

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Teobroma sp*) en fase de
desarrollo para la época seca”**

AUTOR: Joseph Steeven Cornejo Zambrano

TUTOR: Ing. Francel Xavier López Mejía, PhD.

El Carmen, Marzo del 2023

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.	REVISIÓN: 1 Página II de 62

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría del estudiante Joseph Steeven Cornejo Zambrano, legalmente matriculado en la carrera de ingeniería agropecuaria, período académico 2022-2023, cumpliendo el total de 64 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Teobroma sp*) en fase de desarrollo para la época seca”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, marzo de 2023

Lo certifico

Ing. Francel Xavier López Mejía, PhD.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria

UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

“Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Teobroma sp*) en fase de desarrollo para la época seca”

AUTOR: Joseph Steeven Cornejo Zambrano

TUTOR: Ing. Francel Xavier López Mejía, PhD

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Ing. De La Cruz Chicaiza Marco Vinicio, Mg

Ing. Cedeño Zambrano José Randy, Mg

Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg

DEDICATORIA

Quiero dedicar a Dios primero por haber sido mi sostén dentro de todo el tiempo de mi carrera, me brindó cobertura, amor y amigos que se convirtieron en familia, a mi padre por apoyarme de manera incondicional cuando más lo necesité, ya mamá en el cielo quien fue siempre la persona que más creyó en mí y quien aun con su ausencia desde el cielo me guardó.

A toda mi familia en general quien con sus oraciones y apoyo no dejaron de estar siempre presente para mí, a todos ustedes les dedico este gran proyecto pues fueron parte de él.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi viejo mi lindo viejito como le digo por costumbre y cariño por su constante apoyo en todo lo que hice, pues jamás dejó de estar para mí y esto va por ti y mamá. A mis hermanos porque de manera directa o indirecta sé que siempre estuvieron allí para brindarme su ayuda.

A Dios, mi pilar para caminar en rectitud y hacer las cosas bien en todo lo que me proponía realizar, siempre sé que me sostuvo, a mi tutor por su apoyo y su amistad dentro de todos los procesos, a mi tutora en el transcurso de todo el tiempo de estudio y quien se convirtió en madre también, sin duda estoy más que agradecido con la vida por todo lo que me ha regalado.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
I. Problema científico.....	3
II. Objetivo General:.....	4
III. Objetivos específicos:.....	4
IV. La hipótesis científica:.....	4
1 MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Generalidades del cacao.....	5
1.1.1 Origen.....	5
1.1.2 Clasificación taxonómica del cacao.....	5
1.2 El cultivo de cacao en Ecuador.....	6
1.2.1 Principales variedades cultivadas.....	6
1.2.2 Productores de cacao en la provincia de Manabí.....	7
1.3 Características.....	8
1.3.1 Morfo-fisiología de la planta.....	8
1.3.2 1.3.3 Requerimientos agroclimáticos del cultivo de cacao.....	8
1.3.3 Labores culturales.....	9
1.4 Sistema de riego.....	10
1.4.1 El agua.....	10
1.4.2 Riego por aspersión.....	11
1.4.3 Riego por Goteo.....	11
1.4.4 Climatología según la zona de Manabí.....	13
1.4.5 Resultado de los recursos naturales y los tiempos de sequías.....	13

1.4.6	Clasificación conforme a la constancia e impacto ambiental.....	14
1.4.7	Fórmulas manejadas para la sistematización de un riego.....	15
1.5	Costos de producción.....	16
2	INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3	DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO.....	22
3.1	Ubicación del ensayo.....	22
3.2	Características agroecológicas de la zona.....	22
3.3	VARIABLES EN ESTUDIO.....	23
3.3.1	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	23
3.3.2	VARIABLES DEPENDIENTES.....	23
3.3.1.1	MÉTODOS.....	23
3.4	Fórmulas utilizadas en el ensayo.....	23
3.5	Característica de las Unidades Experimentales.....	24
3.6	Tratamientos.....	25
3.7	Diseño experimental.....	25
3.8	Materiales e instrumentos.....	26
3.8.1	Equipos de campo.....	26
3.8.2	Materiales de oficina.....	26
3.9	Manejo del Ensayo.....	26
3.9.1	Limpieza, e instalación del sistema para riego.....	27
4	EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
4.1	Altura de la planta a los 30, 45 y 60 días (m).....	28
4.2	Diámetro del tallo a los 30, 45 y 60 días (cm).....	31
4.3	Número de brotes en función del riego.....	34
4.4	Costo de producción en función del riego.....	36
	CONCLUSIONES.....	38
	RECOMENDACIONES.....	39

TABLAS

Tabla 1. <i>El cacao según lo describe se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera: ...</i>	5
Tabla 2. <i>Número y porcentaje de productores de cacao por cantones en la provincia de Manabí-Ecuador, 2018.....</i>	7
Tabla 3. <i>Clasificación conforme a la constancia e impacto sobre la colectividad en cuatro tipos.</i>	14
Tabla 4. <i>Características meteorológicas presentadas en el ensayo, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca</i>	22
Tabla 5. <i>Características de la unidad experimental, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca.</i>	25
Tabla 6. <i>Disposición de los tratamientos, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca.....</i>	25
Tabla 7. <i>Esquema del ADEVA, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca.</i>	26
Tabla 8. <i>Presupuesto de gastos en mano de obra mensual, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca</i>	36
Tabla 9. <i>Costos indirectos de la implementación del riego por goteo, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca</i>	37

FIGURAS

Figura 1. <i>Croquis de campo de una frecuencia de riego simple.</i>	12
Figura 2. <i>Humedad Lang aplicada en Manabí, Ecuador. Dato elaborado por el departamento central de investigación de la ULEAM (Universidad laica “Eloy Alfaro de Manabí”) (2015).</i>	13
Figura 3. <i>“Interrelación de la variabilidad climática natural”</i>	15
Figura 4. <i>“Costo de aplicar un m³ neto por tipo de sistema de riego”</i>	17
Figura 5. <i>“Costo de operación (\$ ha-1año-1) de tres sistemas de riego”.</i>	18
Figura 6. <i>Ubicación de la parroquia Barraganete de la provincia de Manabí.</i>	22
Figura 7. <i>Observación de la variable altura de la planta (m) a los 30 días en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	29
Figura 8. <i>Altura de la planta (m) en el día 45 después de implementar las frecuencias de riego en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	30
Figura 9. <i>Altura de la planta (m) en el día 60 después de implementar las frecuencias de riego en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	30
Figura 10. <i>Observación de la variable diámetro del tallo (cm) día 30 en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	32
Figura 11. <i>Observación de la variable diámetro del tallo (cm) día 45 en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	33
Figura 12. <i>Observación de la variable diámetro del tallo (cm) día 60 en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	33
Figura 13. <i>Observación de la variable número de chupones, en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.) en los números de chupones.</i>	35
Figura 14. <i>Observación de la variable número de chupones, a los 60 días con el sistema de riego en el cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.).</i>	35

ANEXOS

Anexo 1. <i>ADEVA 1. Del análisis de varianza de la variable altura de la planta</i>	xii
Anexo 2. <i>ADEVA 2. Del análisis de varianza de la variable número de chupones.</i>	xii
Anexo 3. <i>ADEVA 3. Del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo.</i>	xii
Anexos 4. <i>Fotos.</i>	xiii
Anexos 5. <i>Fotos.</i>	xiii
Anexos 6. <i>Fotos.</i>	xiv
Anexos 7. <i>Fotos.</i>	xiv
Anexos 8. <i>Fotos.</i>	xv
Anexos 9. <i>Fotos.</i>	xv
Anexos 10. <i>Fotos.</i>	xvi

RESUMEN

El uso de sistemas de riego en el cultivo de cacao se establece como base de la nueva dinámica climática. La investigación se llevó a cabo en un cultivo de (*Theobroma cacao* L) CCN-51 en la etapa de desarrollo durante la época seca en la parroquia Barraganete, cantón Pichincha, Provincia de Manabí con el objetivo de evaluar tres frecuencias de riego en el cultivo de cacao en fase de desarrollo durante la época seca. Se establecieron tres tratamientos y un control: dos riegos por día, un riego por día, pasando un día un riego; control sin riego, se evaluó altura de la planta (m), diámetro del tallo (mm) y número de chupones. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado y se realizó el análisis de varianza con $p < 0,05$ y la prueba de significancia Tukey para determinar diferencias entre medias. A los 60 días la altura de la planta no establece diferencias significativas entre los tratamientos la media más alta en, altura de la planta la reporta los tratamientos T1 y control (1,35 y 1,37 m) respectivamente. En el diámetro del tallo el T2 obtiene la media más alta (5,18 mm) y el tratamiento control la más baja (4,31 mm), la utilización del T1 a partir de los 60 días permite el crecimiento de chupones con un promedio de 3 chupones por planta. Se concluye que al utilizar dos riegos por día en el cultivo es una opción viable para aumentar el número de chupones y altura de la planta.

