



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL RIEGO
DEFICITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE FREJOL (*Vinga
Unguiculata*) EN LA PARROQUIA COLONCHE**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Shirley Paola Yagual Cuesta

LA LIBERTAD, JULIO 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL RIEGO
DEFICITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE FREJOL *Vinga*
Unguiculata EN LA PARROQUIA COLONCHE**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Shirley Paola Yagual Cuesta

Tutor: Ing. Ángel León Mejía, Mgtr.

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **SHIRLEY PAOLA YAGUAL CUESTA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 16/07/2024

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.

**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Carlos E. Balmaseda Espinosa,
PhD.

**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Ángel León Mejía, Mgtr.
**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph. D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

Ing. Washington Perero Vera Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrirme sus puertas y ser un espacio de conocimiento y convivencia durante mi formación académica y personal.

A todos los docentes que fueron parte de mi formación académica, en especial al Ing. Ángel León Mejía, Mgtr. quien fue parte de este proyecto, gracias a su dedicación, paciencia y supervisión para el desarrollo del presente proyecto integrador.

A mis padres, Narsiza Cuesta Chuquizan y José Yagual Imacaña, a quienes agradezco por ser un pilar fundamental en mi vida personal y profesional, su apoyo y orientación han sido clave para mi crecimiento, por los valores que me han inculcado cada día. Gracias por todo, siempre serán la inspiración para seguir adelante y perseguir mis metas.

A mis hermanos Andrea y Abel, porque a pesar de cualquier circunstancia, siempre estuvieron con la predisposición de ayudarme y pendientes de mis estudios y bienestar.

Al equipo del Centro de apoyo Colonche, quienes fueron parte del proceso experimental de mi proyecto, en especial al joven Cristian Pozo, por su colaboración, tiempo brindado y apoyo incondicional.

Finalmente quiero agradecer a mis tíos, abuelitos, amigos y compañeros que se mantuvieron firmes conmigo con las palabras de aliento y convivencia, gracias por todo ese apoyo a lo largo de este viaje.

Con Gratitud

Shirley Paola Yagual Cuesta

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, por ser la fuente de sabiduría, fortaleza y guía constante en cada paso de mi vida, a mis padres, Narzisa Cuesta Chuquizan y José Yagual Imacaña , por su amor incondicional, sacrificio y apoyo incansable, enseñándome los valores de la perseverancia y la dedicación; a mis hermanos, Abel y Andrea Yagual, quienes han sido una fuente constante de ánimo y compañía, confiando en mí y motivándome a alcanzar mis metas; a mis abuelos, Ángel y Mercedes, cuyo legado de esfuerzo y dedicación ha sido una inspiración constante, dejando una huella imborrable en mi formación personal y académica; y a mi tío, Jaime Cuesta Chuquizan, por su invaluable aporte y ayuda, ya que sin su generosidad y apoyo este proyecto no hubiese sido posible.

RESUMEN

Con el tiempo el recurso hídrico se vuelve cada vez más insuficiente, por ende, el sector agrícola al ser el mayor consumidor del agua se ve obligado a optimizar su eficiencia. Bajo esta deducción se desarrolló el trabajo de investigación Evaluación del impacto económico del riego deficitario en la producción de frejol (*Vinga Unguiculata*) en la parroquia Colonche, con el objetivo de valorar el impacto económico y beneficios del riego deficitario que pueden obtenerse al implementar esta técnica en la producción agrícola en la parroquia Colonche, para esto se evaluó la técnica de RDC (Riego deficitario controlado) con los siguiente tratamientos: T1 100% de agua, T2 80% de agua, T3 60% de agua y T4 40% de agua, empleando un diseño de bloques completamente al azar, con un total de 16 unidades experimentales para la cual se evaluaron variables de altura de planta, número de vainas por planta, productividad de semillas kg ha^{-1} y de agua kg/m^3 , las variables morfológicas no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. En relación a la productividad, el T1 registró los mayores rendimientos alcanzando $3,750 \text{ kg ha}^{-1}$ de frejol caupí, el T4 se ha distinguido por su eficiencia en el uso del agua durante el proceso productivo, a pesar de un menor consumo de este recurso hídrico, el tratamiento ha logrado alcanzar niveles de producción satisfactorios, lo cual lo convierte en una opción atractiva para comunidades que buscan optimizar el uso del agua, se sugiere que la técnica de RDC puede ser una opción viable cuando el costo del agua no cubre los costos totales de inversión y su efectividad está relacionada con la eficiencia del sistema de riego utilizado.

Palabras clave: Balance hídrico; Productividad del agua; Costes del agua, Impacto económico.

ABSTRACT

Over time, water resources are becoming increasingly insufficient, so the agricultural sector, being the largest consumer of water, is forced to optimise its efficiency. Under this deduction was developed the research work Evaluation of the economic impact of deficit irrigation on the production of frejol (*Vigna Unguiculata*) in the Parish of Colonche, with the aim of evaluating the economic impacts and benefits of the deficit Irrigation that can be obtained by implementing this technique in agricultural production in the parish of Kolonche. For this it is evaluated the technique of RDC (Controlled Deficit Irrigation) with the following treatments: T1 100% water, T2 80% water, T3 60% water and T4 40% water, using a completely random block design, with a total of 16 experimental units for which variables of plant height, number of vines per plant, seed productivity kg ha⁻¹ and water kg/m³ were evaluated, the morphological variables showed no significant differences between treatments. In relation to productivity, T1 recorded the highest yields reaching 3,750 kg ha⁻¹ of caupí frejol, T4 has distinguished itself by its efficiency in the use of water during the production process, despite a lower consumption of this water resource, the treatment has succeeded in achieving satisfactory production levels, which makes it an attractive option for communities seeking to optimize water use, it is suggested that the DRC technique can be a viable option when the cost of water does not cover the total investment costs and its effectiveness is related to the efficiency of the irrigation system used.

Key words: Water balance, Water productivity, Water costs, Economic impact.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL RIEGO DEFICITARIO EN LA PRODUCCIÓN DE FREJOL (*Vinga Unguiculata*) EN LA PARROQUIA COLONCHE**” y elaborado por **Shirley Paola Yagual Cuesta**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Frejol Caupí (Vigna unguiculata)	3
1.1.1. Descripción del cultivo de frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp).....	3
1.1.2. Requerimiento Edafoclimático	3
1.2 Importancia del agua en la agricultura	4
1.3 Interrelación agua- suelo	4
1.3.1. Retención de líquido en el suelo.....	5
1.3.2. Constantes hídricas, agua útil y lámina de riego	5
1.3.3. Desplazamiento del agua a través de las plantas	7
1.3.4. Necesidad de agua de los cultivos	7
1.3.5. Medición de agua en el suelo	8
1.4 Sistemas de riego. Riego por goteo	9
1.4.1. Riego Deficitario	9
1.5 Indicadores económicos	10
1.5.1. Materias primas	10
1.5.2. Mano de obra.....	10
1.5.3. Costos Fijos	10
1.6 Indicadores de Rentabilidad	10
1.6.1. Valor Actual Neto (VAN)	11
1.6.2. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	11
1.6.3. Análisis de costo- beneficio.....	12
1.7 Punto de equilibrio de la producción	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	14
2.1. Caracterización del área	14
2.1.1. Caracterización de suelo y agua.....	14
2.2. Materiales, equipos y reactivos	14
2.2.1. Material biológico.....	15
2.2.2. Material de campo para colecta de muestras	15
2.3. Tipo de investigación	15
2.4. Diseño de investigación	15
2.4.1. Diseño experimental	15
2.4.2. Tratamientos	18
2.4.3. Descripción de tratamientos.....	18
2.5. Manejo del experimento	19
2.5.1. Limpieza de terreno	19
2.5.2. Preparación de suelo	19
2.5.3. Desinfección de las semillas	19
2.5.4. Siembra	19
2.5.5. Fertilización	19
2.5.6. Control de plagas y enfermedades	20
2.5.7. Riego.....	20
2.5.8. Cosecha.....	24

2.5.9. Método de análisis económico	25
2.6. Parámetros evaluados	25
2.6.1. Morfológicos.....	25
2.6.2. Productividad de semillas kg ha ⁻¹	26
2.6.3. Productividad de agua kg/m ³	26
2.7. Análisis estadístico de los resultados.....	26
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
3.1. Efecto en los parámetros evaluados	27
3.1.1. Variables morfológicas.....	27
3.1.2. Variables de productividad.....	29
3.1.3. Análisis Económico.....	31
3.2. Discusión.....	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
Conclusiones.....	36
Recomendaciones.....	36
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aspectos del desarrollo del frijol caupí en su proceso de crecimiento.....	3
Tabla 2. Variabilidad de los Niveles de Agua según la Textura del Suelo: Efecto en CC y PMP	6
Tabla 3. Características unidad experimental	15
Tabla 4 Coeficiente de distribución de caudales.....	24
Tabla 5. Grados de libertad	26
Tabla 6 Análisis de varianza de la variable altura de planta evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.	27
Tabla 7 Análisis de varianza de la variable número de vainas por planta evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.	27
Tabla 8 Análisis de varianza de la variable producción de granos de frejol caupí kg ha ⁻¹	29
Tabla 9 Producción de granos de frejol caupí kg ha ⁻¹ bajo el efecto de 4 diferentes cantidades de riego hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.....	29
Tabla 10 Análisis de varianza de la variable productividad del agua kgm ³ evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.	27
Tabla 11 Productividad del agua kgm ³ bajo el efecto de 4 diferentes cantidades de riego hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.	27
Tabla 12 Costos de producción del análisis económico T1, T2, T3, T4	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio mapa del centro de prácticas Colonche de la Facultad de Ciencias Agrarias (Google Maps, 2024).	14
Figura 2. Delineamiento de parcelas	17
Figura 3 Histograma de frecuencias de altura de plantas Frejol Caupí (Vinga Unguiculata) con diferentes niveles de riego.....	27
Figura 4 Histograma de frecuencias de numero de vaina Frejol Caupí (Vinga Unguiculata) con diferentes niveles de riego.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Tabla 1A. Riego diario de la evapotranspiración de la tina clase A. Del cultivo de frejol caupí (*Vinga Unguiculata*).

ÍNDICE DE ANEXOS FIGURAS

Figura 1A. *Distribución de parcelas*

Figura 2A. Llenado de vainas

Figura 3A. Trillado

Figura 4A. Pesado de frejol caupí

INTRODUCCIÓN

El frejol caupí también conocido como frejol de cabecita negra, es una especie de leguminosa que tiene una gran importancia a nivel mundial, nacional y local ya que aparte de ser utilizado para la producción de granos secos o verdes, es utilizado como forraje verde, ensilado, harina para alimentación animal, abono verde y protector del suelo. Por ello, este cultivo representa una fuente de alimento básico para las comunidades de escasos ingresos económicos, este cultivo a nivel mundial también es una fuente de proteína, carbohidrato, vitaminas y minerales para millones de personas en zonas tropicales, subtropicales, especialmente en África y América Latina (Campos and Angulo, 2022).

