeridas de la época seca, es decir, no es necesario regar el cultivo durante la época seca. Nieto *et al.* (2018) destacan que la naturaleza tiene constantes cambios de condiciones climáticas, es decir, cada época lluviosa es diferente debido a la pérdida de agua, ya que esta no puede ser controlada por el ser humano, a diferencia de la época seca donde el riego puede ser controlado por el hombre y en caso de darse un exceso de riego es considerado desperdicio, por lo cual Sánchez *et al.* (2014) destacan que en esta determinación la cantidad de agua que es aprovechada por el cultivo dependerá de las precipitaciones efectivas del lugar con el rendimiento del cultivo, lo cual incide directamente en el cálculo de la huella hídrica verde.

4.3. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN ÓPTIMA DEL AGUA EN CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN CIIDEA

Se elaboró un Manual de Operación óptimo para el riego del cultivo de pitahaya (**Figura 4.14**), el cual constó de apartados como: portada, índice, introducción, bases técnicas de usos de aguas en cultivos, métodos de riego, operación del sistema de riego en cultivos de pitahaya, conclusiones y recomendaciones, y bibliografía; considerando el tipo de riego necesario para la planta (cultivo) tomando como referencia el requerimiento, eficiencia del tipo de riego adecuado y de esta misma manera evitar el consumo innecesario del agua en este tipo de cultivo que no requiere de un exceso de agua (Huella Hídrica verde) (**Anexo 4**).



**MANUAL DE OPERACIÓN
ÓPTIMO PARA EL RIEGO
DE CULTIVO DE
PITAHAYA**

Figura 4.14. Portada del Manual de operación óptimo para el riego de cultivo de pitahaya.

Finalmente se realizaron dos talleres educativos dirigidos a los trabajadores de CIIDEA de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”.

El primer tema en sociabilizar fue las bases técnicas de uso del agua para cultivos y los métodos de riego, detallándose los cuatro tipos de riego más comunes para cultivos de pitahaya como son el riego manual, riego por aspersión, riego por zanga y riego por goteo. Se brindó una explicación sobre bases técnicas de uso del agua para cultivos, y sobre cada tipo de riego, especificando cuál es el más idóneo para implementar en los cultivos de pitahaya, teniendo como referencia que es una planta de bajo consumo de agua.

Posteriormente, se explicó sobre la operación del sistema de riego en los cultivos de pitahaya, donde se abordó el tipo ideal de riego para el cultivo de pitahaya que es el riego por goteo, requerimientos, eficiencia, diseño, sus ventajas, desventajas e importancia; detallando de qué manera se debe regar el cultivo, cuando y como, con el objetivo de que adquieran mayor conocimiento de la importancia de este método riego como herramienta para la conservación del agua

El segundo taller tuvo como objetivo proponer un buen manejo del agua, en función a la reducción de la Huella Hídrica verde como parte de la sostenibilidad del recurso hídrico en cultivo de pitahaya, se proporcionó un breve concepto de lo que es la huella hídrica y los tipos de huella que existen (azul, verde y gris) **(Anexo 5)**.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

- A partir de la caracterización agroproductiva de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) se evidenció que esta se desenvuelve bien en una altitud de 0 a 1850 msnm, con precipitaciones 1161,4 mm, rango de temperatura de 18 a 30°C y tipos de suelos franco arenoso y arcilloso.
- El gasto de agua de la época seca arrojó un valor de 8,26 m³ mientras que en la época lluviosa fue de 89,92 m³ posteriormente se calculó la huella hídrica verde de época seca que fue de 24,58 m³/ton, mientras que en la época lluviosa fue de 267,62 m³/ton, lo cual indica una pérdida de agua en la época lluviosa debido a que las precipitaciones no tienen control humano.
- Las capacitaciones y el manual de operación óptimo para el riego del cultivo de pitahaya, permitieron establecer métodos de riego, operación del sistema de riego y eficiencia del tipo de riego adecuado, contribuyendo con alternativas en la gestión óptima de consumo de agua, pudiendo ser replicado por los agricultores para este tipo de cultivo.

5.2. RECOMENDACIONES

- Verificar el tipo de suelo en el que se sembrará este tipo de especie, considerando las condiciones que requiere, para prevenir dificultades a futuro.
- Dar a conocer a la población agrícola técnicas de conservación y uso eficiente del agua para el mejoramiento de la gestión hídrica, y así reducir el gasto de agua en el cultivo de pitahaya.
- Optar por un sistema de riego por goteo, dado que es un sistema que permite el ahorro de agua, es de fácil adquisición y construcción, y sobre todo es amigable con el medio ambiente y favorable para el cultivo de pitahaya.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcón, F., Arcas, N., De Miguel, D. y Fernández, A. (2009). Adopción de tecnologías ahorradoras de agua en la agricultura. Obtenido de <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/series-tematicas/economia/la-economia-del-agua-de-riego-en-espana.pdf#page=127>
- Alvarado, Á., Medina, E. y Ochoa, L. (2015). Sistema productivo del cultivo de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en Bogotá Colombia. Obtenido de <https://www.espacioimasd.unach.mx/index.php/Inicio/article/view/76/234>
- Alvarado, Á., Medina, E. y Ochoa, L. (2015). Sistema productivo del cultivo de pitaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en Boyacá-Colombia. Espacio i+ d, innovación más desarrollo, 4(9).
- Álvarez, A., Márabito, J. y Schilardi, C. (2016). Huellas hídricas verde y azul del cultivo. Obtenido de la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Vol. 48, no. 1) Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias Argentina.
- Andrade, M., Moliner, A. y Rodríguez, A. (2019). Prácticas de edafología, métodos didácticos para análisis de suelos. Universidad de Rioja. Obtenido de: <file:///C:/Users/LENOV/Downloads/Dialnet-PracticasDeEdafologia-580696.pdf>
- Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. (2011). Revista Internacional de sostenibilidad, tecnología y humano. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/11915>
- Arévalo, D., Lozano, J. y Sabogal, J. (2012). Estudio nacional de huella hídrica Colombia sector agrícola. "Revista internacional de sostenibilidad, tecnología y humanismo", Diciembre 2011, núm. 6, p. 101-126.
- Arteaga, R. Ángeles, V. y Vázquez, M. (2011). Programa CROPWAT 8.0 para planeación y manejo del recurso hídrico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(2), 179-195.