Palabras claves: Goteo, Manejo, Sistema, Diagnóstico.

ABSTRACT

The use of irrigation systems in the cultivation of cocoa is established as the basis of the new climatic dynamics. The research was carried out in a crop of (*Theobroma cacao* L) CCN-51 in the development stage during the dry season in the Barraganete parish, Pichincha canton, Manabí Province with the objective of evaluating three irrigation frequencies in the crop. of cocoa in the development phase during the dry season. Three treatments and a control were established: two irrigations per day, one irrigation per day, passing one irrigation day; control=without irrigation, plant height (m), stem diameter (mm) and number of suckers were evaluated. A completely randomized design was applied and analysis of variance was performed with $p < 0.05$ and the Tukey significance test to determine differences between means. At 60 days the height of the plant does not establish significant differences between the treatments, the highest average in plant height is reported by the T1 and control treatments (1.35 and 1.37 m) respectively. In the diameter of the stem, T2 obtained the highest mean (5.18 mm) and the control treatment the lowest (4.31 mm), the use of T1 after 60 days allows the growth of suckers with an average of 3 suckers per plant. It is concluded that using two irrigations per day in the crop is a viable option to increase the number of suckers and plant height.

Keywords: Drip, Management, System, Diagnosis.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial del cacao tuvo un incremento de 1,9 veces, entre los ciclos de 1970/71 y 2002/03, dicha posición continuó creciendo, pero en la década de los 80, según Quintero et al (2004) citando a ICCO (1997) mencionando que en comparación con los otros años se observó una disminución en el crecimiento, entre los años 1995/96 y 1999/2000 hubo un incremento en la obtención de producto a diferencia de los tiempos anteriores, esto se dio de manera fundamental por las circunstancias atmosféricas principalmente en el territorio de África, esto trajo como resultado la incorporación de servicios con mejores competitividades.

Quintero et al. (2004), mencionan que un poco mayor al 60% de la exportación a nivel mundial están en África y Asia. Basada en que la información lo define como los países con más importaciones de Europa y América del norte, colocando a Europa con un porcentaje de más del 50% de exportación y como importadores comunes: Países Bajos, Alemania, Bélgica, Reino Unido, Francia.

Cedeño (2022) que citando a la (FAO) menciona que en el tiempo de COVID-19 a pesar de la situación de pandemia, el primer lugar como productor del cacao lo obtuvo Ecuador, por medio de la Organización de las Naciones Unidas con fines de alimentación y producción agrícola; en el año 2020 por los meses de enero y noviembre las exportaciones de la “pepa de oro” y sus productos producidos adquirieron un 26%, llegaron a alcanzar \$821.000.000 y hasta llegar diciembre se alcanzó \$908.000.000.

De la mano con CEPAL (2015). Menciona que en Ecuador alrededor del 80% corresponde al Cacao Fino de Aroma y su diferencia al CCN51 en el año 2011, lo cual se incrementa cada año por su rendimiento productivo, con una estimación que en años posteriores el 90% de la producción corresponda a la variedad CCN51, anualmente la producción del cacao en el país tiene un incremento muy notable, cruzando los 200 mil t en el año 2010, esto se debe a que en el 2005 y 2010 varios propósitos implementados como proyectos se encuentran en período de producción (CEPAL, 2015).

Según lo reportado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2022) a través de la encuesta de superficie y producción agropecuaria en el país existen 626 962

hectáreas de cacao cultivado de las cuales se obtuvieron 302 094 toneladas durante el 2021; de la superficie cultivada a nivel nacional las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas son las de mayor extensión, llegando a 365 072 hectáreas equivalente a más del 50% de los establecido en todo el territorio, de estas se produjeron 200 837 t valor que supera el 66% del total nacional, siendo las lluvias uno de los influyentes mayoritarios también en la producción cacaotera nacional.

El agua es un producto de uso importante y necesario que se debe manejar de modo valioso y adecuado en todos los ámbitos y campos posibles, por ello, en la agricultura la cual es una de las áreas productivas en las que se ha manejado abundantemente este recurso para sus procesos de producción, se han empleado diversas técnicas de optimización de este producto, con la finalidad de aprovechar de manera eficiente este recurso (Ortega et al., 2009).

De toda el agua presente en el planeta solo el 3% es dulce, de la cual la agricultura consume alrededor del 70% de este valor, esto incrementa el impacto ambiental en cuanto al cambio climático, además de que modifica los volúmenes de precipitación en algunas áreas, generando aumento o disminución, por esta razón la industria agropecuaria debe encontrar formas de reducir el uso agrícola del agua, esto mientras aumenta el rendimiento por área de los cultivos y obtener productos que cumplan con los requisitos de calidad que los consumidores colocan en el mercado (FAO, 2019).

De la mano con Irrinius (2017) menciona que el uso del riego en la agricultura es una práctica milenaria que se desarrolló para asegurar suficiente agua para el correcto crecimiento de los cultivos, permitiendo así la producción de alimentos en épocas secas sin lluvias frecuentes. Esto hizo posible la sustentabilidad alimentaria y por ende las ciudades fueron habitadas y desarrolladas. El agua es muy importante para la agricultura porque forma una solución en el suelo en la que los nutrientes se disuelven y, a través de la absorción de las raíces, las plantas pueden acceder a ellos (Irrinius, 2017).

El uso de los sistemas de riego en el cultivo de cacao es una técnica desarrollada desde tiempos antiguos, que se empleó con la finalidad de garantizar el uso eficiente del agua para el normal crecimiento y producción de las plantas, esto ayudó a que las plantaciones puedan mantener la producción aun en épocas secas donde la escasez de agua es frecuente; la

implementación de los riegos ayudó a mantener la producción, lo que benefició enormemente al desarrollo poblacional de las ciudades, se debe entender que el agua es muy importante para los cultivos porque permite la disolución de los nutrientes en el suelo, lo que permite que sean absorbido por las raíces (Irrinews, 2017).

Entre las técnicas de riego conocidas para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L), la de goteo proporciona mayores beneficios para el suelo; en primer lugar los sistemas de riego por goteo utilizan menores cantidades de agua en comparación con los sistemas con aspersores comunes, el ahorro puede alcanzar en promedio porcentajes de entre el 30% al 50% de agua, bajo este sistema las posibilidades de evaporación o lixiviación son bajas, ya que el suelo absorbe toda el agua posible, además de que ahorra tiempo (Netafim, 2022).

El sistema de riego en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) es de suma importancia en el desarrollo de las plantas, mejora las condiciones del suelo y la producción, ya que permite suplir a cabalidad con los requerimientos o condiciones necesarios para la relación suelo planta; de esta manera se obtienen mejores resultados para el agricultor; el cacao desempeña una de las partes productivas más importante del país y la provincia de Manabí como producto, ya que genera fuentes de ingresos y plazas de empleos (Pachón et al., 2014).