A nivel nacional, es un cultivo tradicional donde se siembran pequeñas parcelas por agricultores familiares que obtienen ingresos económicos y culturales por su venta y consumo, mientras que a nivel local en lo que respecta a la provincia de Santa Elena, situada en la costa suroeste de Ecuador, la gastronomía y la dieta se ven enriquecidas por la destacada presencia de este cultivo, que posee una amplia diversidad morfológica y genética. Desde el punto de vista económico, su relevancia es notable, ya que es capaz de adaptarse a diversos ambientes y sistemas de producción en la península, beneficiando así el desarrollo local y contribuyendo al nivel económico de la región.

Para esto el riego deficitario es una técnica que puede ir de la mano con el capital de un productor ya que es una técnica que permite aplicar una cantidad de agua inferior a la demanda del cultivo para optimizar su crecimiento y rendimiento, lo que puede ser una alternativa viable para los agricultores de la provincia de Santa Elena. La adopción de esta técnica de riego puede mejorar la eficiencia del uso del agua y reducir los costos de producción, lo que puede ser de gran importancia para los productores locales, la progresiva escasez de agua obliga a buscar estrategias para hacer un uso más eficiente de este necesario recurso (Pérez et al., 2021).

Problema Científico

¿Cuál es el impacto económico del riego deficitario controlado en la producción y rentabilidad de frejol *Vigna unguiculata* en las condiciones de la parroquia Colonche?

Objetivos

Objetivo General

Valorar el impacto económico y beneficios del riego deficitario que pueden obtenerse al implementar esta técnica en la producción agrícola.

Objetivos Específicos

- Determinar los efectos del riego deficitario en el rendimiento del cultivo.
- Establecer la mejor variante de riego deficitario en la producción agrícola.
- Realizar el análisis económico de las variantes de riego relacionadas con la producción.

Hipótesis

La implementación de estrategias de riego deficitario contribuye al rendimiento y productividad económica del frejol *Vigna unguiculata* en las condiciones de la parroquia Colonche.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Frejol Caupí (*Vigna unguiculata*)

Según Morales *et al.* (2019) manifiestan que *Vigna unguiculata* es una leguminosa de grano que tiene su origen en África. Las variedades de esta planta presentan distintos atributos como el porte y el color de la semilla, que varía en tonos de blanco, rosa, marrón y negro. La planta presenta una morfología donde se identifican órganos vegetativos como (Raíz, Tallos y Ramas, Hojas) y órganos reproductivos (Inflorescencias, Flores, Frutos y semillas).

1.1.1. Descripción del cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp)

Según Santos *et al.* (2022), mencionan que el frijol caupí se cultiva por sus semillas, que pueden ser de distintos colores y tamaños, con un alto valor nutricional al ser ricas en proteínas, carbohidratos y minerales como el hierro y el calcio a continuación características generales

Tabla 1. Aspectos del desarrollo del frijol caupí en su proceso de crecimiento

Características	Descripción
Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado
Altura de planta	0,80 -0,90 m
Vainas por planta	12-14
Granos por vaina	6 -21 granos
Color del grano	Blanco Cabecita Blanca
Color de vaina	Verde oscuro
Longitud de vaina	10 cm a 25 cm
Tamaño del grano	1 a 1,5 cm
Peso de 100 graos	20 a 22 g
Días de floración	40 a 45 días
Días de cosecha	95 días
Días de cosecha (seco)	140 a 150 días
Rendimiento potencial	3500ha
Rendimiento de comercial	2800ha

Fuente: (SAC, 2009)

1.1.2. Requerimiento Edafoclimático

Vigna unguiculata, comúnmente conocida como frijol caupí, esta planta demuestra una óptima prevención en suelos de textura franca, abarcando tanto aquellos de composición

arcillosa, arenosa como limosa, pero su desarrollo se ve limitado en terrenos con deficiente capacidad de drenaje. Su rango de tolerancia a la acidez se sitúa entre un pH de 5 a 6, con un óptimo para su crecimiento ubicado en el intervalo de pH de 6.0 a 7.5.

El frijol caupí prospera en climas tropicales húmedos, alcanzando su óptimo desarrollo entre los 20°C y 35°C. Sin embargo, temperaturas superiores a 40°C afectan negativamente la polinización y el desarrollo de las vainas, mientras que temperaturas inferiores a 18°C impactan adversamente en el crecimiento global de la planta. Para una germinación adecuada, es crucial mantener una temperatura óptima de 21°C (Cárdenas, 2017).

1.2 Importancia del agua en la agricultura

El agua, esencial pero escasa, constituye solo el 2.8% de la superficie terrestre como agua dulce. De este porcentaje, únicamente el 0.98% está disponible en fuentes como agua subterránea, ríos y lagos, mientras que el resto permanece en forma de hielo o vapor de agua. Del agua accesible, el 69% se utiliza en la producción global de alimentos, siendo el sector agrícola el principal consumidor. La industria representa aproximadamente el 23%, y el consumo humano contribuye con alrededor del 8% (Harden, 2006).

La futura demanda mundial de alimentos se abordará mediante el fortalecimiento de la agricultura de regadío, previéndose un aumento del 34% en las áreas de riego de países en desarrollo para 2030. Este crecimiento requerirá un incremento del 14% en el suministro de agua. Implicaciones clave incluyen la necesidad de cambiar la dieta en regiones densamente pobladas hacia cultivos de menor consumo hídrico y mejorar la eficiencia del riego a nivel global (Roma, 2002).

1.3 Interrelación agua- suelo

En el contexto de la agricultura, el suelo desempeña un papel fundamental al actuar como un reservorio de agua y nutrientes esenciales para las plantas, además de proporcionar el soporte físico necesario para su crecimiento, resulta crucial comprender las propiedades del suelo que influyen en su capacidad para retener, transportar y suministrar agua a las plantas, tanto en el diseño como en la implementación de sistemas de riego (Acevedo, 2021).

1.3.1. Retención de líquido en el suelo

Según SENA (1982), el almacenamiento de agua en el suelo se refiere a su capacidad para retener líquido. Esta capacidad varía según la composición del suelo (arena, arcilla, limo), que influye en la adherencia y tensión superficial del agua en los poros del suelo. La fuerza requerida para extraer el agua de estos poros depende de estos factores. La planta experimenta diferencias en la extracción de agua según el tipo de suelo, lo que se relaciona con la fuerza necesaria para la extracción, proporcional a la cantidad de agua en el suelo, medida como tensión de agua del suelo. El punto de saturación del suelo, donde los poros están llenos de agua, no representa la máxima capacidad de retención, ya que parte del agua se drena hacia zonas más profundas o secas, no disponible para las plantas.

La circulación del agua en el suelo está influenciada por diversas fuerzas. En general, el agua se retiene más en medios más secos y circula desde medios más húmedos hacia medios más secos para establecer un equilibrio de humedad. El potencial de agua en el suelo se refiere a la intensidad de las fuerzas que retienen el agua, determinando el trabajo necesario para extraer el agua. El potencial de agua varía desde cero atmósferas en suelo saturado hasta 15 atmósferas en suelos muy secos, donde la mayoría de las plantas no pueden absorber suficiente agua y se marchitan (SENA, 1982).

1.3.2. Constantes hídricas, agua útil y lámina de riego

Según Sela (2020), en el suelo no toda la humedad está disponible para las plantas, por lo que se han identificado tres tipos de agua.

En el suelo, se distinguen tres tipos de agua:

- Agua higroscópica: agua que está fuertemente adsorbida en las partículas del suelo y no puede ser utilizada por las plantas.
- Agua capilar: agua que se encuentra en los poros pequeños y es accesible para las plantas debido a las fuerzas capilares.
- Agua gravitacional: agua que temporalmente ocupa los poros más grandes y, en condiciones normales, no es considerada como agua disponible para las plantas, ya que desaparece rápidamente del perfil del suelo, a menos que existan condiciones como horizontes compactados o una capa freática cercana.

Según Silva. *et al.* (2015), mencionan que la caracterización del agua disponible para las plantas, se utilizan ciertas constantes hídricas que son fundamentales para el diseño y la gestión del riego. Estas constantes incluyen:

Capacidad de Campo (CC)

Cantidad de agua retenida en el suelo después de un riego abundante y un drenaje completo hasta que el drenaje sea mínimo. Usualmente, se mide este contenido de agua entre 24 y 48 horas después de un riego intenso o una lluvia, cubriendo el suelo con plástico para prevenir la evaporación.

Punto de Marchitez Permanente (PMP)

En la presente obra, se discute el grado de humedad del suelo que genera un estado de marchitez indemne en las plantas, hasta el punto de no secarse completamente cuando se las coloca en una atmósfera completamente saturada de vapor. Se sugiere que la PMP de un suelo determinado se puede establecer sobre la base del CC:

:

$$PMP = \frac{CC}{1.85}$$

Según se aprecia en la tabla 2, los niveles de agua en los puntos de Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP) varían según la textura del suelo, siendo más altos en suelos arcillosos y más bajos en suelos arenosos.

Tabla 2. Variabilidad de los Niveles de Agua según la Textura del Suelo: Efecto en CC y PMP

Clase Textural	CC (%)	PMP (%)
Arcilla	23-46	13-29
Franco Arcillosa	18-23	9-10
Franca	12-18	4-11
Franco Arenosa	8-13	4-6
Arena	5-7	1-3

Fuente: (Silva. *et al.*, 2015)

Los suelos con mayor proporción de partículas de arena, que tienen poros de mayor diámetro, presentan una mayor velocidad de drenaje en comparación con los suelos con mayor contenido de arcilla, cuyos poros son de menor diámetro.

Agua Útil (AU)

Cantidad de agua almacenada en el suelo entre la CC y el PMP, variable según la textura del suelo.

Lámina de Riego (LR)

Una fracción del AU calculada en milímetros en una profundidad específica de suelo y depende de la profundidad del sistema radicular del cultivo (Silva. et al., 2015).

1.3.3. Desplazamiento del agua a través de las plantas

Los mecanismos que controlan el flujo de agua a través de la planta incluyen la transpiración y la absorción, la transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor desde la superficie de las hojas hacia la atmósfera. La intensidad de la transpiración está influenciada por factores climáticos como la humedad relativa, temperatura y velocidad del viento, siendo mayor en condiciones de baja humedad relativa, altas temperaturas y vientos fuertes. Por otro lado, la absorción es el proceso mediante el cual el agua se desplaza desde el suelo hacia la planta, impulsada por diferencias de potencial entre el agua del suelo y la planta. Esta absorción ocurre principalmente a través de los pelos absorbentes de las raíces (IAF, 2017).