- Bajaña, K. (2020). Análisis del sistema de producción de pitahaya *Hylocereus undatus* en el cantón Guayaquil (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Bazán Tapia, R. (2017). Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego.
- Cabrera, C. (2018). Evaluación de dos abonos orgánicos líquidos en la producción del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) en el litoral ecuatoriano. *La Técnica*, (20), 29-40.
- Cadena, D. (2014). Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Obtenido de la Universidad Central del Ecuador Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática trabajo de graduación, previo a la obtención del.
- Calvo, G. (2013). Modelo de predicción de la calidad del agua. Tesis sometida a consideración del tribunal evaluador como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo, con énfasis en Gestión y Cultura Ambiental. Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Canché, H. y Martínez, R. (2014). Caracterización de la producción de pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la Zona Maya de Quintana Roo, México. *Agroecología*, 9, 123-132.
- Carrión, R., Holguín, A., Ciancaglini, P. y Liotta, R. (2015). Manual de capacitación: Riego por goteo. 1er editorial, Rivadavia. Martha Laura Paz, 22p. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/4528/1/NTA_EEASanJuan_Liotta_Riego_por_goteo.pdf?sequence=1
- Casas, J., Repullo, R. y Campos, D. (2012). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/82245762.pdf>
- Castilla, Á., Castro, M., Gutiérrez, M. y Aldana, C. (2014). Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del recurso agua: Caso cubano, *Volunt. Hidráulica*, vol. 99, pp. 1-16, 2007.

- Cerana, J. (2011). Mediciones físicas en suelos con características. Obtenido de la Revista Científica Agropecuaria 8(1): 11-22 Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER Paraná. Entre Ríos. Argentina.
- Cilveti, M. (2015). Evaluación de la huella hídrica. Obtenido de la Universidad Pública de Navarra Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.
- Dífilo, I. (2017). Asociación de productores y comercializadores de pitahaya y otros productos Palora. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, escuela de trabajo social, tesis previa a la obtención del título de magíster en gestión del desarrollo local comunitario. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14200/FORTALECIMIENTO%20ASOCIATIVO%20DE%20LOS%20ACTORES%20DE%20LA%20ECONOM%C3%8DA%20POPULAR%20Y%20SOLIDARIA%20PARA%20EL%20APROVECHAMIE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Echeverri, V. (2014). Estimación de la huella hídrica en la extracción de caliza a cielo abierto y propuesta de una política de integración sostenible del recurso hídrico – caso planta Rio claro, Argos. Obtenido de la Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Escuela de geociencias y medio ambiente Medellín, Colombia Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de: Magíster en Ingeniería - Recursos Hidráulicos.
- Espinosa, L., Quevedo, A., Bauer, J., Hebert del Valle, D., Palacios, E. y Águila, M. (2011). Prototipo para automatizar un sistema de riego motocultivo. Posgrado de Hidro ciencias. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.
- Esquivel, P. y Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 3(1), 113-129.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). *Guía de capacitación en temas agrícolas para agricultores familiares*. Obtenido de <https://www.fao.org>.
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2014). Huella de agua de la industria bananera. Obtenido de <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/water-footprint/es/>
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). CropWat 8.0. Obtenido de <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/es/>
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Obtenido del Manual de riego parcelario: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/recreat/pdf/MR_indice.PDF
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe. Obtenido de <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>
- Fernández, M., Molina, M. y Moratilla, F. (2010). La Huella Hídrica en España. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/49681921/EstebanMoratilla-et-al-2011.pdf?1476776347=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_Huella_Hidrica_en_Espana_Articulo_res.pdf&Expires=1626830972&Signature=OdO69cL1LabmL0tkpnGOxPnNdXzcW1rh6frOzdge
- Fernando, M. (2009). Importancia del agua en la nutrición de los cultivos. Obtenido de http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo2/5.pdf
- Flórez, N., Zution, I., Rodríguez, D., Barbosa, A., Ponciano, F., Ribeiro, D. y Macsura, E. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en

el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. *Agro ciencia*, 47(2), 107-119.

García, C. (2019). Pitaya: Cosecha y postcosecha. Desarrollo tecnológico para el manejo cosecha y postcosecha de uchuva y pitaya: https://www.researchgate.net/publication/316159055_Pitaya_Cosecha_y_poscosecha

Gonzáles, J., Montoya, J., Botero, A. y Arévalo, D. (2012). Aproximación a la estimación de la Huella Hídrica de la minería del oro en el Municipio de Segovia, Antioquia (Colombia). "Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo", Diciembre 2012, núm. 7, p. 27-44.

Granda, M. (2017). Estudio de dos herbicidas ecológicos con tres diferentes dosis en el control de las malezas para el cultivo de pitahaya roja *hylocereus undatus haworth* (Bachelor's thesis). Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17649/1/Granda%20Coloma%20Miguel%20Angel.pdf>

Guzmán, A. (2013). Riego por aspersión. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, vol. 4, núm. 3, 2005, pp. 299-307 Distrito Federal, México.

Hernández, G. (2020). Producción de Pitahaya en Nicaragua análisis de rentabilidad de la pitahaya ciclo 2017–2018 en las comunidades de San Ignacio, Palo Solo y Temua del municipio de la Concepción (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua).

Hoekstra, A. Chapagain, A. Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2011). Manual de Evaluación de la Huella Hídrica. AENOR.

IAGUA. (06 de 05 de 2016). ¿Qué es la huella hídrica? Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/espana/aquafides/16/04/28/que-es-huella-hidricapara-que-sirve>

Ibarra, E., Valdez, B., Villarreal, M. y Hernández, S. (2011). Calidad postcosecha de frutos de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw.) cosechados en tres estados de madurez. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. *Rev. fitotec. mex* vol.34 no.1 Chapingo.