El riego por goteo usa menos agua que los aspersores comunes, se puede suponer que con los métodos de riego comunes se ahorra al menos un 30-50 % de agua. Una de las ventajas del goteo es que no tiene posibilidad de evaporarse o escurrirse porque el suelo la absorbe por completo (Lenz, 2017). La constante variación climática en el país sobre todo en la provincia de Manabí provoca un déficit de agua en los cultivos. El cacao es conocido por su buena producción y calidad, sin embargo, los bajos niveles de precipitación en ciertas épocas del año provocan una disminución del rendimiento, lo que justifica la importancia de aplicar frecuencias de riego en los cultivos con el fin de obtener mejor rentabilidad.

I. Problema científico

¿Las frecuencias de riego por goteo influyen en el desarrollo agronómico del cultivo de cacao en la época seca?

II. Objetivo General:

- Evaluar tres frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.

III. Objetivos específicos:

- Identificar la frecuencia de riego óptima para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L).
- Determinar el costo de manejo para cada frecuencia de aplicación del riego.

IV. La hipótesis científica:

Ha: Las frecuencias de riego inciden significativamente en el componente agronómico en la fase de desarrollo del cultivo de cacao.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO

1.1 Generalidades del cacao

1.1.1 Origen

El cacao, según los historiadores y las investigaciones sugieren que es originario de las regiones tropicales húmedas de América, específicamente del centro de América del Sur por las cuencas del río Amazonas, dentro de lo que corresponde a los países de Ecuador, Perú Colombia y Brasil; en esta zona se concentran la mayor diversidad genética de plantas y cultivos, a partir de aquí, este cultivo se extendió al resto del continente e incluso América Central (Espinosa y Mosquera, 2012).

1.1.2 Clasificación taxonómica del cacao

Tabla 1. *El cacao según lo describe se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:*

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Género	Theobroma
Especie	Cacao
Nombre científico	Theobroma cacao

Nota: Adaptado de Balcázar, (2020).

A nivel mundial la producción de grano de cacao alcanzó los niveles más elevados durante el 2020 llegando a 5 780 849 toneladas en un área cultivada de 12 617 835 hectáreas, cifras que disminuyeron para el 2021 debido a la pandemia con apenas 5 580 432 toneladas en 11 535 884 hectáreas; en África se reporta la mayor producción con el 67,6% seguido de Asia con 16,6% y América con apenas el 14,7%; en este último Brasil y Ecuador se posicionan como los países con mayor participación en la producción del continente (FAOSTAT, 2022).

1.2 El cultivo de cacao en Ecuador.

A nivel nacional según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2022), la producción de cacao considerando el grano seco alcanza las 302 094 toneladas en una superficie de 626 962 hectáreas; la región costa cuenta con la mayor participación en estos parámetros con 242 163 toneladas en 478 896 hectáreas; la provincia de Los Ríos en el 2021 generó una producción de 83 677 toneladas seguido de Guayas y Manabí con 72 335 toneladas y 44 825 toneladas respectivamente.

La producción de cacao a nivel mundial representa un soporte de gran importancia para los países de mayor participación en este cultivo, ya que constituye una base sólida para la economía a partir de la venta de la materia prima y de los productos con valor agregado mediante el proceso de la industria, cuya labor consiste en transformar el grano en chocolate, manteca de cacao, cocoa y pasta o licor de cacao (Quintero y Díaz, 2004).

En Ecuador del total de las actividades económicas y comerciales el 70% se registran provenientes del sector agrícola, entre las que se incluye la producción de cacao; el cual representa una de las actividades de mayor importancia debido a que se encuentra en el cuarto lugar de las exportaciones no petroleras del país con un valor del 5%, generando ingresos de divisas y sostén económico a los agricultores; se calcula que aproximadamente 600 mil personas se dedican de manera directa al cultivo en el proceso de producción y comercialización (López, 2017).

1.2.1 Principales variedades cultivadas

La variedad más difundida a nivel de Ecuador y el mundo es el cacao (*Theobroma cacao* L) el cual cuenta con mayor relevancia comercial y económica, a nivel internaciones se distinguen tres cultivares de mayor relevancia, el criollo, Trinitario y Forastero, siendo este último el más sembrado en el mundo (Hernández et al., 2014); el cacao criollo se cultiva en mayor medida en Guatemala, México, Colombia, Venezuela y Nicaragua, mientras que el forastero se cultiva más en Brasil (Quirumbay, 2021).

En el país las principales variedades cultivadas son el CCN-51 y el denominado cacao nacional, este último también llamado fino de aroma y es considerado el de mejor calidad ya

que de este se obtiene el mejor chocolate del mundo (Balcázar, 2020); aunque al nacional se lo había caracterizado como forastero, se lo separa en otro grupo de cacao, aunque mantiene características semejantes al criollo en cuanto al aroma y la calidad del mismo (Quirumbay, 2021).

1.2.2 Productores de cacao en la provincia de Manabí

Se localizaron en general 386 productores de cacao en dicha provincia, se distribuyó por zonas de producciones cacaoteras, las cuales fueron concernientes con las descritas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (Barrera et al., 2018).

Tabla 2. Número y porcentaje de productores de cacao por cantones en la provincia de Manabí-Ecuador, 2018.

Denominación	Cantón	Productores	
		(No.)	(%)
Zona Costera:			
	Jama	7	1,81
	Pedernales	32	8,29
	Sucre	3	0,78
	San Vicente	1	0,26
Subtotal		43	11,14
Zona Central o Plana:			
	Bolívar	44	11,39
	Chone	83	21,5
	El Carmen	64	16,58
	Flavio Alfaro	24	6,22
	Rocafuerte	1	0,26
	Tosagua	5	1,3
	24 de Mayo	3	0,78
Subtotal		224	58,03
Zona de Estribación:			
	Junín	13	3,37
	Pichincha	45	11,66
	Portoviejo	30	7,77
	Santa Ana	31	8,03
Subtotal		119	30,83

Nota: Adaptado de Barrera et al., 2018.

1.3 Características

1.3.1 Morfo-fisiología de la planta

El sistema radicular de las plantas se conforma por una raíz pivotante, que crece desde la siembra de la semilla y que alcanza una profundidad de 2 metros. Por otra parte, las plantas provenientes o cultivadas a base de estacas o injertos cuentan con raíces fasciculadas, las cuales crecen alrededor del tronco a profundidades no mayor a los 25 cm; el cacao cuenta con raíz principal y raíces secundarias, de las cuales se desarrollan los pelos absorbentes localizados a 5 cm de la superficie del suelo (Isla y Andrade, 2009).

El tallo del cacao así mismo como en las raíces se pueden encontrar de dos maneras, los primeros provenientes de semillas que crecen de manera vertical y recta, llamado ortotrópico, y los tallos de las plantas injertadas que crecen de manera horizontal y hacia los lados denominados plagiotrópicos; la corteza tiene una coloración oscura de tipo gris-café y llegan a medir hasta 2 m a edades de 1 a 2 años, en este punto las yemas apicales comienzan el desarrollo de las ramas laterales (Montaleza, 2020).

Las hojas de cacao son de tipo perennes, las cuales se alternan de tal forma que se organizan en dos filas a cada lado de la rama, son ovaladas o lanceoladas de color verde oscura y miden entre 20 a 35 centímetros de longitud mientras que de ancho alcanzan valores de 4 a 15 cm, al fruto del árbol se lo denomina mazorca, es considerada una baya que dependiendo de la especie o cultivar toma diversas formas o colores, en el interior se encuentran los granos o almendras (Leiva et al., 2019).

1.3.2 1.3.3 Requerimientos agroclimáticos del cultivo de cacao

En cuanto a los requerimientos del cultivo de cacao Ibarra, (2019) menciona que este se desarrolla de manera eficiente en suelos de tipo franco, aluviales con profundidades de 1 m que le permita a la planta sostenerse de manera correcta, además que el subsuelo sea permeable que permita la retención de agua, el pH debe estar entre el 6 a 6,5 con capacidad de procesar la materia orgánica de manera efectiva, bajo pH elevados la producción disminuye considerablemente (Arévalo et al., 2016).