A través de esta estrategia, se logran mejores resultados en las plantaciones, obteniendo una cantidad y calidad significativas de producción. Sin embargo, si se detectan daños en una plantación, como quemaduras de tejidos o acumulación de sal en el suelo, es posible regar de manera efectiva. En la mayoría de los casos, el productor no se da cuenta de que el agua utilizada en su sistema de riego puede tener propiedades que afectan negativamente sus cultivos, lo que puede dominar su economía en lugar de invertir en tratamientos que garantizan una calidad cada vez mayor para sus cultivos (Tigrero, 2021).

1.3.4. Necesidad de agua de los cultivos

En el riego, el cálculo de la evapotranspiración (ET) es esencial para determinar las necesidades hídricas de los cultivos, diseñar sistemas de riego y embalses, estimar costos de

energía y mano de obra, calcular el costo de agua en proyectos y establecer calendarios de riego adecuados. La medición exacta de la ET implica conocer las características ambientales de la región y de la planta que se considere.

Para esto, se deben comprender tres conceptos fundamentales: la evapotranspiración de referencia o potencial (ET_o o ET_p), que es la evaporación de una superficie cubierta de hierba corta sin restricciones de agua y que representa la demanda por el clima; la evapotranspiración máxima de una comunidad vegetal (E_{tm}), y la evapotranspiración real (ET_a o ET_r) (Rios, 2006).

- La **ET_o o ET_p** es una referencia para expresar la evaporación de una superficie cubierta de hierba corta sin déficit hídrico.
- La **ET_o** representa la demanda climática, porque una superficie sin déficit hídrico está modelando lo que demanda el otorgante de agua a una superficie.
- La **E_{tm}**, que es cuando la comunidad vegetal satisface todo su requerimiento hídrico.

Actualmente, ello se da por los vegetales en función a todos los sustratos, sustratos como la luz, cuando solo hay variabilidad de glucosa y de almidón en las hortalizas, que es cuando el vegetal ya ha satisfecho su requerimiento hídrico, con lo que la demanda es en función a la energía radiante disponible. Finalmente, la Evapotranspiración real, la ET_a o ET_r, que es la que se calcula actualmente con estaciones meteorológicas. Para calcularla, es necesario combinar el uso regional de los sistemas con el conocimiento de las plantas y la la medición de la ET_o, indicó (Rios, 2006).

1.3.5. Medición de agua en el suelo

La evaluación del contenido de agua en el suelo es esencial para determinar las necesidades y frecuencia de riego; métodos directos e indirectos son empleados para su medición, así como para la evaluación del potencial de agua en el suelo. Entre los métodos directos se encuentra el gravimétrico para la determinación del contenido hídrico. Los métodos indirectos en la medición del contenido hídrico incluyen: la dispersión de neutrones, la reflectometría en el tiempo, la atenuación de rayos gamma, entre otros (Florentino, 2006).

Los métodos directos para la medición del potencial de agua en el suelo emplean tensiómetros, placas o membranas de presión (usados en laboratorio), mientras que los métodos indirectos involucran psicrómetros, bloques de resistencia eléctrica, sensores de

salinidad, entre otros. En la práctica de campo, los métodos más comunes son los tensiómetros o bloques de resistencia eléctrica (Giner and Vivas, 2019).

1.4 Sistemas de riego. Riego por goteo

El riego por goteo puede describirse como un sistema que suministra agua filtrada al suelo en cantidades mínimas y constantes a través de una red de tuberías y emisores. Estos emisores, colocados estratégicamente a lo largo de la línea de riego, aseguran que el agua llegue directamente a cada planta, eliminando así las pérdidas asociadas a la conducción y reduciendo al mínimo las pérdidas por evaporación y percolación (Bernal, 2023).

Para cultivos mayormente de ciclo corto, la humedad se limita a la hilera, sin llegar al espacio entre hileras. En los árboles frutales, se utilizan múltiples emisores de alto flujo, generalmente alrededor de 8 lph o más, para establecer un bulbo húmedo en la zona de la raíz principal. Para evitar obstrucciones es imprescindible el uso de filtros con un tamaño de malla de al menos 120 hilos por pulgada lineal debido a los pequeños orificios de los emisores (Valverde, 2022).

1.4.1. Riego Deficitario

Este recurso representa una herramienta efectiva para la gestión eficiente del agua en la agricultura, con un impacto insignificante en la producción del cultivo. Por consiguiente, se postula como una alternativa óptima para mitigar los efectos de la escasez hídrica en diversos sectores agrícolas. Gracias a este tipo de experimentos se evidencia un potencial de ahorro de hasta un 40% de agua mediante el empleo de riego diario y un 20% con riego cada dos días, sin comprometer significativamente el rendimiento de la cosecha (Flopez, 2018).

La aplicación moderada del riego deficitario controlado (RDC) en cualquier etapa de crecimiento de la planta induce un estrés hídrico, lo que conlleva a mejoras en la calidad del fruto. Para optimizar este proceso, se requiere el desarrollo de estrategias basadas en la optimización agrícola y la investigación de campo. Es fundamental poseer un conocimiento preciso acerca de la respuesta del cultivo frente al estrés hídrico, así como su capacidad para resistir estados de sequía, los cuales están influenciados por el genotipo y la etapa fenológica de la planta (Lagos et al., 2017).

1.5 Indicadores económicos

Son costos relacionados directamente con la producción, puesto que están influenciados por el nivel de fabricación que sea lograr las condiciones del mercado que varían cada año (Zugarramurdi, 1998).

1.5.1. Materias primas

Materias primas principales y subsidiarias entre otras directa o indirectamente relaciones con los procesos de transformación, que como se ha dicho la característica se es de una actividad manufacturera. (Zugarramurdi, 1998).

1.5.2. Mano de obra

Incluye lo salarios del obrero y/o empleados cuyos esfuerzos están ad el producto elaborado. Como regla general para operaciones (finalización, vendimia, molturación transporte, depósito. lugar, este rubro representa menos del 10% al costo de producción, pero en operaciones de considerable manipuleo puede llevarse a superar el 25%. (Zugarramurdi, 1998).

1.5.3. Costos Fijos

Los que persisten constantes independientemente del volumen de producción o de la actividad. Se los podría identificar como costos de “mantener la empresa abierta”. Existen dos categorías, los costos fijos de la actividad que existen cuando el establecimiento funciona (amortización, e interés de la maquinaria, movilidad, personal, etc.) y los costos fijos de estructura, los cuales están presentes aunque la actividad sea nula (Marinissen, 2008).

1.6 Indicadores de Rentabilidad

Los índices de rentabilidad son indicadores utilizados para determinar si el dinero invertido en la empresa está funcionando y si está siendo efectiva. En otras palabras, estos indicadores le permiten analizar los resultados relacionados con el capital invertido de la empresa. Calcular los índices de rentabilidad le permite hacer dos cosas. Primero, compare la rentabilidad entre proyectos y entre empresas de la misma industria. El

segundo es comprobar si el capital invertido tiene una rentabilidad suficiente para devolver el capital invertido.

1.6.1. Valor Actual Neto (VAN)

GITMAN L. (2007) revelan Implementar que el valor presente neto es un medio necesario para recuperar la inversión comparando el valor actual con los beneficios futuros proyectados los cuales pueden evaluarse contra el valor presente del costo anticipado.

El Valor Actual Neto (VAN) se refiere a la diferencia entre el valor actualizado de los flujos de caja netos generados por una inversión y el desembolso inicial necesario para su implementación. En otras palabras, el VAN representa el aumento o disminución del valor patrimonial de una empresa debido a la realización de una inversión, considerando el valor actualizado de los flujos de caja netos generados por esta inversión y el costo inicial asociado. Informa acerca del valor absoluto de un propósito en términos monetarios y en el instante actual. Se despeja a través de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Los criterios para la toma de decisión son:

- $VAN > 0$. Si Valor Actual Neto es mayor que cero es recomendable efectuar la inversión en el proyecto analizado. Un valor mayor a cero indica que se obtendrá una ganancia respecto a la inversión en la mejor alternativa.
- $VAN = 0$. Si el VAN es cero, entonces el inversor no se ve influenciado para invertir en el proyecto ni para elegir la opción más favorable.
- $VAN < 0$. Si el valor actual neto (VAN) es menor que cero, probablemente el proyecto puede fallar, ya que será inferior a cero, lo que obliga al inversor a evitarlo.

1.6.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es el mayor índice de beneficio viable en una franja de tiempo y que implica la preservación o devoción del capital. Su procesamiento de datos se realiza por medio de la siguiente fórmula:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

El criterio para elegir qué proyectos se ejecutarán y cuáles se dejan de lado es la utilidad que genera un proyecto, la cual se determina al comparar la rentabilidad del mismo con la de las mejores alternativas. De manera similar al caso del VAN, tenemos tres intervalos notables.

- $TIR > COK$. Si la Tasa Interna de Retorno (TIR) de un proyecto de inversión es superior al costo de oportunidad del capital, quiere decir que rendimiento generado por dicho proyecto sobre el capital invertido excede al rendimiento mínimo aceptable para llevar a cabo el proyecto. Entonces, el proyecto debería ser aceptado.
- $TIR = COK$. Si la TIR tasa interna de retorno es igual al costo de oportunidad del capital, el rendimiento sobre el capital que el proyecto genera es igual al interés que le tocaría al invertir dicho capital.
- $TIR < COK$. Si la TIR es menor al costo de oportunidad del capital, el proyecto se rechaza pues su utilidad es menor al de la mejor opción posible.

1.6.3. Análisis de costo- beneficio

La relación entre beneficio y costo exhibe la cantidad de dinero nueva que se le dará al proyecto por cada billete de cien dólares que se invierta. Para el cálculo universal se usa la misma tasa que la aplicada en el VAN.

$$\frac{B}{C} = \frac{VP(\text{Beneficio del proyecto})}{\text{Costos totales del proyecto}} = \frac{VP(B)}{I + VP(P \text{ y } M)}$$

Este parámetro calcula la proporción que tiene un proyecto en cuanto a los costos y los ingresos que genera durante su existencia, incluyendo la totalidad de la inversión. Los criterios de decisión se asemejan al VAN Y TIR:

- $B/C > 1$, el proyecto es rentable, ya que el beneficio es superior al costo.
- $B/C = 1$, es indiferente realizar el proyecto, porque no hay beneficio ni pérdidas.

$B/C < 1$, el proyecto no es rentable y debe rechazarse. Este indicador tiene la desventaja que no considera el tamaño del proyecto y en general debe usarse en conjunto con los otros indicadores (Flores, 2015).

1.7 Punto de equilibrio de la producción

El equilibrio de puntos se establece a través de un cálculo que tiene como objetivo determinar el momento en que la empresa logra vender la misma cantidad de productos como ha gastado, sin embargo, no se genera ni se pierde, por lo que se ha alcanzado el equilibrio.