- INIAP. (2020). Manual Técnico del cultivo de pitahaya. INIAP. Manual N° 117 x. Joya de los Sachas, Ecuador, 39p.
- Ivanova, Y. (2013). Evaluación de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá como una herramienta de gestión del recurso hídrico en el área urbana. Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y rurales maestrías en Gestión Ambiental Bogotá D.C., Colombia.
- Jiménez, J. (2019). Universidad Tecnológica de Panamá. Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidro técnicas. Funciones de R para graficar, clasificar y explorar los datos de textura del suelo. Obtenido de <https://rida2.utp.ac.pa/bitstream/handle/123456789/9429/manual-R-funciones-graficar-clasificar-suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lagos, O. Manríquez, C. Contreras, J. Valdivia, W. Souto, C. Pérez, A. y Murillo, H. (2019). *Manual Sistemas de Riego y Manejo Hídrico de Cultivos*. <https://bibliotecadigital.ciren>.
- Loor Ganchozo, L. I., y Trujillo Pionce, K. S. (2021). Evaluación de la proporción del abono de soca de maíz (zea mays l.) En la calidad físico-química del suelo en los Amarillos, Tosagua. Obtenido: <http://190.15.136.145/handle/42000/1656>
- López, F., Álvarez, S., Garzón, S. y Camacho, G. (2012). Evaluación del efecto de podas y fertilización con potasio en la inducción floral en pitahaya. Obtenido de la facultad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Revista UDCA: actualidad & divulgación científica (Bogotá). -- Vol. 5 No. 1 (Nov, 2002). -- páginas 74-82.
- López, O. (2016). Evaluation of phosphorus and nitrogen dosages in strawberry pear (*Hylocereus undatus*) cultivation. *Agronomía mesoamericana*: vol. 9.
- Lozano, R. (2018). Suelos: Guía de prácticas simplificadas en campo y laboratorio. Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://upnblib.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/2263/TE-20578.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MAG. (2015). Plan Nacional de Riego y Drenaje. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/el-plan-nacional-de-riego/>

- Manual para la evaluación de la Huella Hídrica. (2014). 8.0 para cuantificación de hh verde.
- Manual para la evaluación de la Huella Hídrica. (s.f.). Cuantificación de la Huella Hídrica. Obtenido de <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
- Manual para la Evaluación de la Huella Hídrica. (2014). CropWat 8.0 para cuantificación de hh verde.
- Martínez, M. (2013). Indicadores como información base para el análisis del desempeño ambiental: huella hídrica, huella ecológica y huella de carbono. Universidad Autónoma de Nuevo León maestría en Ciencias con Orientación en Ingeniería Ambiental.
- Martos, A. (2015). La importancia del agua en nuestro planeta. Obtenido de <http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/2374/1/MARTOS%20L%c3%93PEZ%2c%20%c3%81NGEL.pdf>
- Medina, R. (2021). Estudio de las labores culturales de pitahaya (*Selenicereus undatus*) en la zona del Guayas. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9225/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, C., Coello, A. y Galán, V. (2013). Variedades de pitahaya roja. Servicio técnico agricultura y desarrollo rural. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA): Obtenido de http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/frut_486_Pitaya_definitivo.pdf
- Mendoza, C., Gruber, L., Torrealba, C. (2010). Diseño, construcción y evaluación de un equipo automatizado para riego por microaspersión. *Bioagro*, 22(3), 235-238.
- Miranda, M. y Sánchez, R. (2019). El método biográfico-narrativo: una herramienta para la investigación educativa. *Educación*, 28(54), 227-242.

- Mora, P. (2011). Instituto Colombiano agropecuario. El cultivo de pitahaya. Obtenido de: <https://www.ica.gov.co/getattachment/bff8ee09-c032-404b-8fcb-8c5f7d72d532/El-cultivo-de-Pitahaya-en-temporada-invernal.aspx>
- Naciones Unidas. (2017). Departamento de asuntos económicos y sociales. La población mundial. Obtenido de: <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/world-population-prospects-2017.html#:~:text=La%20poblaci%C3%B3n%20mundial%20actual%20de,dado%20a%20conocer%20este%20mi%C3%A9rcoles>.
- Nájera, A. (2011). Exportación de pitahaya en conserva procesada en Ecuador hacia el mercado de EE.UU. Universidad de la Américas, Facultad de ciencias económicas y administrativas, Trabajo de titulación para optar el título de Licenciatura. Obtenido de: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/2890/1/UDLA-EC-TLCI-2012-04%28S%29.pdf>
- Parra, E. (2019). Implementación de un sistema controlador de factores climatológicos y cultivos de pitahaya hidropónica. Obtenido de: http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2450/4/Aldo%20Parra_Trabajo%20de%20Suficiencia%20Profesional_Título%20Profesional_2019.pdf
- Perevoch, M. (2012). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Obtenido de Gest. polít. pública vol.22 no.2 México.
- Pérez, S. (2012). Evaluación y análisis de la huella hídrica y agua virtual de la producción agrícola en el Ecuador. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/911/1/AGN-2012-T025.pdf>
- Rendón, E. (2015). La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. Obtenido de la Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad San Ignacio de Loyola Vol. 2 N 1.
- Ríos, J., Torres, M., Castro, R., Torres, M. y Ruiz, J. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos. Obtenido de la Revista de la Facultad

de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Cuyo (Vol. 47, no. 1) México.

- Rodríguez, M. (2019). Análisis del sistema de producción de pitahaya *Hylocereus undatus* en el cantón Guayaquil (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Rodríguez, L., Fonseca, R., Ruíz, L., Hernández, C. y Montesinos, K. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.) un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos Tropicales*, 36, 67-76.
- Rodríguez, L., Montesinos, J., Ortiz, R., Fonseca, M., Ruíz, G. y Guevara, F. (2015). PITAHAYA (*Hylocereus* spp.) UN RECURSO FITOGENÉTICO CON HISTORIA Y FUTURO PARA EL TRÓPICO SECO MEXICANO. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243640007.pdf>
- Rojas, N. (2020). Educación ambiental para formar promotores ambientalistas en las comunidades desde la cátedra del adulto mayor. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*.
- Romero, M., Quintero, M. y Monserrate, F. (2016.). Elementos técnicos para la medición de huella hídrica en sistemas agrícolas. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Cali, Colombia. 44 p.
- Ruiz, A., Cerna, J. y Menacho, L. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453.
- Ruíz, E. (2019). Identificación de insectos plaga en el cultivo de la pitahaya *Hylocereus undatus* en la provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil).
- Salas, L., Salazar, M. y Hernández, D. (2018). Autonomía del trabajo y satisfacción laboral en trabajadores de una universidad peruana. *Apuntes Universitarios*, 8(3), 43-56.
- Sammir, V. (2013). Riego por goteo. Crecimiento del fruto de peral bajo el sistema de riego por goteo con una y dos líneas. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 6(2), 140-151.