El suministro de agua debe ser constante, por esta razón se requieren precipitaciones efectivas de entre 1.600 a 2.500 milímetros distribuidos durante los 12 meses del año, por esta razón el cultivo debe estar ubicado en zonas con constantes precipitaciones, caso contrario debe estar implementado un sistema de riego que satisfaga los requerimientos hídricos de las plantas (Antolínez et al., 2020); así mismo las temperaturas deben encontrarse entre los 23 °C y 32 °C siendo 25°C el valor óptimo para la planta (Ibarra, 2019).

La velocidad de viento del cultivo no debe superar los 2 m/s ya que en condiciones de poca sombra las hojas y las flores suelen caerse constantemente; en cuanto a la ubicación el cultivo de cacao se desarrolla en mejores condiciones hasta los 800 msnm, sin embargo, existen registros de plantaciones con producciones óptimas sembradas hasta los 1 400 msnm, lo que indica que la altitud no afecta directamente las plantas (Antolínez et al., 2020).

1.3.3 Labores culturales

Entre las principales labores culturales del cultivo se deben destacar en primer lugar el control de malezas, el cual consiste en limpiar el suelo y eliminar las plantas no deseadas que crecen, generalmente al principio de la producción, estas disminuyen la disponibilidad de nutrientes en el suelo y consumen gran parte del agua retenida en la superficie, además de que ocupan espacio y sirven de hospedador de plagas y otros insectos, la forma de realizarlo puede ser químico mediante productos de la industria, o manual con machete u otro implemento de corte (Estrada et al., 2011).

La segunda labor de mayor importancia es la implementación de un sistema de sombra bien adaptado al cultivo, que le permita cubrirse de los rayos del sol directamente y proteja las plantas de los fuertes vientos, sin embargo, con el cultivo establecido se debe reducir la sombra hasta en un 30% para reducir y disminuir la propagación de las enfermedades; los árboles para la sombra deben proveer materia orgánica al suelo mediante las hojas y crear un microclima idóneo para los insectos que polinizarán las flores de la planta (Maroto et al., 2017).

Las labores que se desarrollan constantemente son la poda, con la finalidad de estimular el crecimiento de nuevos puntos de desarrollo vegetal e incrementar la producción de las plantas; entre los tipos de podas más implementadas encontramos el de formación,

mantenimiento, fitosanitaria y el de regeneración, la fertilización es un punto importante y debe suministrarse con el objetivo de proveer los nutrientes que puedan faltar en el suelo para la planta, las plagas y enfermedades deben controlarse constantemente, mediante la poda o el uso de productos químicos y por último el riego, el cual debe solventar las necesidades hídricas durante todo el año (Borbor y Tomalá, 2018).

1.4 Sistema de riego

Borbor y Tomalá (2018), mencionan el cacao no es una planta resistente a la falta de agua en el suelo, según los requerimientos del cultivo se requieren aproximadamente entre 1.500 a 2.500 mm durante el año, por esta razón en zonas de bajas precipitaciones se recomienda la instalación de un sistema de riego que le permita a las plantas suplir sus necesidades hídricas y así mismo alcanzar producciones eficientes en el cultivo.

Los sistemas de riego aplicados en tiempo oportuno ayudan a las plantas a completar sus funciones fisiológicas de manera correcta, tanto en el crecimiento, desarrollo, producción y por consiguiente en el rendimiento económico de las plantas; sin embargo, se debe considerar el cuidado de no exceder las cantidades de agua suministrada, ya que estos pueden provocar pudrición en las raíces de las plantas, dicho esto hay que diseñar y construir sistemas de drenaje que permita la libre circulación del encharcamiento (Borbor y Tomalá, 2018).

1.4.1 El agua

El agua es un recurso de vital importancia para todos los seres vivos, ya que permite el correcto funcionamiento de estos, sin embargo, en el medio natural ayuda a mantener los ecosistemas, dando soporte hídrico a las plantas y animales del entorno; por esta razón en los sistemas de riego y en el medio ambiente es esencial mantener el manejo sostenible de este recurso para un máximo aprovechamiento, con esto se puede mantener la disponibilidad de agua, la cual se define como la cantidad de agua disponible para las plantas en donde se categoriza la capacidad de campo y el punto de exhibición (Cid et al., 2018).

Esta cantidad necesaria se basa en los requerimientos normales que necesita el cultivo para realizar sus funciones principales, sin embargo, hay que contar con las cantidades que se reciben de las lluvias y suplementar o cubrir con el agua de riego, para que las cantidades sean

estandarizadas, pero si las aguas de lluvias sobrepasan los requerimientos el sistema de riego no debe suministrar más agua para evitar encharcamientos (Universidad de Costa Rica, 2023).

1.4.2 Riego por aspersión

Este sistema de riego busca asimilar el riego que realizan las aguas de lluvias, en donde se distribuye de forma uniforme el agua por todos los sectores, bajo este sistema el agua es bombeado por presión a través de las tuberías hasta llegar a los sistemas de aspersores que filtran el agua a forma de lluvia para que humedezca todas las partes del suelo; el objetivo final es lograr que el agua se infiltre en la superficie del suelo evitando generar corrientes o encharcamientos en los hoyos (Balcázar, 2020).

En prácticas de manejo normal del cacao el rendimiento promedio del cultivo alcanzó los 400 kg ha⁻¹, mientras cuando se aplica un sistema de riego de precisión por aspersión de puede superar las 3 t ha⁻¹ (Netafim, 2022); sin embargo, la desventaja de este sistema es su alto costo de establecimiento, así mismo tiene un alto consumo de energía, y en zonas con una elevada humedad relativa propicia la proliferación de enfermedades fúngicas (Reyes, 2000).

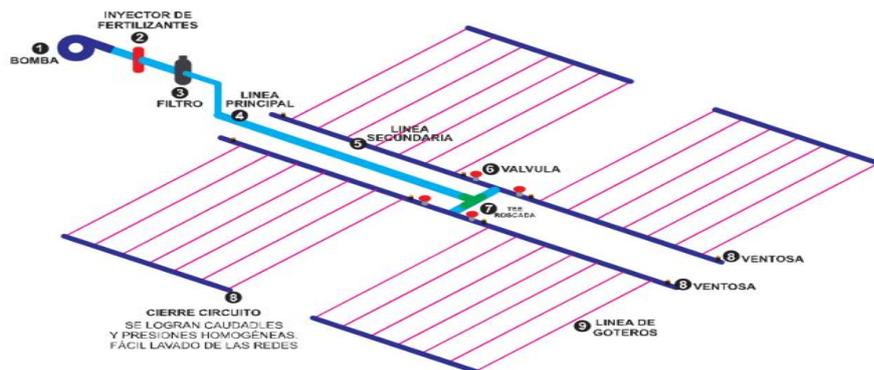
1.4.3 Riego por Goteo

Según Liotta (2015), el sistema de riego por goteo permite llevar por medio de tuberías u otros mecanismos el agua de manera adecuada para poder distribuirla en el cultivo, por medio emisores muy pequeños de manera frecuentes. El riego por goteo también conocido como riego presurizado necesita de presión y van a un lugar específico, el cual también se lo puede localizar o aplicar una, dos o las veces que el cultivo lo requiera. La eficacia de un sistema de riego permite evitar el estrés hídrico de las plantas para así poder tener un desarrollo óptimo por todo el tiempo que vaya a tener el cultivo. Dicho sistema se conoció en la década de los 70 pero no se desarrolló por la poca eficacia en los emisores o goteros de la manera adecuada, no fue hasta los 90 que se da a conocer la eficacia del sistema de riego por goteo por los resultados en las inversiones de los agricultores.