Haciendo esto, es fundamental calcular el valor de equilibrio para las compañías en cuestión de analizar la rentabilidad, ya que de esta forma se puede determinar la cantidad de ventas que tienen que hacer para obtener ganancias. Averiguar este valor, previo a iniciar un novedoso proyecto, denota la calidad de interés de la idea de tu compañía. Hacer el cálculo también apoya a tener conocimiento de la cantidad de tiempo, aproximadamente, que necesitará tu compañía para comenzar a ganar dinero. Es decir, es una etapa fundamental para cualquier plan de negocio (Contreras García, 2021).

$$P. E. = \frac{CF}{P - CV}$$

Donde:

CF=Costos fijos

P=Precio unitario

CV=Costos variables unitarios

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Caracterización del área

La investigación experimental se llevó a cabo en el centro de apoyo Colonche, situado en la parroquia Colonche, provincia de Santa Elena, Ecuador. Esta área presenta un clima cálido y húmedo con una temperatura promedio de 26 °C y una humedad relativa del 85%.

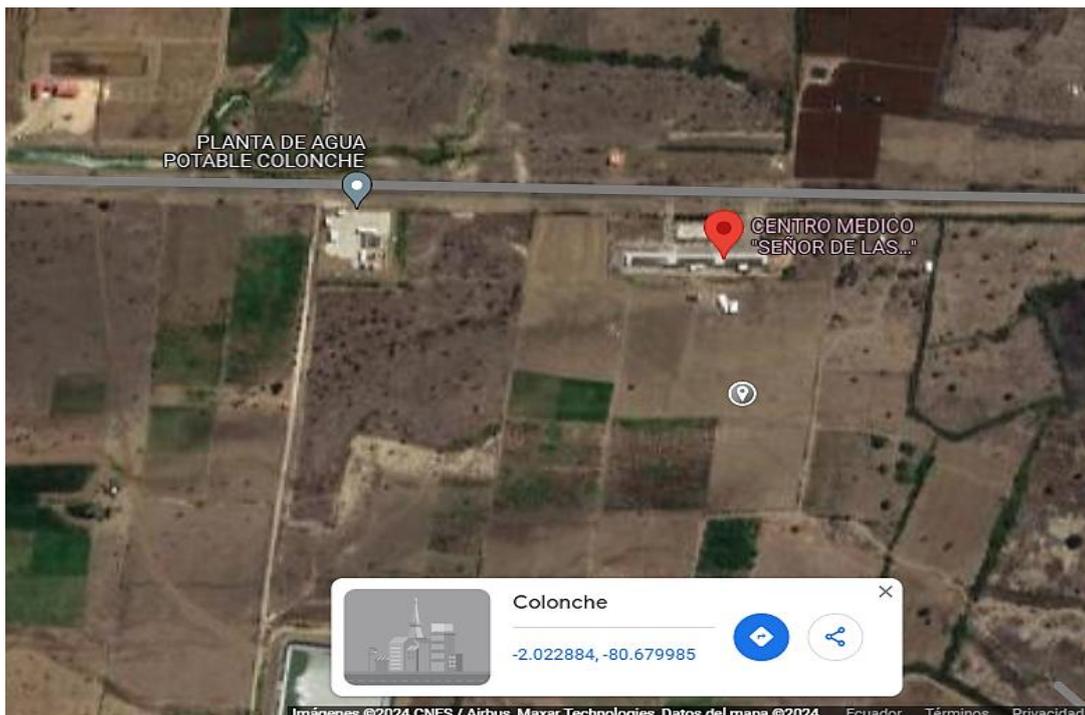


Figura 1. Ubicación del área de estudio mapa del centro de prácticas Colonche de la Facultad de Ciencias Agrarias (Google Maps, 2024).

2.1.1. Caracterización de suelo y agua

Se tomaron muestras que fueron remitidas al Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental de INIAP para llevar a cabo análisis que determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo y el agua.

2.2. Materiales, equipos y reactivos

2.2.1. *Material biológico*

Se utilizó frejol caupí (*Vigna Unguiculata*) como cultivo de investigación. Es relevante señalar que este material fue suministrado por el agricultor Heriberto Vélez Pisco del Recinto Puerto Loor.

2.2.2. *Material de campo para colecta de muestras*

- ✓ Baldes
- ✓ Flexómetro
- ✓ Balanza
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Libretas
- ✓ Programador Excel

2.3. **Tipo de investigación**

Este estudio se enmarca en una investigación experimental realizada en terreno con el propósito de analizar los efectos económicos del riego deficitario en el cultivo de frijol *Vigna Unguiculata*, ubicado en la parroquia de Colonche.

2.4. **Diseño de investigación**

2.4.1. *Diseño experimental*

Las parcelas experimentales tuvieron una longitud de 10 metros de largo y 3 metros para un área de 30 m², el área útil de cada parcela fue de 3m², el número total de parcelas experimentales es de 16 parcelas, por lo tanto, el Área total del experimento fue de 48 m².

Tabla 3. Características unidad experimental

Diseño experimental	DBCA
Tratamientos	4
Repeticiones	4
Total, unidad experimental	16
Área de parcela	30 m ²
Área útil de parcela	3 m ²
Área del bloque	150 m ²

Área útil del bloque	12 m ²
Distancia entre parcela	1 m
Distancia de siembra	1 m x 0.50 m
Longitud de línea	10 m
Numero de planta por sitio	3
Numero de planta por hilera	117 plantas
Numero de planta por parcela	351 plantas
Numero de planta por experimento	5.616 plantas
Numero de planta por hectárea	40.000 plantas
Distancia entre bloque	2 m
Distancia de borde experimental	3 m
Área útil del experimento	48 m ²
Área neta del experimento	690 m ²
Área total del ensayo	1.092 m²

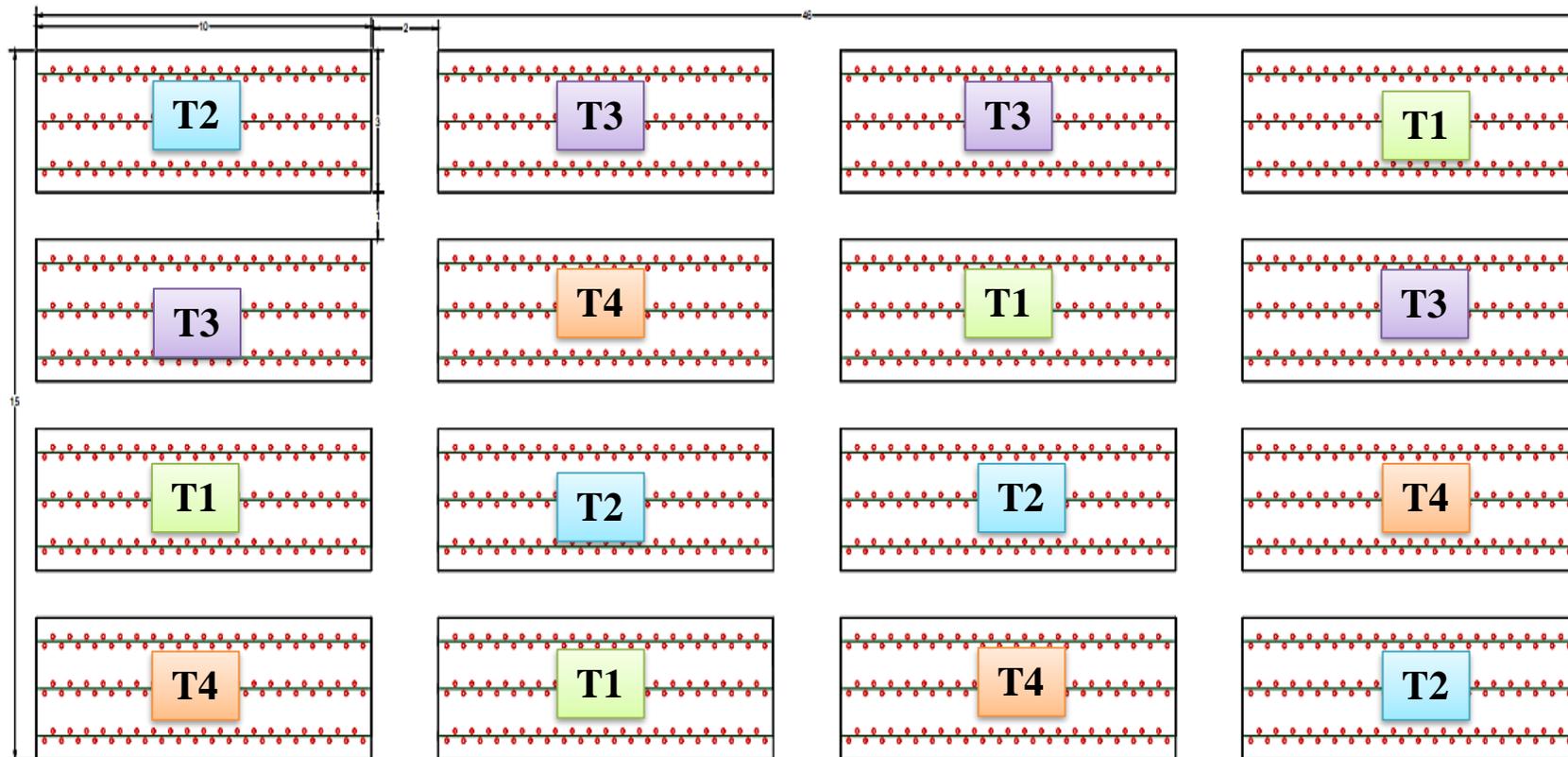


Figura 2. Delineamiento de parcelas

2.4.2. *Tratamientos*

Los tratamientos consistieron en dosis de riego correspondientes al 40%, 60%, 80% y 100% de la demanda hídrica del cultivo. La evapotranspiración del cultivo se calculó mediante una tina de evaporación clase A, empleando los coeficientes de tina y de cultivo determinados según la metodología descrita en el Manual 56 de la FAO (Allen et al., 2006).

2.4.3. *Descripción de tratamientos*

Tratamiento 1

El Tratamiento 1 recibió el 100% de la lámina de riego total mediante un calendario de riego basado en la metodología de Riego Convencional. La aplicación de riego se realizó mediante una cinta de riego por goteo instalada en el cultivo, adyacente a cada hilera, en función de la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo.

Tratamiento 2

El Tratamiento 2 recibió el 80% de la lámina total de riego utilizando la metodología de Riego Deficitario Controlado (RDC). La aplicación de riego se llevó a cabo mediante una cinta de riego por goteo instalada junto a cada hilera durante la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo.

Tratamiento 3

El Tratamiento 3 fue sometido a un riego equivalente al 60% de la lámina total utilizando la técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC). El riego se aplicó a través de una cinta de riego por goteo colocada junto a cada hilera durante la etapa de crecimiento vegetativo del cultivo.

Tratamiento 4

El Tratamiento 4 recibió el 40% de la lámina total de riego mediante la técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC). La irrigación se efectuó utilizando cintas de riego por goteo dispuestas junto a cada hilera durante la fase de crecimiento vegetativo del cultivo.