- Sánchez, E., Villarreal, J. y Torres, J. (2014). Estimación de la Huella Hídrica para un cultivo de Pitahaya (*Selenicereus Megalanthus*). Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1439/1758>
- Sánchez, A. y Villareal, R. (2016). Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Diseño de un sistema de captación a partir de la estimación de la huella hídrica para la producción de pitahaya (*Selenicereus Megalanthus*) en el municipio de Palestina–Huila en la Finca Villa Francy. Obtenido de: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1417&context=ing_ambiental_sanitaria
- Sánchez, A., Roa, J. y Ortega, A. (2015). Caracterización de la producción de pitahaya (*Hylocereus* spp.) en la Zona Maya de Quintana Roo, México. *Agroecología*, 9, 123-132.
- Sánchez, A., Villareal, R. y Torres, A. (2015). Estimación de la huella hídrica para un cultivo de pitahaya. *Publicaciones e Investigación*, 9, 135 - 146. Obtenido de: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1439/1758>
- Sarango, C. (2012). Implementación de un sistema agroforestal. Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador, Loja.
- Saradhulhat, P. (2019). Dragon Fruit On and Off season production in Thailand. Departamento de Horticultura. Facultad de Agricultura. Universidad Kasetsart de Tailandia. Obtenido de: <https://ap.fftc.org.tw/article/1597>
- Segarra, G. (2011). Identificación de los impactos a través de las actividades antrópicas ejercidas sobre los suelos utilizando la teledetección, en el cantón Santa Lucia, Provincia de Guayas (Bachelor's thesis, Quito: USFQ).
- Seguí, A., García, D. y Guerrero, H. (2016). Huella hídrica: análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficiente de

los recursos hídricos. EAE Business School, Barcelona, España; Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Seguí, L., García, D. y Guerrero, H. (2016). Huella hídrica: Análisis como instrumento estratégico de gestión para el aprovechamiento eficaz de los recursos hídricos. Obtenido de <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/article/view/342/187>

Tamayo, L. (2010). Vida útil de pitahaya (*Hylocereus undatus*) mínimamente procesada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 11, núm. 2, diciembre, 2010, pp. 154-161 Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México.

Torrealba, L. (2010). Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Barquisimeto, Venezuela Diseño, construcción y evaluación de un equipo automatizado para riego por microaspersión Bioagro, vol. 22, núm. 3, septiembre-diciembre, 2010.

Vela, B. (2019). *Caracterización de la eficiencia de conducción y de distribución en el ramal "Chichipata" del Sistema de Riego Tumbaco* [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec>.

Vera, A. (2016). Análisis de la producción y productividad del cultivo de pitahaya. Universidad técnica estatal de Quevedo facultad de ciencias agrarias título del proyecto de investigación: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1941/1/T-UTEQ-0013.pdf>

Villarreal, P. (2013). Estudio de procesos de industrialización en el lavado de la fruta pitahaya para la optimización de la producción en el centro agrícola del cantón Palora (Bachelor's thesis), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de.

Villavicencio, M. (2021). Estudio de las labores culturales del cultivo de pitahaya (*Selenicereus undatus*) en la zona del Guayas (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9225>

- Vite, A. (2014). Posibilidades de introducir el cultivo de pitaya en el distrito de Frías (Ayabaca-Piura). *Espacio y Desarrollo*, (26), 129-142.
- Wadsworth, F. (2001). Forest service. En *producción Forestal para América Tropical* (págs. 270-280). EEUU: USDA.
- Yamasqui, J. (2022). *Evaluación y valoración de levantamientos topográficos mediante aerofotogrametría y métodos tradicionales, utilizando estación total o GPS diferencial*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de: <http://dspace.unach.edu.ec>.
- Zenaida, J. (2015). Riego por Exudación. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Departamento Académico de Recursos Hídricos.
- Zuñiga. (2020). Evaluación financiera, durante el primer año de establecimiento, de una hectárea de pitahaya (*hylocereus undatus*) en la vereda Galilea Alto en el Municipio de Palestina (Huila). Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41395/Jazunigab.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO 1. ENCUESTA

ANEXO 1.1. ENCUESTA APLICADA

ENCUESTA



La presente encuesta es para analizar el conocimiento sobre "La Huella Hídrica Verde", la cual, es el volumen de agua proveniente de lluvia consumida durante el proceso de producción, la cual no escurre o recarga aguas subterráneas, pero es almacenada en el suelo o permanece temporalmente sobre él (Alvarez et al., 2016)



Según sus conocimientos responda:

- 1) ¿Tiene usted conocimiento sobre la importancia del agua?
 Sí No
- 2) ¿Tiene usted conocimiento del significado de la palabra huella hídrica?
 Sí No
- 3) ¿Conoce usted cuales son los tipos de huella hídrica?
 Sí No
- 4) ¿Cuál de los siguientes tipos de riegos utiliza en el cultivo de Pitahaya?
 Riego por goteo Riego por aspersión Riego manual Riego por zanga
- 5) ¿Qué tipo de riego usted cree conveniente para la reducción del consumo de agua en el cultivo de pitahaya?
 Riego por goteo Riego por aspersión
 Riego manual Riego por zanga
- 6) ¿Por qué se da el desperdicio de agua en cultivo de pitahaya?
 Por falta de conocimiento
 Porque creen que entre más agua mejor producción
 Por el tipo de regios que utilice
 Otras
- 7) ¿Estaría usted de acuerdo a asistir a talleres para adquirir conocimiento para mejorar el modo y uso del recurso hídrico en cultivo de pitahaya?
 Sí No

ANEXO 1.2. APLICACIÓN DE ENCUESTAS



ANEXO 2.3 FORMATO DE MATRICES ANUAL PARA LA OBTENCIÓN DE CAUDALES EN LA ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA EN CULTIVO DE PITAHAYA (*Hylocerious undatus*).

Matriz de Riego anual para la época seca					
Volumen (L)					
Meses	Promedio diario	Promedio semanal	Total mensual	Riego anual por planta (Época Seca)	Riego anual por cultivo 80 plantas (Época Seca)
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					

Matriz de riego anual para la época lluviosa			
Volumen (L)			
Meses	Mensual	Riego anual por planta (Época lluviosa)	Riego anual por cultivo 80 plantas (Época lluviosa)
Diciembre			
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			

*Equivalencia $1 \text{ mm/m}^2=1 \text{ L}$

ANEXO 3. MUESTREO EN CAMPO

ANEXO 3.1. TOMA DE MUESTRA DE SUELO



Hueco para la muestra el tipo de suelo.



Profundidad a un metro.

ANEXO 3.2. TOMA DE MUESTREO DE VOLUMEN DE RIEGO



Colocación de recipiente para la toma de datos de agua.