El método de un sistema como el goteo se lo caracteriza por sus costos bajos, en su mayoría no es necesario la aplicación de energía convencional para su respectivo funcionamiento, pues quien le da la fuerza para su aplicación es la gravedad que le da su

columna mínima de 3m de altura que debe tener la fuente del agua para luego poder aplicarla al respectivo terreno, dicha fuente en ocasiones suele ser de reservorios o alguna conducción de riego (Porras, 2015).

Figura 1. Croquis de campo de una frecuencia de riego simple.



Nota. Adaptado de VisaReg (2017).

Sus ventajas.

- No requiere ningún tipo de sistema convencional (electricidad) pues por medio de tuberías baja el agua mediante gravedad dando cierta presión para que pueda llegar al campo que se necesita regar.
- El agua aplicada se lo hace de manera delimitada, incesante, pertinente y eficaz.
- Se adapta a cualquier tipo de suelo sin importar su topografía.
- Se puede colocar no solo agua sino también fertilizantes en el tiempo que la siembra lo necesite.
- Se logra alcanzar una eficiencia de aplicación un nivel mayor a 90%.

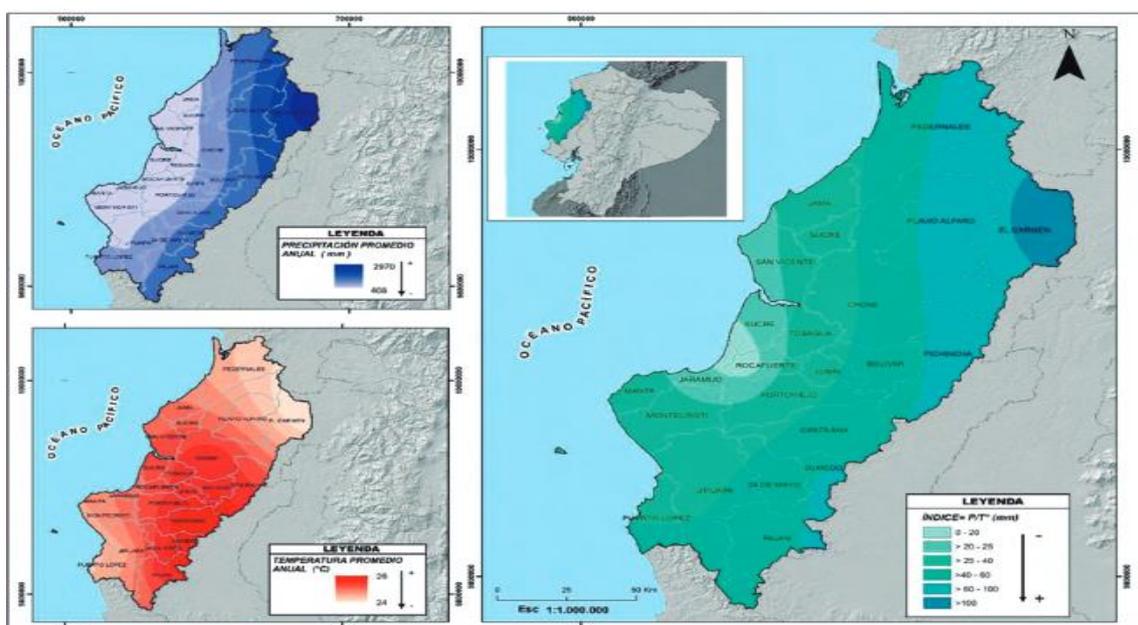
Desventajas

- Obstrucciones en los emisores, esto suele darse por un excedente orgánico e irreflexivos sintéticos.
- Mayor cuidado.

1.4.4 Climatología según la zona de Manabí

Cartaya et al. (2015) detallan que en el mapa de isotermas se aprecia (figura 2) que con mayor incidencia de calor son las de centro y sureste (como la provincia del Guayas) donde existe menor altitud. Por otro lado, la zona con un nivel elevado de altitud es donde se en cuenta una menor cantidad de calor en zonas cercanas a Santo Domingo de los Tsáchilas. Existen zonas costeras donde se observa también poca diferencia en su temperatura, esto se da por causa de que a pesar de ser zonas bajas influyen las corrientes marinas que son directas.

Figura 1. Humedad Lang aplicada en Manabí, Ecuador. Dato elaborado por el departamento central de investigación de la ULEAM (Universidad laica “Eloy Alfaro de Manabi”) (2015).



Nota: Adaptado de centro de investigaciones de la Uleam 2015.

1.4.5 Resultado de los recursos naturales y los tiempos de sequías

Mediante un estudio investigativo desarrollado con fines de comprensión interpretación y para reflexionar sobre los tiempos de verano (sequías) y el efecto que ocasiona en los recursos naturales y el desarrollo sostenible.

1.4.6 Clasificación conforme a la constancia e impacto ambiental.

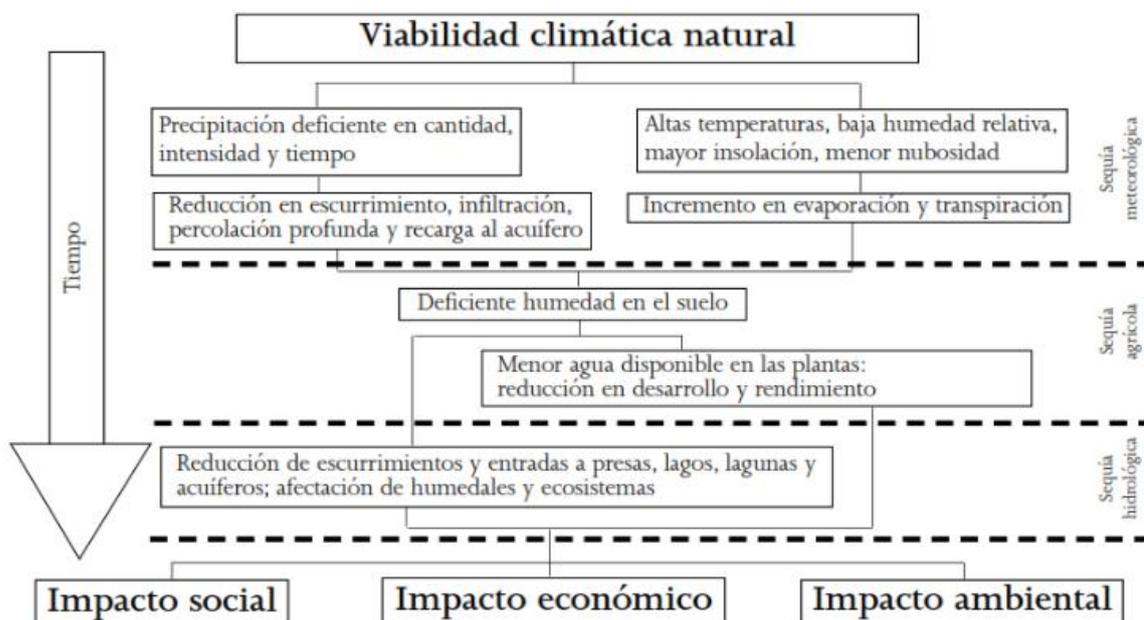
Tabla 3. *Clasificación conforme a la constancia e impacto sobre la colectividad en cuatro tipos.*

Meteorología	Las precipitaciones son menores a las del clima promedio durante un largo período de tiempo.
Agrícola	Escaso recurso de humedad para poder desarrollar cualquier tipo de cultivo
Hidrológica	Insuficiente agua en los caudales para integrar a los cultivos
Socioeconómica	La disminución de la oferta hídrica lo cual genera daños al territorio

Nota: Adaptado de Matailo et al, 2019.