2.5. Manejo del experimento

2.5.1. Limpieza de terreno

Se realizó una labor de desmalezado mecanizado en el espacio destinado para el experimento, utilizando un tractor modelo YTO-X704 equipado con discos de labranza, la cual se efectuó 2 días antes de la siembra, con el objetivo de eliminar la maleza.

2.5.2. Preparación de suelo

Posterior se llevó a cabo la preparación de camas de 10 m de longitud y 3 m de ancho, con una separación de 2 m entre columnas y distanciados por hileras de 1 metro, seguido de un proceso de nivelación manual utilizando herramientas como palas, rastrillos y piolas, en el área designada para la instalación del sistema de riego.

2.5.3. Desinfección de las semillas

La desinfección de las semillas se efectuó mediante la aplicación de una mezcla de Carboxin + Captan a una concentración del 20% + 20%, a una dosis de 3 g/kg de semilla, con el propósito de protegerlas del ataque de insectos y patógenos previo a la etapa de germinación, adicional el L.M.R. establece que no debe superar las 0.2 ppm para garantizar la seguridad alimentaria (Andrade et al., 2004).

2.5.4. Siembra

El marco de plantación que se utilizó en la siembra manual fue de 1 m entre hilera y 0,50 m entre planta a doble hilera por cinta de goteo, en total 39 hoyos por surco, depositando 3 semillas por hoyo raleando hasta 2 plántulas/hoyo en las 2 semanas después de la siembra (ECHO, 2022).

2.5.5. Fertilización

Primera fertilización

La primera fertilización edáfica se realizó a los 15 días después de la siembra, aplicando el 60% del fertilizante destinado al primer ciclo. Se utilizaron las siguientes fuentes: DAP (fosfato diamónico) para aportar fósforo y nitrógeno, KCl (cloruro de potasio)

para aportar potasio, y nitrato de amonio para aportar nitrógeno. La dosis aplicada fue de 6,21 kg de nitrato de amonio, 4,14 kg de KCl y 1,03 kg de DAP, totalizando 11,38 kg de fertilizante. La aplicación se realizó de manera localizada, en forma de corona, a unos 8 cm de la base de cada planta, con una dosis de 5,4 g por planta.

Segunda fertilización

La segunda fertilización edáfica, que completó el 100% de la fertilización del ciclo actual, se realizó a los 50-52 días después de la primera fertilización. Se aplicó el 40% restante, distribuido en 4,14 kg de nitrato de amonio, 2,76 kg de KCl y 0,69 kg de DAP, totalizando 7,59 kg de fertilizante. La aplicación se realizó de manera localizada, en forma de media luna, con una dosis de 3,6 g por planta (García, 2008).

2.5.6. Control de plagas y enfermedades

Se aplicó Clorpirifos (Lorsban) para control de plagas como los Gusanos de tierra y Gusano picador parrilladas, a una dosis de 0.8 L/ha a los 25 días después de la siembra, para el control de enfermedades (Ayón et al., 2017).

2.5.7. Riego

Se empleó un sistema de riego por goteo en el cultivo, con emisores ubicados a intervalos de 30 cm, cada uno con un caudal de 1,5 litros por hora. La distancia entre las líneas de riego se estableció en 1 metro. La lámina de riego utilizada se calculó de acuerdo con los tratamientos aplicados, empleando una fórmula específica.

T1 = 100 % de la tasa de evapotranspiración del cultivo.

T2 = 80 % de la tasa de evapotranspiración del cultivo.

T3 = 60 % de la tasa de evapotranspiración del cultivo.

T4 = 40 % de la tasa de evapotranspiración del cultivo

$$d = \frac{ET_o * K_c * kL}{(1 - LR) * CU} * T$$

Donde:

d= Lámina de riego (mm/día)

Eto= evapotranspiración de referencia

Kc= coeficiente cultivo

Kl= coeficiente de localización de Keller

LR= Lámina de lavado

CU= coeficiente de uniformidad de caudales

T= Tratamiento riego deficitario en porcentaje

El tiempo de riego se determinará mediante la demanda diaria del cultivo entre el caudal del emisor

$$t = \frac{d}{eq}$$

Donde:

T= Tiempo de riego necesario

D= Demanda de agua del cultivo.

EQ=Eficiencia de riego

2.5.7.1. Evaporación de la tina clase A (Etv)

La tina de evaporación clase A se colocó sobre un palé de madera de 120 cm de longitud y 15 cm de altura. Se llenó de agua hasta 2 cm por debajo del borde de la tina y se construyó un cerco con malla alrededor para evitar el acceso de animales, personas, etc.

Se realizaron lecturas diarias a las 07:00 am determinar la cantidad de agua evaporada, utilizando una regla para medir en centímetros la disminución del nivel del agua en la tina.

2.5.7.2. Determinación del coeficiente de tina (Kp)

Método FAO56 (FAO56)

El coeficiente de tina (Kp), se determinó a través de la fórmula detallada en el Manual de 56 de Riego y Drenaje de la FAO (Land and Water, 2006), se tomó las medidas de las temperaturas desde el termómetro digital determinando la media de la HR, la dirección del

Viento elevado al cuadrado y la distancia del borde, a través de la siguiente fórmula (Land and Water, 2006).

$$Kp = 0.108 - 0.0286 \times U_2 + 0.0422 \ln(F) + 0.1434 \ln(HRm) - 0.000631 [\ln(F)]^2 \times \ln(HRm)$$

$$Kp = 0.108 - 0.0286 \times 5 + 0.0422 \ln(10) + 0.1434 \ln(85) - 0.000631 [\ln(10)]^2 \times \ln(85)$$

$$Kp = 0,65$$

Donde:

U_2 : velocidad promedio del viento ($m. s^{-1}$).

F: distancia entre el tanque evaporímetro y el área con cultivo (m).

HRm: la humedad relativa media (%).

2.5.7.3. Coeficiente del cultivo (Kc)

Los coeficientes de cultivo para las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de frejol caupí, se tomó y ajusto según la metodología descrita en el Manual 56 de Riego y Drenaje de la FAO (Land and Water, 2006).

- **El Kc para la etapa inicial se calculó mediante la fórmula:**

$$Kc\ ini = fw \times Kc\ ini$$

$$Kc\ ini = 0,4 \times 0,8$$

$$Kc\ ini = 0,34$$

Donde:

Fw: Fracción del plano del suelo humedecida por el riego o lluvia. [0 - 1].

Kc Ini: Valor de Kc ini obtenido del Cuadro 12 o las Figuras 29 ó 30 (FAO56, 2005).

- **El Kc para la etapa medio se calculó mediante la fórmula:**

$$Kc\ med = Kc\ med + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(HR_{min} - 45)](h/3)^{0,3}$$

$$Kc\ med = 1,05 + [0,04(5 - 2) - 0,004(85 - 45)](0,5/3)^{0,3}$$

$$Kc\ med = 1,04$$

Dónde:

Kc med = 1,05 valor de Kc med obtenido del (Cuadro 12) manual 56 FAO (FAO56, 2005).

U₂ = 5 valor medio diario de la velocidad del viento a 2 m de altura m s⁻¹,

HR min = 85 valor medio diario de humedad relativa.

H = 0.5 altura media de las plantas durante la etapa de mediados del frejol caupí.

El Kc para la etapa final se calculó mediante la fórmula:

$$\mathbf{Kc\ fin} = Kc\ fin + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(HR_{min} - 45)](h/3)^{0,3}$$

$$\mathbf{Kc\ fin} = 0,35 + [0,04(5 - 2) - 0,004(85 - 45)](0,5/3)^{0,3}$$

$$\mathbf{Kc\ fin} = 0,34$$

Dónde:

Kc fin = 0,35 valor de Kc fin obtenido del (Cuadro 12) manual 56 FAO (FAO56, 2005)

U₂ = 2 valor promedio de la velocidad diaria del viento a 2 m de altura

HR min = 92 valor promedio de humedad relativa.

H = 0,5 m altura promedio de la planta durante la etapa final.

2.5.7.4. Coeficiente de uniformidad de distribución del riego (CUD)

Se seleccionaron 16 emisores de la tubería terciaria para el cálculo del Coeficiente de Uniformidad de Distribución. El agua de los goteros seleccionados se recolectó mediante un recipiente y se eligieron los 2 emisores más cercanos y los 2 más alejados de la válvula de la tubería de cada tratamiento, se seleccionaron 4 emisores siguiendo el mismo criterio durante un período de 5 minutos y se convirtió a litros por hora para el cálculo correspondiente del CUD (Keller and Bliesner, 2001).

$$\mathbf{CUD} = \frac{q\ 25\%}{q\ min} \times 100$$

$$\mathbf{CUD} = \frac{0.65}{0.71} \times 100 = 91,54\%$$

Tabla 4 Coeficiente de distribución de caudales

Gotos	Caudal lph	Gotos del cuartil inferior	Caudales del cuartil inferior
1	0,61		
2	0,66		
3	0,66		
4	0,68		
5	0,68		
6	0,70		
7	0,70		
8	0,71		
9	0,71		
10	0,72		
11	0,73		
12	0,73		
13	0,73	14	0,6
14	0,74	4	0,7
15	0,76	12	0,7
16	0,77	3	0,7
Promedio general	0,71	Promedios caudales bajos	0,65
	CUD	91.54%	

2.5.8. Cosecha

Una vez completado el desarrollo del cultivo a los 95 días, desde el 14 de agosto hasta el 15 de noviembre del 2023, se llevó a cabo la cosecha. Durante este proceso, las semillas fueron depositadas en bolsas de plástico y debidamente identificadas de acuerdo con los tratamientos establecidos. La ejecución de esta etapa tuvo lugar al alcanzar las plantas la madurez fisiológica, caracterizada por la defoliación de las plantas, la sequedad de las vainas que adquirieron un tono amarillento, y un contenido de humedad en las semillas aproximado entre el

2.5.9. Método de análisis económico

Para ejecutar el proyecto, se valoró la gestión económica del cultivo, analizando los costos e ingresos generados. Se calcularon los ingresos y costos totales de producción para determinar costos fijos y variables.

Se evaluaron los indicadores de rentabilidad, incluyendo:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)
- Relación Costo-Beneficio (C/B)

Considerando una tasa de interés fija del 12%, la inversión inicial varió según el cultivo debido a los costos de plantación. Se tuvieron en cuenta las fluctuaciones en los precios del mercado (mano de obra, materia prima, insumos, etc.) que afectaron los costos variables, en especial el precio del agua, influenciando la rentabilidad del cultivo (C.E, 2021).

2.6. Parámetros evaluados

2.6.1. Morfológicos

Altura de Planta

La variable, medida en centímetros (cm), permitió la determinación de la longitud de la planta, llevando a cabo la medición desde el punto de inserción basal hasta la extremidad de las estructuras vegetativas a través del empleo de una cinta métrica.

Número de vainas por planta

Seleccionamos de manera aleatoria una cantidad significativa de plantas de (*Vigna Unguiculata*) en la muestra. Para cada planta escogida, procedimos a realizar un conteo del número de vainas. Posteriormente, documentamos la información recopilada en una base de datos.