Llenado de recipiente con espera de una hora.



Medición de cantidad de agua con probeta.

ANEXO 4. MANUAL DE RIEGO PARA CULTIVOS DE PITAHAYA**MANUAL DE OPERACIÓN
ÓPTIMO PARA EL RIEGO
DE CULTIVO DE
PITAHAYA**

ÍNDICE

- Pág. 2** INTRODUCCIÓN
- Pág. 3** BASES TÉCNICAS DE USOS DE AGUAS EN CULTIVOS
- Pág. 4** MÉTODOS DE RIEGO
- Pág. 4** MÉTODO POR GOTEO
- Pág. 5** MÉTODO POR ZANJA
- Pág. 6** MÉTODO POR ASPERSIÓN
- Pág. 7** OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN CULTIVOS DE PITAHAYA
- Pág. 11** RESULTADOS
- Pág. 12** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- Pág. 13** BIBLIOGRAFÍA

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Cultivo de pitahaya	3
Figura 2: Riego por goteo	4
Figura 3: Riego por zanja.....	5
Figura 4: Riego por aspersión.....	6
Figura 5: Producción de pitahaya.....	7
Figura 6: Plantas de pitahaya	7
Figura 7: Pitahaya.....	8
Figura 8: Floración de la pitahaya.....	9
Figura 9: Cosecha de pitahaya	10



INTRODUCCIÓN

La fruta del dragón, como se le denomina a la pitahaya, pertenece a la familia de las cactáceas, es una fruta exótica que se está volviendo popular por sus propiedades nutricionales y sus compuestos bioactivos (Verona *et al.*, 2020). Su cáscara tiene un intenso color rojo o amarillo, posee una pulpa blanquecina y jugosa con semillas negras, su cultivo es considerado como una buena fuente de ingresos y de empleo (Ortega *et al.*, 2018).

Esta fruta se produce en regiones subtropicales y tropicales de América Latina como México, Venezuela, Colombia, Brasil, Costa Rica y Ecuador, sin embargo, se está expandiendo en muchos países gracias a su potencial económico y al beneficio que les brinda a los consumidores (Verona *et al.*, 2020).

Ecuador dispone aproximadamente de 1528 hectáreas de pitahaya, con cerca de 672 productores desde hace unos 10 años. El 60% de la producción se obtiene entre febrero y marzo, aunque no mantiene un patrón definido debido al manejo agronómico y las condiciones ambientales (Vargas *et al.*, 2020). En Manabí, que es una zona muy productiva, se está empezando a cultivar pitahaya, hay 33 productores en la provincia que han sido aprobados por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Álvarez y Bravo, 2019).

Esta especie de cactus tiene tolerancia a la sequía extrema, por lo tanto, es un punto a favor para los agricultores que cuentan con tierras secas, degradación de la tierra y escasez de agua (Verona *et al.*, 2020). Al inicio se deben realizar regadíos ligeros por dos meses con periodicidad de un riego por semana, luego, cuando la planta está enraizada, se hace un rocío tenue cada dos meses. Cuando se da la floración se suspenden los riegos hasta después de la cosecha. Durante los dos primeros años de cultivo se debe irrigar para estimular un buen crecimiento y en los siguientes años se riega en el periodo de brote y floración (Valencia, 2019).

Este manual contiene valiosa información para el lector interesado en el cultivo de esta fruta apetecida a nivel nacional e internacional. Sabiendo que es una planta que no requiere de mucha agua, se destaca en las siguientes secciones los métodos de riego que se pueden utilizar para la misma, dando indicaciones puntuales sobre la eficiencia de cada uno al momento de emplearlo, así mismo se expondrán otros conceptos básicos e indagaciones importantes.

BASES TÉCNICAS DE USOS DE AGUAS EN CULTIVOS

Para empezar este apartado es necesario mencionar, lo redactado por BID *et al.*, (2020), en su trabajo se muestra que las plantas de pitahaya poseen una plasticidad extraordinaria, misma que posibilita su crecimiento en incomparables condiciones agroecológicas. Su naturaleza fisiológica admite que puedan hacer un correcto uso del agua.

Esto demuestra que en cuanto a este tipo de plantas su propia naturaleza las convierte en un ente que emplea el líquido vital eficientemente. Ahora bien, si el ser humano aplica correctas bases técnicas o en su debido caso, los apropiados sistemas de riego, es lógico que sacará buenas ventajas económicas al trabajar con pitahaya.

Dicho sistema de riego, se debe emplear de acuerdo a los resultados de la investigación de campo en donde los agricultores manifiesten las experiencias que han tenido con los diferentes sistemas existentes. El que destaca es el sistema por goteo, puesto que, considerando un costo de 0,02 el m³ para utilizar en el primer año 3000 m³ de agua, por lo tanto, se obtendrá un gasto de \$300 para la implementación del cultivo (Muñoz, 2021).

Es normal entonces que este sistema de goteo esté tomado en cuenta dentro de las bases técnicas de usos de agua en cultivos, más adelante se explicará a fondo sobre este sistema, exponiendo así por qué es considerado como uno de los mejores, en cuanto a este tipo de casos se trata.



Figura 1: Cultivo de pitahaya
Fuente: Los Autores

MÉTODOS DE RIEGO

MÉTODO POR GOTEO

Para Sánchez y Rivera (2018) es aquel donde se aplica agua filtrada y el fertilizante dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual.

REQUERIMIENTOS

Concha *et al.* (2018) establece los siguientes requerimientos:

1.- **Grupo de bombeo de agua:** Se compone de la tubería por donde se absorbe el agua desde un reservorio y el conducto de propulsión a la salida de la bomba, además consta del cabezal de la instalación que comprende los mecanismos para el tratado, medición y filtrado del agua, así como para la introducción de fertilizantes.

2.- **Red de distribución de tuberías:** Está compuesta por hileras primarias y secundarias de repartición que por lo general están enterradas y también están los ramales portagoteros, colocados en la superficie del terreno para realizar la descarga.

3.- **Goteros:** Encargados de hacer la irrigación a los cultivos y van introducidos en los ramales portagoteros respetando las distancias correspondientes entre una planta y otra.

EFICIENCIA

- Según Ruiz (2021) minimiza el desgaste innecesario del recurso hídrico brindando así las cantidades requeridas por el cultivo.
- Permite controlar el desarrollo de malas hierbas o malezas que crecen al lado del cultivo (Muñoz, 2018).