Matailo et al. (2019) mencionan a Velasco, et al. (2005) y relatan que dichos aspectos crean un impacto ambiental, financiero y nacional dando como resultados que la falta de recursos hídricos y la sequía han sido los constituyentes para el desarrollo del ser humano, por muchas décadas las hambrunas han ocasionado que el ser humano se movilice de sus tierras y por tiempos ocurre una decadencia o desaparición de patrimonios: pero también las épocas de sequedad han sido el impulso para la tecnología, para poder dar un mejor uso a los recursos hídricos de manera efectiva. Los factores que intervienen en los tiempos de sequía son de principios naturales, simbolizados por variaciones en los modelos de transporte, y origen antropogénico.

Figura 2. “Interrelación de la variabilidad climática natural”



Nota: Adaptado de Malaito et al, 2019.

1.4.7 Fórmulas manejadas para la sistematización de un riego

- **Fórmula 1. Evapotranspiración real**

Es el total de agua que se expresa en mm/día la cual es evaporada evidentemente proveniente desde la zona superficial del suelo y segregada por el revestimiento vegetal.

- **Fórmula 2. Lámina de agua**

Su referente es sobre la acumulación de agua que un suelo puede tener entre ciertos límites como (PMP) punto de marchitez permanente y (Pr) profundidad radicular del estudio del cultivo en el cual se está realizando.

- **Fórmula 3. Lámina neta**

Es el nivel de agua que se puede aprovechar teniendo en cuenta sin dejar de tener en cuenta el grado de reposición o la cantidad de agua que puede servir.

- **Fórmula 4. Lámina bruta**

La lamina neta (LN) manifiesta el exceso de agua que se debe aplicar para subsanar las degeneradas por escorrentía, evaporación, arrastre de viento, etc.

- **Fórmula 5. Frecuencia de riego**

Se define como la frecuencia con la que se aplica el agua a un cultivo particular en un tiempo determinado.

La técnica de riego por gravedad, el suelo se convierte en un reservorio donde se acumula el agua que se proporciona en el riego, el contenido de este reservorio es quien hace conocer que cantidad de días pueden pasar entre un riego y otro; el riego por goteo y micro aspersión el suelo no siempre tiende ser un receptáculo de agua ya que al aplicar un sistema por goteo el suelo lo que obtiene es una humedad colindante a la capacidad de campo, el sistema de riego por goteo en definitiva tiene una frecuencia diaria de manera general (Sergio, 2012).

1.5 Costos de producción

En el tiempo de la sequía que terminó en el mes de abril del 2022, el valor promedio del agua neta (agua disponible para el cultivo) cada sistema de riego tiene su valor como:

- \$ 374/m³ (sistema de riego por goteo)
- \$ 551/m³ (sistema de riego por aspersión)
- \$ 2.026/m³ (sistema de riego por superficie)

Esto da como resultado (Gráfico 2) que el sistema por goteo tiene el costo más bajo y el sistema de superficie tiene una elevación de alrededor de 4 veces más que el de aspersión incluso mayor que el de goteo.

Ya que la necesidad hídrica valorada en el CEPS es de 6 600 m³ ha⁻¹ por año, fundamentando que los escasos de agua anual o sequía anual como la que ocurre entre los meses de diciembre y marzo, su costo viene a ser:

- \$ 2.470.673 ha⁻¹ al año / sistema por goteo
- \$ 3.633.485 ha⁻¹ al año / sistema por aspersión

- \$ 13.372.183 ha⁻¹ al año / sistema por superficie

Dichos análisis anuales demuestran que el sistema de riego por aspersión tiene un costo elevado de más del 47% que el sistema por goteo, pero el sistema de riego por superficie tiene un incremento en el costo de más de 4 veces que el costo por goteo (Gráfico 3).

Se conoce que bajo los tiempos climatológicos en tiempos de sequías son bastante fuertes el requerimiento del recurso hídrico se convierte en una necesidad para casi todo tipo de cultivos. En los sistemas de riego como el goteo o aspersión el segundo agregado en costo lo tiene el agua, pero a diferencia del sistema por superficie el agregado lo obtiene la mano de obra por el hecho de traslado de mangueras y mecanismo para dicho sistema a lo largo de los surcos. Esto nos da como resultado que no solo es el aprovechamiento del recurso agua, sino que permite optimizar la mano de obra, energía y agua; y se da como la opción más factible en ámbitos económicos y de medio ambiente (Estupiñán, 2022).

Figura 3. “Costo de aplicar un m³ neto por tipo de sistema de riego”

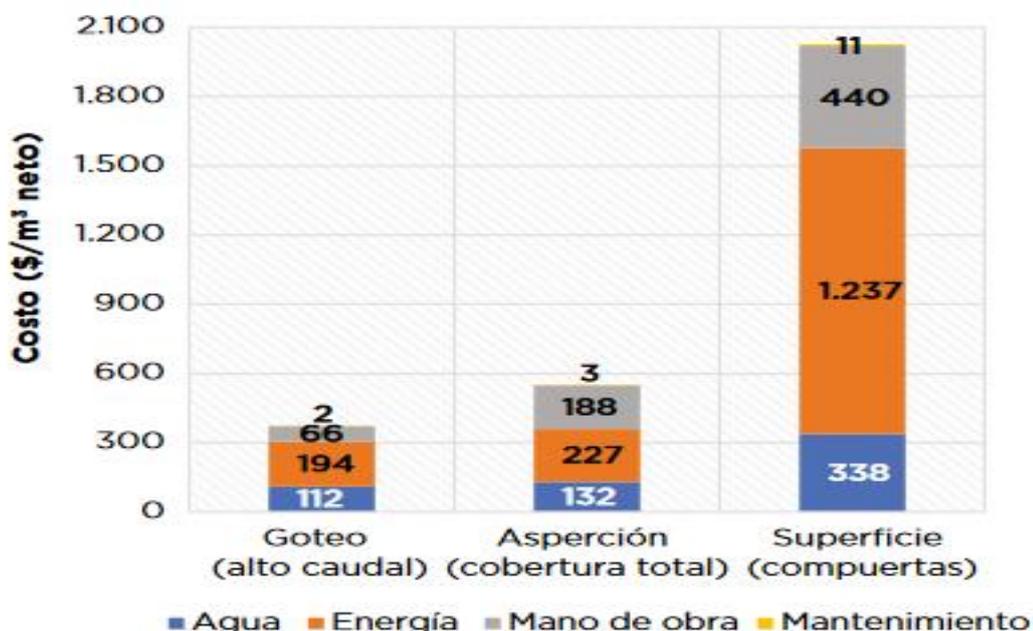
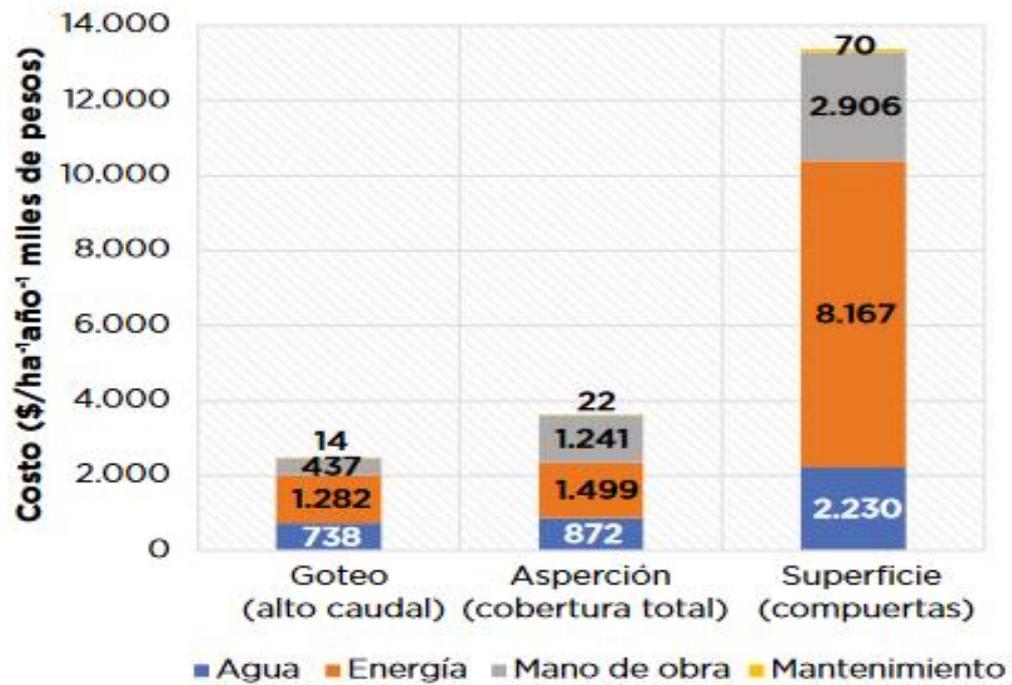


Figura 4. “Costo de operación ($\$ \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) de tres sistemas de riego”.