2.6.2. Productividad de semillas $kg\ ha^{-1}$

En el caso de cada parcela, dividimos la cantidad de rendimiento en kilogramos (Kg) obtenidos entre la superficie de la parcela en hectáreas (ha). Este procedimiento proporcionó la producción en kilogramos por hectárea ($Kg\ ha^{-1}$) para cada tratamiento.

2.6.3. Productividad de agua kg/m^3

En relación con cada parcela, se procedió a la división del rendimiento en kilogramos (Kg) obtenidos por la cantidad de agua aplicada en metros cúbicos (m^3). Este cálculo resultó en la determinación de la productividad del agua en kilogramos por metro cúbico ($Kg\ m^3$) para cada tratamiento o condición experimental.

2.7. Análisis estadístico de los resultados

Análisis de las medias poblacionales de los tratamientos se realizaron mediante la prueba de Tukey 5% de significancia estadística mediante software infostat.

El arreglo de las parcelas en el área experimental corresponde a un diseño de bloques completamente al azar DBCA. Las fuentes de variación y los grados de libertad se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Grados de libertad

Fuentes De Variación	Grados De Libertad
Tratamiento	3
Repeticiones	3
Error Exp.	9
Total	15

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efecto en los parámetros evaluados

3.1.1. Variables morfológicas

Altura de planta

La tabla 6 del análisis de varianza indica que a los 95 días después de la siembra, no se observó diferencia significativa entre los tratamientos de altura de la planta, con una media de 44,84 cm y coeficiente de variación del 2,72%.

Tabla 6 Análisis de varianza de la variable altura de planta evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	1,66	3	0,55	0,37	0,7753
Error	13,36	9	1,48		
Total	211,16	15			
CV%				2,72	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El histograma de la Figura 3 ilustra la distribución de alturas de las plantas en distintos intervalos, evidenciando que la mayoría de las plantas se encuentran en el rango de 43,78 a 46,63 cm de altura.

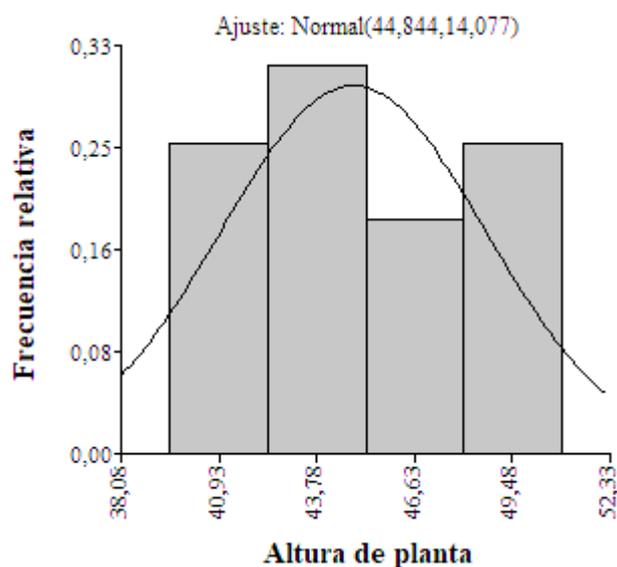


Figura 3 Histograma de frecuencias de altura de plantas Frejol Caupí (*Vinga Unguiculata*) con diferentes niveles de riego

Numero de vainas por planta

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos del análisis de la varianza, donde se evidencia que la variable analizada no presenta diferencias significativas entre los distintos tratamientos después de 95 días desde la siembra. Esto se respalda con un coeficiente de variación del 1,73% y una media de 10,24%.

Tabla 7 Análisis de varianza de la variable número de vainas por planta evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	0,16	3	0,05	1,73	0,231
Error	0,28	9	0,03		
Total	0,6	15			
CV%				1.73%	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El gráfico de barras representado en la Figura 4 muestra la distribución del número de vainas por planta en diferentes rangos, demostrando que la mayor concentración de vainas por planta se sitúa en torno a un promedio de 10,24 unidades.

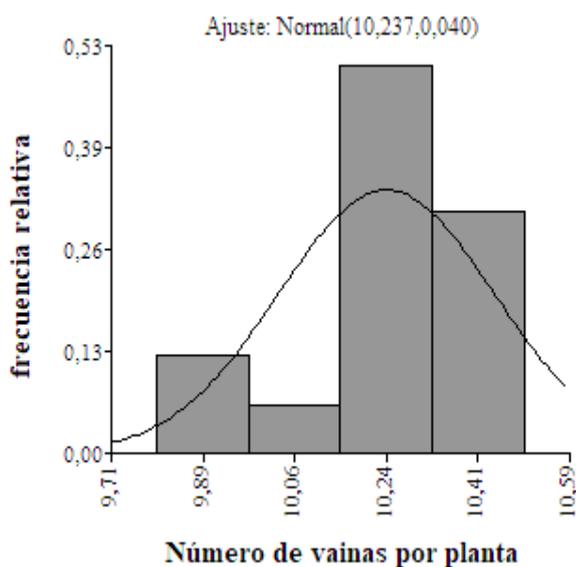


Figura 4 Histograma de frecuencias de numero de vaina Frejol Caupí (*Vinga Unguiculata*) con diferentes niveles de riego

3.1.2. Variables de productividad

Producción de granos de frejol caupí kg ha⁻¹

En la Tabla 8 se puede observar que durante el análisis de esta variable se observó diferencias estadísticas entre los tratamientos en el estudio de producción de semilla kg ha⁻¹, con un coeficiente de variación de 0,52% y una media de 3437 Kg ha⁻¹.

Tabla 8 Análisis de varianza de la variable producción de granos de frejol caupí kg ha⁻¹ evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	504859,5	6	84143,25	262,02	<0,0001
Tratamiento	503664,25	3	167888,08	522,79	<0,0001
Error	2890,25	9	321,14		
Total	507749,75	15			
CV				0,52%	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Durante el análisis de esta variable, se observó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio. La Tabla 9 muestra que, al examinar los rendimientos por hectárea, se encontró que el tratamiento T1 tuvo un rendimiento superior al presentar una producción de 3,750 kg ha⁻¹, mientras que los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron una producción de 3,333 kg ha⁻¹, manteniéndose en el mismo valor. Dado que T1 exhibe una diferencia significativa, podemos concluir que tiene un mejor rendimiento en comparación con los otros tratamientos

Tabla 9 Producción de granos de frejol caupí kg ha⁻¹ bajo el efecto de 4 diferentes cantidades de riego hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

Tratamientos	Producción de grano kg ha ⁻¹	
T1 (100% RH)	3754,50	A
T2 (80%RH)	3355,50	B
T3 (60% RH)	3347,25	B
T4 (40% RH)	3329,50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Productividad del agua kgm³

El análisis de varianza (Tabla 9) revela diferencia estadística altamente significativa en el rendimiento del agua en términos de kgm³, con una media general de 2,60 kgm³ y un C.V de 0,59%.

Tabla 10 Análisis de varianza de la variable productividad del agua kgm³ evaluados a los 95 días después de la siembra bajo efecto de diferentes dosis de recurso hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Modelo	11,75	6	1,96	8269,56	<0,0001
Tratamiento	11,74	3	3,91	16537,78	<0,0001
Error	2,10E-03	9	2,40E-04		
Total	11,75	15			

En la Tabla 11 se presentan los volúmenes de agua utilizados para cada tratamiento. En el T1, se emplearon 2102 m³ para alcanzar una producción de 3750 kg ha⁻¹, lo que se traduce en una eficiencia de 1,78 kgm³. Por otro lado, tanto el T2, T3 y T4 mostraron una producción igual de 3333 kg ha⁻¹. Sin embargo, las eficiencias variaron. El T2 registró una eficiencia de 1,95 kgm³ con un consumo de agua de 1,076 m³. El T3 demostró una eficiencia de 2,64 kgm³ con un consumo de agua de 1261 m³, mientras que el T4 alcanzó una eficiencia de 3,96 kgm³ con un consumo de agua de 841 m³.

Tabla 11 Productividad del agua kgm³ bajo el efecto de 4 diferentes cantidades de riego hídrico en el Centro de Apoyo Colonche, 2023.

Tratamientos	Productividad del agua kg/m ³
T1 (100% RH)	1,79 A
T2 (80% RH)	2,00 B
T3 (60% RH)	2,64 C
T4 (40% RH)	3,98 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05).

Estos resultados indican que es posible alcanzar una productividad satisfactoria con un uso eficiente del agua, lo que resalta la importancia de optimizar su uso para maximizar la producción agrícola y contribuir a la conservación ambiental.

3.1.3. Análisis Económico

En el siguiente detalla los costos de producción de cada uno de los tratamientos, los costos administrativos se sitúan en 5 % de los costos totales, el costo financiero se estima en una tasa de 12%; sumado esto se obtienen los costos totales USD. Martínez (2015) y Freddy (2015) mencionan que el costo del agua es de \$ 0,03 centavos de dólares por m³, generando de esta manera la relación beneficio/costo, para el T1 con el 100%, 1,30 dólares siendo el de mejor rendimiento en cuanto a la producción seguido del T4 con 1,31 dólares y el T3 con 1,28 dólares mientras T2 produce 1,25 dólares, la más baja producción.

Luego en la tabla 12, se detallan los productos e insumos agrícolas utilizados en el desarrollo de la investigación con sus respectivas cantidades y costos de mercado, así como; los valores de mano de obra, y otros insumos utilizados como herramientas, alquiler de maquinaria y equipo; una vez obtenida la producción en cada una de los tratamiento se procedió a cuantificar y costear la producción de acuerdo al precio de mercado estimado en 2,5 dólares americanos por kilo de frejol caupí, luego se procedió a calcular los indicadores de rentabilidad para cada tratamiento como el VAN que dan resultados positivos de \$2.565,24 para T1, \$2.084,77 para T2, \$2.291,55 para T3, \$2.210,15 para T4 lo cual indica que es un proyecto rentable con una tasa de TIR alta del 13% para T1, 12% para T4, sin embargo, los otros dos tratamientos no son tan rentables ya que tienen una tasa de TIR de 10% para T2 y 11% para T3.