Figura 2: Riego por goteo
Fuente: Los Autores

MÉTODO POR ZANJA

Pascual (2019) menciona que es aquel en el que el agua transita por surcos y estructuras anticipadamente construidas para efectuar la irrigación de determinadas zonas.

REQUERIMIENTOS

1.- **Zanjas:** Para su apertura es necesario una retroexcavadora, sin alterar el material del fondo de la zanja, antes bien, se debe preparar el suelo removiendo rocas, terrones, suelo congelado, suciedad y demás materiales no aptos. Hay que alisar el fondo para que quede plano y quitar cualquier material blando para reemplazarlo por algo de mayor resistencia (Pitarch, 2019).

2.- **Tuberías:** Deben asegurar una capacidad de carga suficiente para resistir a las demandas externas que actuarán durante el riego, para esto el agricultor dará a conocer las características que deberán cumplir los componentes de la zanja (Pitarch, 2019).

3.- **Turbina o bomba:** Encargada de impulsar el agua por las tuberías de plástico, trasladando el recurso hídrico por el canal hasta la cabecera de cada uno de los surcos (Pineda, 2020b).

EFICIENCIA

- Las hojas de las plantas no entran en contacto directo con el agua, solo se riegan las raíces, reduciendo así las enfermedades (Pascual, 2019).
- Es un riego localizado que requiere poca mano de obra y bajo recurso económico, puede implementarse en la mayoría de suelos y en terrenos irregulares (Pineda, 2020b).



Figura 3: Riego por zanja
Fuente: (Saradhuidhat, 2019)

MÉTODO POR ASPERSIÓN

Murillo (2021) indica que es la aplicación del agua en forma de lluvia, es un riego mecanizado o presurizado debido a que requiere aparatos que forjen presión para movilizar el recurso hídrico.

REQUERIMIENTOS

- 1.- **Sistema de bombeo:** Es el encargado de transportar el agua desde la fuente de suministro hacia todos los cultivos existentes en el terreno (Banchón, 2021).
- 2.- **Red de tuberías:** Son aquellas que llevan el líquido vital a la siembra, está conformada por línea principal y líneas secundarias (Banchón, 2021).
- 3.- **Aspersores:** Su función es la de imitar la lluvia y distribuirla de manera uniforme en las parcelas. Estos se conectan a la red de tuberías por medio de tubos elevadores, los cuales deben tener la altura del cultivo y seguir las recomendaciones del fabricante (Banchón, 2021).

EFICIENCIA

- No se necesita mucha agua, ya que evita pérdidas por traslado y evaporación. Los terrenos inclinados se pueden regar sin una costosa nivelación (Chipana y Mestas, 2021).
- Se evita la erosión y la formación de fango sobre el área del suelo. Se necesita menos mano de obra para su instalación (Banchón, 2021).

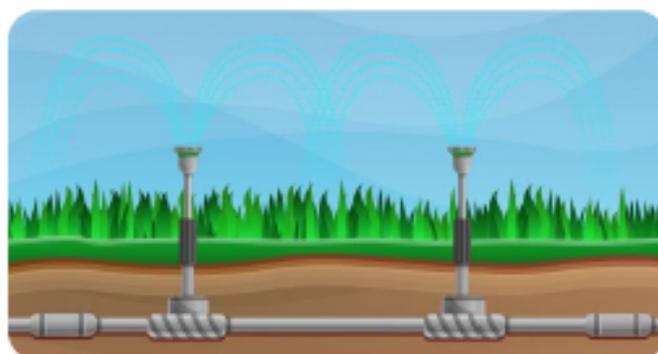


Figura 4: Riego por aspersión
Fuente: (Vledivielso, 2019)

OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EN CULTIVOS DE PITAHAYA

INCREMENTA LA PRODUCTIVIDAD UTILIZANDO EL MÉTODO POR GOTEO



Figura 5: Producción de pitahaya
Fuente: Los Autores

Al hablar de pitahaya, se habla de un cactus y es por eso que esta planta no requiere de abundante agua. Sus riegos deben ser moderados, más que todo durante los dos primeros años de la plantación para promover su desarrollo, posteriormente se riega especialmente durante la floración esto se debe a que si se aporta agua en la época de sequía puede provocar una disminución en la floración y por esto se obtiene menor cantidad de frutos (TecnoRiego, 2020).

En ciertas ocasiones suele usarse el riego por microaspersión, pero se recomienda usar el riego por goteo a fin de disminuir los costos de mantenimiento del cultivo y aumentar el retorno sobre la inversión del agricultor. Es por esto que el sistema de riego ideal para este tipo de cultivo es el sistema de riego por goteo puesto que se optimiza el aprovechamiento del recurso hídrico, garantiza una buena uniformidad para el crecimiento, desarrollo y producción, además de que impide el crecimiento de malezas ya que el distanciamiento de siembra generalmente es de 3 x 3 m (TecnoRiego, 2020).



Figura 6: Plantas de pitahaya
Fuente: Los Autores

REQUERIMIENTOS

Como requerimiento fundamental está desarrollar un acertado bosquejo agrícola, por lo que cualquier error generado hasta aquí puede repercutir seriamente en el funcionamiento de ordenanza. Es aquí donde se establece la abundancia de agua que la instalación tiene que canalizar con volumen para convencer las demandas del cultivo (Intagri, 2010).

En el supuesto de que la cantidad de líquido disponible ya se determinó realizando "aforos" y se conoce a detalle el cultivo a establecer. Por su apariencia de localizado, el riego por goteo solamente riega una demarcación del área. Es por esto tiene que instaurar siempre el mínimo de volumen de riego, mismo que deberá de ser suficiente para así garantizar el suministro hídrico que se necesita para un óptimo crecimiento del cultivo (Intagri, 2010).

Tomando como referencia al cultivo que se trabajó durante un año se llegó a concluir que, para obtener una buena productividad, se debe contar con un adecuado tipo de suelo acotando que este cultivo es adaptable, la temperatura requerida para el cultivo, en la cual si contáramos con la temperatura adecuada de 25° C, con riegos maderables en la cual se constaba con horarios de riego observando antes de regar la humedad que estaba el suelo, en caso de lluvia no se regaba y el agua de lluvia no se quedaba estancada ya que el cultivo está en una parte de loma, se llegó a analizar que si un cultivo llega a estar en parte plana se realice un diseño de drenaje para que la planta no se vea afecta por mucha humedad.