CAPÍTULO II

2 INVESTIGACIONES EXPERIMENTALES AFINES AL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Según Alejandro Pannunzio et al, (2010) evaluaron mediante un sistema de riego por goteo, con dos tratamientos en un cultivo de arándanos con un diseño de bloques completamente al azar con cinco repeticiones por tratamientos, se evaluó con un lateral de riego con goteros por fila de plantas de; 1,7 L h⁻¹ a 40 cm, en el (T1) mientras que su (T2) con 2 laterales por filas por planta de 1,0 L h⁻¹ a cada 20 cm y su caudal lineal por m fue de 4,25 y 10,0 L h⁻¹ con el fin de determinar cuál de ellos da mayores resultados en rendimientos, donde se implementaron cinco repeticiones por tratamientos con el uso de fertilizantes para los tratamientos con la misma dosis donde se encontraron resultados con diferencia significativa a finalizar la cosecha con valores de 2 436 kg ha⁻¹ en el (T1) y en el (T2) 4 335 kg ha⁻¹.

Las investigaciones publicadas en riego involucran diversos métodos y técnicas en donde se utilizan aguas residuales o el efecto de riego en etapa de vivero, como en la investigación de García y Moreno (2016), en la que se evaluó el riego en etapa de vivero obteniendo el siguiente resumen de investigación:

Se evaluó el déficit de agua en el potencial hídrico foliar y el intercambio de gases de plantas de tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L) en etapa de vivero con bloques aleatorizados y cinco repeticiones. La parcela principal correspondió a cuatro niveles de agua disponible en el suelo y la sub-parcela a plántulas injertadas de tres meses de edad.

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.01$) para los contenidos de agua en el suelo, pero no se encontraron diferencias entre los materiales evaluados. La pérdida de agua en el suelo disminuyó el potencial hídrico foliar (Ψ_f) y ocasionó el cierre de estomas alterando el intercambio de gases. El déficit de presión de vapor (DPV) se acentuó principalmente en horas del mediodía cuando aumentó la evapotranspiración. La magnitud del impacto del déficit hídrico depende de las variaciones climáticas a lo largo del día. Las variables climáticas que afectaron a la planta fueron, la temperatura y la humedad relativa en forma de

DPV. La fotosíntesis neta y el crecimiento de las plántulas de cacao son variables fisiológicas muy sensibles al exceso y especialmente al déficit de agua.

Otra de las investigaciones enfocadas en el riego del cultivo de cacao es propuesto por Gavilánez y Farias, (2019) los cuales incluyeron el cenirrómetro como opción para la calendarización de riego de tipo aspersión en el cacao. Se evaluó la metodología del Cenirrómetro desarrollada por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) como una alternativa de programación del riego en el cultivo de cacao y se comparó con una programación a partir del tanque de evaporación clase A y tensiómetros. Se utilizó una plantación de cacao CCN - 51 con instalación de riego por aspersión sub-foliar. Se evaluaron dos módulos de riego seleccionando 16 aspersores en cada uno, para establecer la precipitación promedio.

Se midieron el número de frutos/planta, el diámetro y la longitud de frutos, y el rendimiento de granos secos seleccionando 15 plantas en cada metodología. Los datos fueron analizados utilizando la prueba 't' de Student. Los resultados de producción avalan la metodología del Cenirrómetro, por tanto, puede considerarse como una alternativa de programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao.

Entre otras alternativas se involucra el agua residual el cual Valencia et al., (2012) propusieron un trabajo de investigación para determinar el potencial de uso de una empresa de tratamiento de agua residual para el cultivo de cacao: El trabajo consistió en determinar el potencial de reutilización del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio Nátaga, departamento Huila, Colombia, con fines de irrigación para un cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Creando problemas de contaminación y de riesgos de salud pública. Se calculó el balance hídrico del cultivo y los beneficios potenciales de la reutilización en riego de estas aguas residuales. El efluente de la PTAR pertenece a la clase C2S1 (CE = 0,54 dS/m, RAS = 1,5), con peligro de salinización medio y de alcalinización bajo para agua de riego; por su riesgo microbiológico es categoría B (CF = 105 NMP/100mL, HH = 21 HH/L), exigiendo adecuado manejo del riego, que minimice los riesgos de salud pública.

La zona de influencia tiene déficit hídrico durante todo el año y el efluente constituye un recurso potencial para el cultivo de cacao, aportando en promedio 223 720 m³/año de agua, macronutrientes N (7 273kg/año), P (839kg/año), K (2 797kg/año) y lodos (958 kg/año de materia seca); con el efluente en verano, se puede regar en promedio 19ha de cacao y, en invierno, 27 ha. Se recomienda el riego del cacao con el efluente de la PTAR, pero se debe tener cuidado con los efectos sobre el suelo, la planta y la salud pública.

En otra investigación Mena y Casadevall, (2012) en el que evaluaron la influencia del riego superficial en el cultivo de cacao en microinjertación, obteniendo el siguiente resumen de investigación: El interés del país, respecto al cultivo del cacao como renglón exportable y fuente de alimento, por aumentar, renovar y rehabilitar las plantaciones y la imperiosa necesidad del uso de sistemas de riego en el cultivo, sobre la base de la nueva dinámica climática, condujeron a la realización de este trabajo con el objetivo de evaluar la eficacia de la tecnología de riego subsuperficial por mecha, con respecto al riego por microaspersión aérea, en el crecimiento y desarrollo de posturas de cacao, propagadas por microinjertación.

Los resultados mostraron mayor efectividad del riego subsuperficial respecto a la microaspersión, alcanzando mejor desarrollo y crecimiento en las posturas de cacao microinjertadas, además del ahorro del 96 % del agua dispuesta para el riego. Entre los tratamientos subsuperficiales, el T1 fue el más promisorio. Se evidencia la utilización de esta nueva técnica de riego sin el empleo de energía eléctrica y en zonas con escasa precipitación.

Según López (2014) que menciona a Amores et al. (2009) en una investigación realizada en la provincia de Manabí específicamente en Chongón, el promedio anual de la lluvia es de 746 mm, en los meses de enero hasta abril donde se ve la mayor cantidad de agua por lluvia, recalcando que hay variación por años ya que algunos son en mayor cantidad que otros, al límite de 300 mm reportando que lo ideal para el cacao es de 1500 mm de lluvia distribuida de manera homogénea, lo cual no es posible en el país ya que son pocos los meses de lluvia y se necesita por otros métodos como un sistema de riego tratar de homogenizar, lo cual afectaría la producción.