Tabla 12 Costos de producción del análisis económico T1, T2, T3, T4

LABORES AGRICOLAS	Unidad	Cantidad	Costos U.	T1	T2	T3	T4
Análisis de Laboratorio	Análisis	1	25,0	25,00	25,00	25,00	25,00
			Subtotal				
Preparación de suelo							
Arada	Horas maquina	3	40,0	120,00	120,00	120,00	120,00
Gradeo	Horas maquina	3	40,0	120,00	120,00	120,00	120,00
Surcado	Horas maquina	2	40,0	80,00	80,00	80,00	80,00

COSTOS FIJOS								
Agua	m3		0,3	630,6	504,6	378,3	252,3	
Combustible	Litros		0,48	40,6	32,6	24,0	16,3	
Mano de obra	Jornal	95	15,0	1425,00	1425,00	1425,00	1425,00	
Semilla	Kg	90	2,5	225,00	225,00	225,00	225,00	
Fertilizante								
Yaramila Complex	Kg	200	1,2	240,00	240,00	240,00	240,00	
Nitrato de amonio	Kg	250	2,0	500,00	500,00	500,00	500,00	
Fosfato di amónico	Kg	170	1,5	255,00	255,00	255,00	255,00	
Cloruro de Potasio	Kg	160	1,6	256,00	256,00	256,00	256,00	
Insecticida								
Clorpirifos	Lts	5	11,0	55,00	55,00	55,00	55,00	
			Subtotal					
Control Fitosanitario								
Carboxín + Captan	Unidad	1	52,0	52,00	52,00	52,00	52,00	
			Subtotal					
COSTOS VARIABLES								
Equipo de riego	Equipo	1	3500	350	350	350	350	
OTROS COSTOS								
Transporte: Insumos	Global	1	500	50	50	50	50	
Costales	Global	0,5	500	250	250	250	250	
Alquiler de terreno	Ha	1	600	200	200	200	200	
Transporte: Cosecha	Global	1	480	100	100	100	100	
			Subtotal					
COSTOS PARCIALES				TOTAL	4974,22	4840,24	4705,30	4571,62
Costos administrativos 5%				248,711	242,012	235,265	228,581	
Costos financieros 12%				626,75172	609,87024	592,8678	576,0241	
COSTOS TOTALES				5849,68	5692,122	5533,433	5376,23	
Beneficio bruto en costo				9375,00	8332,50	8332,50	8332,50	
Relacion costo/beneficio				1,368677	1,245121	1,275363	1,30681	

Tratamiento 1

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversion Inicial	5849,68					
Flujo de Caja	-5849,68	1496,32	1528,98	1719,22	1826,98	1843,44

Tasa de descuento	12%
-------------------	-----

VAN	\$2.565,24
TIR	13%

Tratamiento 2

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversion Inicial	5692,12					
Flujo de Caja	-5692,12	1140,38	1295,38	1415,38	1805,38	2120,38

Tasa de descuento	12%
-------------------	-----

VAN	\$2.084,77
TIR	10%

Tratamiento 3

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversion Inicial	5533,43					
Flujo de Caja	-5533,43	1054,22	1200,84	1715,82	1805,04	2049,07

VAN	\$2.291,55
TIR	11%

Tratamiento 4

	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5
Inversion Inicial	5376,23					
Flujo de Caja	-5376,23	1461,27	1483,77	1503,77	1531,27	1606,27

Tasa de descuento	12%
-------------------	-----

VAN	\$2.210,15
TIR	12%

3.2. Discusión

Según Téllez, (1999) la expresión de altura de la planta se le atribuyen a factores ambientales, Se puedo constatar que el T1 con 45,03 cm, fue el que presento mayor altura y el T3 con 44,48 cm fue el de menor altura, en este caso tomando en cuenta los resultados obtenidos por Binder, (1997) , este frejol puede alcanzar alturas que van desde los 20-60 cm, estando todos los tratamientos estudiados dentro de estos rangos.

Según Alejandro, (2017) se obtuvo un promedio de 10 vainas por planta en su experimento. Nuestros resultados se encuentran en un promedio de 10,20 y 10,40 vainas por planta, lo cual indica que estamos dentro de los valores esperados. Sin embargo, (Durán, 2017) menciona que el número de vainas es susceptible a la densidad de población del cultivo, ya que se presenta competencia intraespecífica. Esto significa que, a mayor densidad de plantas, habrá una menor producción por planta.

El rendimiento agrícola en kilogramos por hectárea (Kg/ha) está fuertemente influenciado por la capacidad germinativa y el vigor de la semilla utilizada. Esto implica que las características inherentes de la semilla, como su potencial de germinación y crecimiento, son factores determinantes en la producción agrícola.

En concordancia con este planteamiento, el estudio realizado por (Leal, 2016) respalda nuestros resultados, ya que en su experimento también se obtuvo el mayor rendimiento de 3816,52 Kg/ha. Esto sugiere que la calidad de la semilla es un aspecto clave a considerar para optimizar el desempeño productivo de los cultivos.

Según Díaz et al., (2020), es crucial definir la cantidad de agua necesaria para cada cultivo con el fin de alcanzar rendimientos óptimos. Además, es fundamental comprender cómo distribuir esta agua de manera adecuada a lo largo de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo para lograr un manejo eficiente del riego.

Por otro lado, Spano et al., (2009) señalan que un factor que puede afectar significativamente los resultados es el tipo de suelo. La evaporación del suelo varía en función de sus características texturales destacadas, lo que influye directamente en la disponibilidad de agua para el cultivo, ya que está relacionada con las propiedades hidrofísicas del suelo.

En contraste, López (2011) señalan que las necesidades hídricas máximas del cultivo de fríjol y las normas de riego totales oscilan entre 280 a 372 mm para suelos de textura arcillosa. Cabe destacar que el suelo utilizado en nuestra investigación presenta una textura

arcilloso-arenosa. Al comparar los resultados, se observa una similitud en el consumo total de agua del cultivo. Lo cual respalda la validez y confiabilidad de nuestros propios resultados, lo que sugiere que el manejo hídrico implementado ha sido efectivo y se ajusta adecuadamente a las necesidades del cultivo en el tipo de suelo utilizado.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El riego deficitario aplicado durante el ciclo del cultivo dio como resultado una reducción significativa en el rendimiento productivo, a comparación de un riego al 100%, concluyendo así que la mejor variante es una reposición completa al 100% de sus necesidades hídricas para optimizar su rendimiento especialmente en la fase reproductiva.
- Tratamientos 4 son los más eficientes en el ámbito económico, ya que ambos presentaron menos costos de producción y al mismo tiempo lograron excelente desempeño agro productivo.
- El balance entre la reducción de costos y el aumento de la productividad evidencia la eficiencia y viabilidad técnica y económica de estos procesos, según los indicadores financieros de VAN, TIR y Relación B/C, que demuestran su rentabilidad y sostenibilidad.

Recomendaciones

- En futuras investigaciones, sería beneficioso explorar más a fondo estos factores para obtener una comprensión más completa de su impacto en el resultado del tratamiento.
- Socializar los resultados obtenidos en el presente estudio en las comunas de la zona norte de la provincia de Santa Elena, para incentivar a la población al cultivo de fréjol caupí.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo H., E., 2021. Interacciones suelo-agua-raíz en el proceso de absorción de agua por las plantas.
- Alejandro, I., 2017. Efecto de diferentes densidades de siembra y control fitosanitario en fréjol caupí (*Vigna Unguiculata*, L Walp), en Manglaralto Provincia De Santa Elena. UPSE, Santa Elena.
- Andrade, C., Guamán, R., Alava, J., 2004. Guía para el cultivo de frejol. Estación experimental Boliche, INIAP.
- Ayón, F., Veliz, D., Gabriel, J., 2017. El caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) y su respuesta a la aplicación de ácidos húmicos (AH' s) en el Cantón Jipijapa en Ecuador. *J. Selva Andina Biosphere* 5, 4–14.
- Bernal, I., 2023. Diseño De Un Sistema De Riego Por Goteo Para La Producción De Cacao Ccn-51 En La Parroquia Simón Bolívar Santa Elena. UPSE, Santa Elena.
- Binder, U., 1997. Manual de leguminosas de Nicaragua, 1. ed. Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central ; Escuela de Agricultura y Ganadería de Estelí, Managua, Nicaragua, Estelí.
- Campos, J.C., Angulo, C.D., 2022. Manual técnico de buenas prácticas agrícolas para la producción de frijol caupí en áreas de tierra firme, Instituto Nacional de Innovación Agraria. Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Cárdenas, R., 2017. Manual de Cultivo de Caupi | PDF | Siembra | *Phaseolus Vulgaris* [WWW Document]. URL <https://es.scribd.com/document/352847941/Manual-de-Cultivo-de-Caupi> (accessed 3.22.24).
- C.E, A.L. y el C., 2021. La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Contreras García, J.A., 2021. Punto de equilibrio: qué es y cómo calcularlo | Salesforce - Blog de Salesforce [WWW Document]. URL <https://www.salesforce.com/mx/blog/2021/11/punto-de-equilibrio-que-es-y-como-calcularlo.html> (accessed 6.12.23).
- Díaz, C.D., Zayas, Puebla, J.H., Robaina, F.G., Cremé, H., 2020. Contribución a la protección del recurso agua en el municipio Güira de Melena. *Rev. Ing. Agríc.* 10.
- Durán, I., 2017. Establecimiento de un proyecto productivo de 5.000 m² de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) como alternativa de producción agrícola en dos localidades de la región caribe (Bolívar y Sucre). *Ing. Agronómica*.
- ECHO, 2022. Frijol caupí. ECHOcommunity.
- FAO56, 2005. Evapotranspiración del cultivo, 1st ed.
- flopez, 2018. > Riego deficitario-Control y optimización de los recursos hídricos I *Plantae*. *Plantae@*. URL <https://plantae.garden/riego-deficitario/> (accessed 3.22.24).
- Florentino, A., 2006. Métodos para medir el contenido de agua en el suelo. *Venezuelos* 14, 48–70.
- Flores, G.P.R., 2015. “ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD ECONÓMICA EN DOS VARIETADES DE MAÍZ (*Zea mays*, L), COMUNA CALICANTO, CANTÓN DE SANTA ELENA.” Estatal Peninsula de Santa Elena, La Libertad.
- Freddy, A., 2015. Efecto de varias dosis de riego en el comportamiento agronómico del pimiento (*Capsicum Annuum* L.), en la granja experimental Manglaralto, Cantón Santa Elena. Upse, Manglaralto.