EFICIENCIA

El término de eficiencia de riego no es más que una variable la cual depende de múltiples factores, sin contar con el mal manejo por parte del regante, (Franco, 2018).

El cultivo estudiado en la ESPAM "MFL" área CIIDEA, contaba con una bomba hidráulica de capacidad para riego de 1,5 L el tiempo de riego variaba dependiendo de las necesidades de la planta, pero en su mayor parte bastaba con una hora de riegos pasando un día, dependiendo la humedad del suelo, teniendo como conocimiento que este cultivo solo necesita agua los tres primeros meses que es sembrado. Después de ese tiempo entre menos agua tenga el cultivo y cuente con más luminosidad tendrá mejor resultado.

Para evitar el uso innecesario de gran cantidad de agua, se necesita capacitar a las personas que trabajan y cosechan esta clase de cultivos, ya que la falta de información y conocimiento puede llevar al cultivo aún bajo rendimiento



Figura 5: Pitahaya
Fuente: [Zamora, 2018]

del mismo.

DISEÑO

En este punto es importante hablar de dos clases de diseños, el geométrico y el hidráulico.

Diseño geométrico: Este diseño busca la mejor disposición de las tuberías y demás unidades del sistema sin afectar la uniformidad que caracteriza al sistema. Los siguientes criterios están orientados al trazo y colocación de las diferentes tuberías en cuanto a los sistemas de riego por goteo se trata (Intagri, 2010).

- La almadraba de repartición hídrica se figura cercana a los cursos de fluido, caminos y silueta del terreno.
- Conducir la mayor unión en la inundación.
- El recorrido geométrico de la red se ajusta a los límites del terreno, y el graderío de laterales sigue las curvas de nivel para nivelar las pérdidas por fricción.
- La extensión de remojo se divide en paralelogramos.
- De encontrar pendientes muy fuertes, se utilizan reguladores de presión y goteros auto compensantes.
- Las tomas de riego se concretan por las necesidades de la superficie a regar.

Diseño hidráulico: Fija las dimensiones de los diferentes mecanismos del sistema, para así garantizar el funcionamiento adecuado con altos niveles de uniformidad. La dimensión del sistema está determinada por las condiciones de operación previstas, orientado a las características de la topografía, el cultivo y el suelo (Intagri, 2010).



Figura 6: Floreción de la pitahaya
Fuente: Los Autores

VENTAJAS

Regulación hídrica a baja presión, optimización del uso del agua de riego, incremento de la productividad y arduo trabajo. Así como contar con una fuente de agua cerca de las plantas, humedad equilibrada, por la reducción de la evaporación ayuda a realizar economías de agua vitales. Además, elimina enfermedades, control de aplicación rápido y completo, adaptación en terrenos rocosos o fuertes pendientes, control de malas hierbas, aporte controlado de nutrientes y admite el uso de agua residuales (Pineda, 2020).

De esta forma, se puede notar las numerosas ventajas que da el uso del sistema por goteo en la producción de pitahaya, más que nada generando un correcto crecimiento de la planta y por ende dando ganancias a quien la cultiva.

DESVENTAJAS

La reducción en la calidad de agua debido a la transformación del carbonato cálcico y disminución de calidad en el agua potable. Por otra parte, coste elevado de la instalación, alto riesgo de obturación, sales en las zonas regadas y el tapado de los orificios que no será como se espera (Pineda, 2020). Las desventajas pueden ser numerosas o no, todo depende de la calidad del personal que realice la instalación.

IMPORTANCIA

Todo parte de la eficiencia óptima del uso del agua para el regadío de cultivos, es una técnica que facilita la aplicación de abono líquido con el agua, consiguiendo así la humedad necesaria, control biológico, ahorro energético y la productividad de los cultivos. En concreto, es un método de irrigación que puede ser utilizado en cualquier tipo de terreno, permitiendo automatizar las instalaciones (Pineda, 2020).



Figura 7: Cosecha de pitahaya
Fuente: Los Autores

RESULTADOS

Mediante la matriz de riego que se aplicó al cultivo arrojó un gasto en época seca de $8,26 \text{ m}^3$ y en época lluviosa de $89,92 \text{ m}^3$, luego se realizó el cálculo de la huella hídrica verde y se adquirió en la época seca un valor de $24,58 \text{ m}^3/\text{ton}$, mientras que en la época lluviosa alcanzó una cantidad de $267,62 \text{ m}^3/\text{ton}$, evidentemente se observó que las necesidades de consumo de la plantación según la determinación de la huella hídrica verde en la época lluviosa cumplen con las necesidades requeridas de la época seca, es decir, no es necesario regar el cultivo durante la época seca. Nieto *et al.* (2018) destacan que la naturaleza tiene constantes cambios de condiciones climáticas, es decir, cada época lluviosa es diferente debido a la pérdida de agua, ya que esta no puede ser controlada por el ser humano, a diferencia de la época seca donde el riego puede ser controlado por el hombre y en caso de darse un exceso de riego es considerado desperdicio, por lo cual Sánchez *et al.* (2014) destacan que en esta determinación la cantidad de agua que es aprovechada por el cultivo dependerá de las precipitaciones efectivas del lugar con el rendimiento del cultivo, lo cual incide directamente en el cálculo de la huella hídrica verde.

Época seca = $8,26 \text{ m}^3$ (6 meses)

Época lluviosa = $89,92 \text{ m}^3$ (6 meses)

$$\text{Huella Hídrica (verde)} = \frac{UAC(\text{verde})}{y} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época seca (verde)} = \frac{8,26 \text{ m}^3}{0,336 \text{ ton}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época seca (verde)} = 24,58 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época lluviosa (verde)} = \frac{89,92 \text{ m}^3}{0,336 \text{ ton}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right]$$

$$\text{Huella Hídrica época lluviosa (verde)} = 267,62 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{ton}} \right]$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La pitahaya tiene cuantiosas características positivas que la vuelven llamativa a los ojos de los productores por sus beneficios económicos, uno de estos rasgos principales es su tolerancia a la sequía extrema. En Ecuador, por ejemplo, se encuentran existiendo desde hace unos 10 años o más, alrededor de 1528 hectáreas del fruto del dragón, específicamente en Manabí, que es una de las provincias más productivas, se han aprobado por la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario un total de 33 casos, para que así puedan llevar a cabo sus cosechas sin problema alguno.