- García, F., 2008. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras [WWW Document]. URL <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083> (accessed 7.14.24).
- Giner, P., Vivas, M.A., 2019. El agua en el suelo. Fuerzas de retención.
- Harden, Dr.A.D., 2006. Control y manejo local de nuestras aguas como bien común - luchas ejemplares y desafíos | Heinrich-Böll-Stiftung - Ciudad de México | México y el Caribe [WWW Document]. URL <https://mx.boell.org/es/2009/11/17/control-y-manejo-local-de-nuestras-aguas-como-bien-comun-luchas-ejemplares-y-desafios> (accessed 3.22.24).
- IAF, 2017. Absorción y Transporte de Agua.
- Keller, J., Bliesner, R.D., 2001. Sprinkle and Trickle Irrigation. Blackburn Press.
- Lagos, L.O., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C., Lillo, M., Lagos, L.O., Lama, W., Hirzel, J., Souto, C., Lillo, M., 2017. Evaluación de riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). *Agrociencia* 51, 359–372.
- Land, D., Water, 2006. Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.
- Leal, C., 2016. “EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE GERMINACIÓN Y VIGOR DE SEMILLAS DE CULTIVARES DE FREJOL.” UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO, Los Ríos - Ecuador.
- Lopez, T., 2011. Modelación de la eficiencia del uso del agua en maíz y frijol en diferentes condiciones de suelos y disponibilidad hídrica. *Sist. Inf. Científica* 1, 8.
- Marinissen, A.N., 2008. Impacto Económico del riego complementario en el sudoeste bonaerense. 2008 78.
- Martínez, A., 2015. Agua cruda: tarifa por exceso de consumo en Ecuador [WWW Document]. *iAgua*. URL <https://www.iagua.es/blogs/andres-martinez/agua-cruda-tarifa-exceso-consumo-ecuador> (accessed 5.8.24).
- Morales, A.E.M., Noh, R.H.A., Quiroz, C.M., Mendoza, A.B., Suarez, J.M.T., Moreno, A.G., López, C.J.A., 2019. Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) de la Península de Yucatán. *Ecosistemas Recur. Agropecu.* 6. <https://doi.org/10.19136/era.a6n18.2171>
- Pérez, C.B., Correa, D.R., Posada, P.G., Martínez, G.A., Der, C.M., 2021. Tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos en fincas ganaderas. *Rev. Ing. Agríc.* 11.
- Rios, D.E.V., 2006. Evapotranspiración de referencia (ET o).
- Roma, 2002. EL ESTADO MUNDIAL DE LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN 2002 [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/3/y6000s/y6000s00.htm> (accessed 3.22.24).
- SAC, 2009. vaina blanca. SEMILLAS PIURANAS. URL https://semillaspiuranas.com/vaina_blanca/ (accessed 3.22.24).
- Santos, L.F. da C., Ruiz-Sánchez, E., Jiménez-Osornio, J.J., 2022. Caracterización agromorfológica de 20 cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) en Yucatán, México. *Acta Univ.* 32.
- Sela, G., 2020. El agua del suelo: Importancia y gestión | Ing. Guy Sela. URL <https://cropaia.com/es/blog/el-agua-del-suelo/> (accessed 3.22.24).
- SENA, S.N. de A., 1982. El suelo y el agua.
- Silva., P., Silva, H., Garrido, M., Edmundo, 2015. MANUAL DE ESTUDIO Y EJERCICIOS RELACIONADOS CON EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO Y SU USO POR LOS CULTIVOS.

- Spano, D., Snyder, R.L., Sirca, C., Duce, P., 2009. ECOWAT—A model for ecosystem evapotranspiration estimation. *Agric. For. Meteorol.* 149, 1584–1596.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.04.011>
- Téllez, A., 1999. Efecto de tres densidades de siembra frijol Caupí (*Vigna unguiculata*) sobre la producción de grano.
- Tigrero, R., 2021. Calidad de agua de pozo de la Parroquia Colonche. UPSE, Santa Elena.
- Valverde, J., 2022. Sistemas de riego por goteo. San José, Costa Rica.
- Zugarramurdi, A., 1998. Costo de producción [WWW Document]. Fao1998. URL <https://www.fao.org/3/V8490S/v8490s06.htm> (accessed 5.31.23).

ANEXOS

Tabla 1A. Riego diario de la evapotranspiración de la tina clase A. Del cultivo de frejol caupí (*Vinga Unguiculata*).

PROGRAMACIÓN DE RIEGO FREJOL CAUPÍ

FECHA	Lluvia mm	Lectura s cm	LECTUR A mm	Coeficiente de Tina Kp	Evapotranspiración Potencial Eto	Coeficiente de Cultivo Kc	Efecto de localización KL	Fracción de Lavado RL	Coeficiente de uniformidad de caudales CUC	TRATAMIENTO 40%			TRATAMIENTO 60%			TRATAMIENTO 80%			TRATAMIENTO 100%			
										Lámina aplicada por día en mm	Tiempo de riego en horas	Volumen m3/ha	Lámina aplicada por día en mm	Tiempo de riego en horas	Volumen m3/ha	Lámina aplicada por día en mm	Tiempo de riego en horas	Volumen m3/ha	Lámina aplicada por día en mm	Tiempo de riego en horas	Volumen m3/ha	
4/8/2023		17,3																				
5/8/2023		17	3	0,65																		
6/8/2023		16,8	2	0,65																		
7/8/2023		16,5	3	0,65																		
8/8/2023		16	5	0,65																		
9/8/2023		15,6	4	0,65																		
10/8/2023		15,3	3	0,65																		
11/8/2023		15	3	0,65																		
12/8/2023		14,8	2	0,65																		
13/8/2023		14,4	4	0,65																		
14/8/2023		14	4	0,65	5,22	0,34	1,00	0,20	0,95	0,9	0,19	9	1,40	0,28	14	1,9	0,37	19	2,3	0,47	23	
15/8/2023		13,6	4	0,65																		
16/8/2023		13,2	4	0,65	5,22	0,34	1,00	0,20	0,95	0,9	0,19	9	1,40	0,28	14	1,9	0,37	19	2,3	0,47	23	
17/8/2023		12,5	7	0,65																		
18/8/2023		11,9	6	0,65	8,48	0,34	1,00	0,20	0,95	1,5	0,30	15	2,28	0,46	23	3,0	0,61	30	3,8	0,76	38	
18/8/2023		19,5																				
19/8/2023		19	5	0,65	3,26	0,34	1,00	0,20	0,95	0,6	0,12	6	0,88	0,18	9	1,2	0,23	12	1,5	0,29	15	
20/8/2023		18,5	5	0,65																		

21/8/2023		18	5	0,65	6,53	0,34	1,00	0,20	0,95	1,2	0,23	12	1,75	0,35	18	2,3	0,47	23	2,9	0,58	29
22/8/2023		17,5	5	0,65																	
23/8/2023		17,1	4	0,65	5,87	0,34	1,00	0,20	0,95	1,1	0,21	11	1,58	0,32	16	2,1	0,42	21	2,6	0,53	26
24/8/2023		16,7	4	0,65																	
25/8/2023		16,4	3	0,65	4,57	0,34	1,00	0,20	0,95	0,8	0,16	8	1,23	0,25	12	1,6	0,33	16	2,0	0,41	20
26/8/2023		16	4	0,65																	
27/8/2023		15,6	4	0,65	5,22	0,34	1,00	0,20	0,95	0,9	0,19	9	1,40	0,28	14	1,9	0,37	19	2,3	0,47	23
28/8/2023		15	6	0,65																	
29/8/2023		14,5	5	0,65	7,18	0,34	1,00	0,20	0,95	1,3	0,26	13	1,93	0,39	19	2,6	0,51	26	3,2	0,64	32
30/8/2023		14	5	0,65																	
31/8/2023		13,4	6	0,65	7,18	0,34	1,00	0,20	0,95	1,3	0,26	13	1,93	0,39	19	2,6	0,51	26	3,2	0,64	32
1/9/2023		13	4	0,65																	
2/9/2023		12,3	7	0,65	7,18	0,38	1,00	0,20	0,95	1,4	0,29	14	2,15	0,43	22	2,9	0,57	29	3,6	0,72	36
3/9/2023		11,5	8	0,65																	
4/9/2023		10,8	7	0,65	9,79	0,41	1,00	0,20	0,95	2,1	0,42	21	3,17	0,63	32	4,2	0,84	42	5,3	1,06	53
5/9/2023		19																			
6/9/2023		19,1	1	0,65	0,65	0,45	1,00	0,20	0,95	0,2	0,03	2	0,23	0,05	2	0,3	0,06	3	0,4	0,08	4
7/9/2023		18,8	3	0,65																	
8/9/2023		18	8	0,65	7,18	0,48	1,00	0,20	0,95	1,8	0,36	18	2,72	0,54	27	3,6	0,73	36	4,5	0,91	45
9/9/2023		17,2	8	0,65																	
10/9/2023		16,5	7	0,65	9,79	0,52	1,00	0,20	0,95	2,7	0,54	27	4,02	0,80	40	5,4	1,07	54	6,7	1,34	67
11/9/2023		16	5	0,65																	
12/9/2023		15,2	8	0,65	8,48	0,55	1,00	0,20	0,95	2,5	0,49	25	3,68	0,74	37	4,9	0,98	49	6,1	1,23	61
13/9/2023		14,9	3	0,65																	
14/9/2023		14,5	4	0,65	4,57	0,59	1,00	0,20	0,95	1,4	0,28	14	2,13	0,43	21	2,8	0,57	28	3,5	0,71	35

12/10/2023	14,5	4	0,65	8,48	1,04	1,00	0,20	0,95	4,6	0,93	46	6,97	1,39	70	9,3	1,86	93	11,6	2,32	116
13/10/2023	14	5	0,65		1,04															
14/10/2023	13,5	5	0,65	6,53	1,04	1,00	0,20	0,95	3,6	0,71	36	5,36	1,07	54	7,1	1,43	71	8,9	1,79	89
15/10/2023	13	5	0,65		1,04															
10/16/2023	12,8	2	0,65	4,57	1,04	1,00	0,20	0,95	2,5	0,50	25	3,75	0,75	38	5,0	1,00	50	6,3	1,25	63
17/10/2023	12,5	3	0,65																	
18/10/2023	12,1	4	0,65	4,57	0,95	1,00	0,20	0,95	2,3	0,46	23	3,43	0,69	34	4,6	0,91	46	5,7	1,14	57
10/19/2023	19																			
20/10/2023	18,5	5	0,65	3,26	0,85	1,00	0,20	0,95	1,5	0,29	15	2,19	0,44	22	2,9	0,58	29	3,6	0,73	36
21/10/2023	18,3	2	0,65																	
22/10/2023	18,2	1	0,65	1,96	0,76	1,00	0,20	0,95	0,8	0,16	8	1,17	0,23	12	1,6	0,31	16	2,0	0,39	20
23/10/2023	18	2	0,65																	
24/10/2023	17,9	1	0,65	1,96	0,67	1,00	0,20	0,95	0,7	0,14	7	1,04	0,21	10	1,4	0,28	14	1,7	0,35	17
25/10/2023	17,7	2	0,65																	
26/10/2023	17,5	2	0,65	2,61	0,57	1,00	0,20	0,95	0,8	0,16	8	1,17	0,23	12	1,6	0,31	16	2,0	0,39	20
27/10/2023	17,3	2	0,65																	
28/10/2023	16,9	4	0,65	3,92	0,48	1,00	0,20	0,95	1,0	0,20	10	1,48	0,30	15	2,0	0,40	20	2,5	0,49	25
29/10/2023	16,5	4	0,65																	
30/10/2023	16	5	0,65	5,87	0,39	1,00	0,20	0,95	1,2	0,24	12	1,81	0,36	18	2,4	0,48	24	3,0	0,60	30
31/10/2023	15,5	5	0,65		0,34															
				238																
									84	17	841	126	25	1261	168	34	1682	210	42	2102

Figura 1A. Distribución de parcelas



Figura 2A. Llenado de vainas



Figura 3A. Trillado de vainas secas



Figura 4A. Pesado del frejol caupí