El ahorro del recurso hídrico se puede decir que es la mayor virtud con la que cuenta la fruta del dragón, por lo que no requiere de mayor irrigación, de manera que si se excede en el uso del agua puede provocar un decremento en la floración y por ende obtener menor cantidad de frutos.

Hablando de los métodos de riego que suelen usarse, en este trabajo se mencionaron tres, el método por zanja y por aspersión pueden usarse, tomando en cuenta ciertos aspectos que ya se mencionaron en las secciones anteriores, pero en base a esa misma información mostrada, es notorio observar que el más óptimo para este tipo de casos sea el método por goteo. Tiene como objetivo mermar los costos de mantenimiento del cultivo y, asimismo, aumentar el retorno sobre la inversión del agricultor. Está orientado a perfeccionar el aprovechamiento del recurso hídrico, garantizando una buena uniformidad para el crecimiento, desarrollo y producción de la pitahaya.

RECOMENDACIONES

Conociendo el gran provecho que ofrece la planta de pitahaya se sugiere expandir su cultivo a más zonas secas del país, tomando en cuenta las ventajas de la misma y poniendo en práctica lo mencionado en este manual para así obtener mejores frutos y por tanto más ganancias económicas, siendo esta fruta una de las más exportadas del territorio ecuatoriano.

Al formar parte de la familia de las cactáceas, es normal observar que según diferentes autores los riegos de la pitahaya deben ser moderados, más que nada en el transcurso de los primeros dos años y luego en la floración, es por eso que también se propone evitar sembrarla en campos donde exista lluvia frecuente y abundante, porque esto impediría su buen desarrollo y reproducción a futuro.

Como se mencionó, acerca de los métodos de riego para la pitahaya, el regadío por goteo es el más adecuado, sin embargo, se invita al agricultor a hacer un estudio de su área de terreno, del ambiente, del tipo de suelo y demás variables que influyen en el cultivo de esta planta y según los resultados que obtenga decidir cuál tipo de riego conviene más tomando en cuenta la inversión y la rentabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, A. y Bravo, G. (2019). La pitahaya producida por la empresa "Pitakawsay Cia. Ltda." Y su perspectiva de exportación al mercado estadounidense. Recuperado de <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2022>
- Banchón, J. (2021). Diseño de un sistema de riego por aspersión en cultivo de banano para la finca el garrido ubicada en Calichana, cantón Pasaje, provincia del Oro. Recuperado de La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021 website: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6363>
- BID, Procomer, Crecimiento verde y Esencial Costa Rica. (2020). Manual técnico: Siembra de Pitahaya. 60.
- Chipana, L. y Mestas, R. (2021). Mejoramiento y ampliacion del sistema de riego por aspersion en la localidad de chiscata provincia de yauri region cusco 2021. En Universidad Privada de Trujillo. Recuperado de Universidad Privada de Trujillo website: <http://181.176.219.234/handle/UPRIT/505>
- Concha Tito, C. D., Roman Alvarado, J. C. y Veliz Meza, M. A. (2018). Evaluación de diseño del proyecto de la asociación de productores agrícolas Santa Elena para la instalación de sistema de riego por goteo para cultivos de exportación (quinua y páprika) en el distrito de Supe, Barranca, entre 2013 y 2018. En Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de Pontificia Universidad Católica del Perú website: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13141>
- Franco, V. (2018). Evaluación de la eficiencia del método de riego por goteo. Universidad Técnica De Ambato, 41. Recuperado de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27290/1/Tesis-191 Ingeniería Agronómica -CD 563.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27290/1/Tesis-191%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20CD%20563.pdf)
- Intagri S. (2010). Sistema de Riego por Goteo | Intagri S.C. Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>
- Muñoz, M. (2021). Estudio Técnico y Económico para la Implementación del Cultivo de Pitahaya Amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en la Comuna San Marcos, Provincia de Santa Elena. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6387/1/UPSE-TIA-2021-0104.pdf>
- Muñoz, N. (2018). Estudio de factibilidad financiera para la producción de pitahaya *Hylocereus undatus*, Britt and Rose de exportación, en la comuna Julio Moreno, provincia de Santa Elena. Recuperado de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4489>

- Murillo, B. (2021). Evaluación de la aplicación de riego por aspersión en la comunidad kututu municipio de corque departamento de oruro.
- Ortega, A., León, M. y Rosas, R. (2018). Producción de pitahaya para promover el desarrollo regional y sustentable.
- Pascual, E. (2019). Tipos de riego: ventajas y desventajas - ElBlogVerde.com. Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://elblogverde.com/tipos-riego/>
- Pineda, J. (2020a). Riego por goteo, riego gota a gota, ventajas e inconvenientes, agronomía. Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-goteo/>
- Pineda, J. (2020b). Riego por Surcos, Sistema de Riego por Gravedad, Riego de Cultivos. Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-surcos/>
- Pitarch, M. (2019). Proyecto de transformación agraria a riego localizado con bombeo fotovoltaico en una plantación de cítricos en el término municipal de Sagunto (Valencia). Recuperado de Universitat Politècnica de València website: <https://riunet.upv.es/handle/10251/123649>
- Ruiz, J. (2021). Comparación productiva del cultivo de pitahaya (*Hylocereus undatus*) a la aplicación de microorganismos de montaña y microorganismos eficientes en el recinto.
- Sánchez, M. y Rivera, L. (2018). Aplicación de dos modalidades de riego por goteo en el crecimiento y producción de camote (*Ipomoea batatas* L., variedad INIA 320). Anales Científicos, ISSN-e 2519-7398, Vol. 79, N° 1 (Enero a Junio), 2018, págs. 144-150, 79(1), 144-150. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1151>
- Saradhulhat, P. (2019). Dragon Fruit On and Off season production in Thailand. Departamento de Horticultura. Facultad de Agricultura. Universidad Kasetsart de Tailandia. Obtenido de: <https://ap.ffc.org.tw/article/1597>
- TecnoRiego. (2020). Cultivo de pitahaya | TecnoRiego. Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://www.tecnoriego.com.ec/pitahaya>
- Valencia, M. (2019). Manejo agronómico de Pitahaya (*Hylocereus peruvianus* Backeb.) en Chocope, La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/14863>
- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., ... Viera, W. (2020). Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. 55. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5551>
- Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J. y Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agronecuaria*. 11(3). 439-453.

ANEXO 5. TALLERES DE CAPACITACIÓN



Taller del uso de agua en cultivo de pitahaya.



Taller de Huella Hídrica.



Técnico encargado del área de CIIDEA