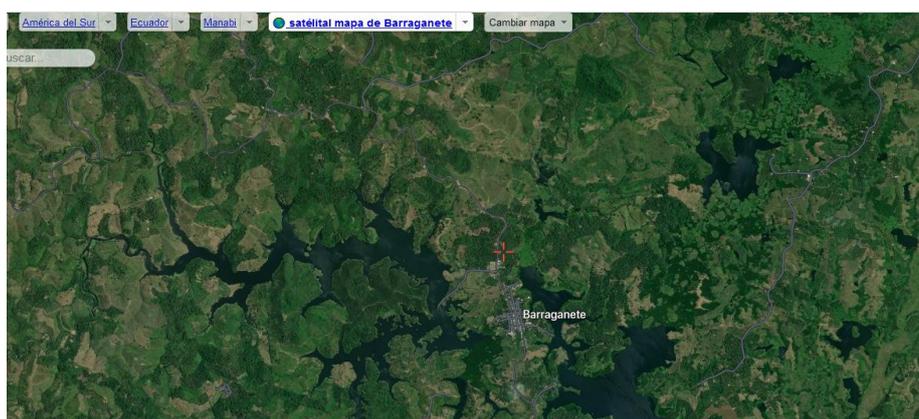
CAPÍTULO III

3 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

3.1 Ubicación del ensayo.

La presente investigación se realizó en la parroquia Barraganete, perteneciente al cantón Pichincha de la provincia de Manabí, sector mata de café, finca perteneciente al señor Luis Miguel Cornejo Zambrano, localizado en las coordenadas geográficas S 1°02'40.1509'' y W 79°49'36.7670''.

Figura 5. Ubicación de la parroquia Barraganete de la provincia de Manabí.



3.2 Características agroecológicas de la zona.

Tabla 4. Características meteorológicas presentadas en el ensayo, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca

Características	Pichincha
Temperatura (°C)	25,47 °C
Humedad Relativa (%)	84,23 %
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1.026,2
Precipitación media anual (mm)	1.752,5 mm
Altitud (msnm)	260

Nota: Adaptado del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

3.3 Variables en estudio

3.3.1 Variables independientes

- Frecuencias de riego.

3.3.2 Variables dependientes

- Altura de planta en el día 30, 45 y 60.
- Número de brotes en el día 45 y 60.
- Diámetro del tallo en el día 30, 45 y 60.

3.3.1.1 Métodos

La perspectiva experimental le permite al investigador indagar e incluso manipular sus inconstantes de estudio, esto como manera o fin de manejar sus variables sea en aumento o disminución, y cualquier interacción en los datos observados (López et al, 2013).

3.4 Fórmulas utilizadas en el ensayo

Evapotranspiración Real (ETr)

ETr = Se determinó la ETr de la evaluación realizada en campo con un tanque medido con una cinta métrica durante 15 días en los últimos días de agosto.

$$ETr = 3,5 \text{ mm/día}$$

Propiedades hídricas de los suelos

En la parroquia Barraganete donde se realizó la respectiva investigación se cuenta con un suelo tipo arcilloso: por lo tanto, se determina. Da (densidad aparente); CC (capacidad de campo); Pmm (punto de marchites permanente; Pr (profundidad radicular). Para determinar la profundidad radicular se realiza de acuerdo a una cantidad de número de plantas en altura y se saca su promedio, con ello se pudo determinar la profundidad radicular promedio (Calvache., 2002).

- Da = 1,30

- $CC = 31$
- $Pmm = 15$
- $Pr = 1,25 \text{ cm}$

Lamina neta (L_n)

- $L_n = cc - Pmm / 100 * Da * Pr$
 $L_n = 31 - 15 / 100 * 1,30 * 1,25$
 $L_n = 0,26 \text{ cm}$

Frecuencia de Riego (Fr)

$$Fr = L_n / ETr$$

$$Fr = 2,6 \text{ mm} / 3,5 \text{ mm día}$$

$$Fr = 0,75 \text{ día}$$

Lamina Bruta (L_b)

$$L_b = L_n / Et$$

$$L_b = 0,26 \text{ cm} / 0,9\%$$

$$L_b = 0,29 \text{ cm (2,9 mm)}$$

Según Calvache (2002) la evapotranspiración real es la que ocurre de manera cotidiana, conforme la planta va desarrollándose, en condiciones de un suelo y recurso hídrico sostenible, la ETr determina el correcto crecimiento del cultivo; la evapotranspiración radica en la obtención del recurso del agua (H_2O) mediante los pelos absorbente de las raíces la cual es distribuida y utilizada para las diferentes actividades de necesidad, lo cual luego por medio de las estomas es liberada a la atmosfera.

3.5 Característica de las Unidades Experimentales

Se desarrolló la investigación de campo en un total de 16 parcelas con cuatro tratamientos como unidad experimental.

Tabla 5. Características de la unidad experimental, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.

Características de las unidades experimentales	
Superficie total del ensayo	2 880 m ²
Área de las unidades experimentales	720 m ²
Número de parcelas	16
Plantas por parcela	20 plantas
Plantas a evaluar	15 plantas
Repeticiones	4
Población del ensayo	320

3.6 Tratamientos

Se implementó un sistema de riego distribuido en cuatro tratamientos y tres frecuencias en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) (tabla 6).

Tabla 6. Disposición de los tratamientos, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.

Tratamientos	Frecuencias
T1	Dos riegos por día
T2	Un riego por día
T3	Un riego pasando un día
Testigo	Sin aplicación de riego

3.7 Diseño experimental

Según Ibarra (1988), cuando no existe fuente de variación en una investigación este sistema es el más utilizado en desarrollos agropecuarios y uno de los más recomendados; señala que tiene muchas ventajas y una de sus desventajas suele ser su utilización; dependiendo del modelo del diseño manejado en su disposición del análisis de varianza y en ciertos casos la definición de los resultados.

Se estableció un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en campo abierto con una prueba de significancia al 5% (Tabla 7).

Tabla 7. *Esquema del ADEVA, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.*

FV			GI
Frecuencia	(T-1)	4-1	3
Bloque	(b-1)	4-1	3
Error	(T-1) (R-1)	(4-1) (4-1)	9
Total	(TxR-1)	4 x4-1	15

3.8 Materiales e instrumentos

3.8.1 Equipos de campo

- ❖ Cinta de goteo.
- ❖ Tanque reservorio 1 500 litros.
- ❖ Llaves de paso.
- ❖ Manguera.
- ❖ Flexómetro.
- ❖ Pluviómetro.

3.8.2 Materiales de oficina

- ❖ Esfero.
- ❖ Libreta de campo.
- ❖ Cámara de celular.
- ❖ 1 machete

3.9 Manejo del Ensayo

Se realizó el trabajo de campo en el cual se implementó el sistema de riego. El trabajo de campo dio inicio con una poda de formación y un trabajo de eliminación de malezas con moto guadaña para tener un terreno limpio y óptimo al momento de realizar un trabajo de instalación del sistema.

3.9.1 Limpieza, e instalación del sistema para riego

Para la limpieza del terreno se optó por utilizar una moto guadaña para poder instalar sin problemas el sistema de riego en este caso la colocación de las cintas de goteo. Posterior a tener limpia la zona o sector donde se pondría las cintas con una altura de aproximadamente 4m de altura el tanque reservorio se puso una manguera utilizada como caudal principal de 2 ½ cm. una vez colocada la manguera principal se midió la distancia de las filas de cada planta para poder colocar la cinta con llaves de corte con el fin de poder abrirlas cuando se requiera la apertura para poder pasar el agua.

CAPÍTULO IV

4 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Altura de la planta a los 30, 45 y 60 días (m)

Las frecuencias observadas (figura 7) causaron diferencias significativas en la variable altura de la planta ($p= 0,012$) en el cultivo de cacao, según las observaciones a los 30 días se reportó la media más alta en el tratamiento control (T4) ($1,3 \text{ m} \pm 0,03\%$) y la altura más baja en la frecuencia un riego por día (T2) ($1,16 \text{ m} \pm 0,03\%$).

Dentro del análisis (figura 8) se puede apreciar que se encontró un comportamiento similar a los 45 días ya que sí refleja diferencia significativa ($p= 0,05$) reportando la altura más alta en el tratamiento testigo (T4) ($1,34 \text{ m} \pm 0,03\%$) y la media más baja en el tratamiento un riego por día (T2) ($1,21 \text{ m} \pm 0,03\%$).

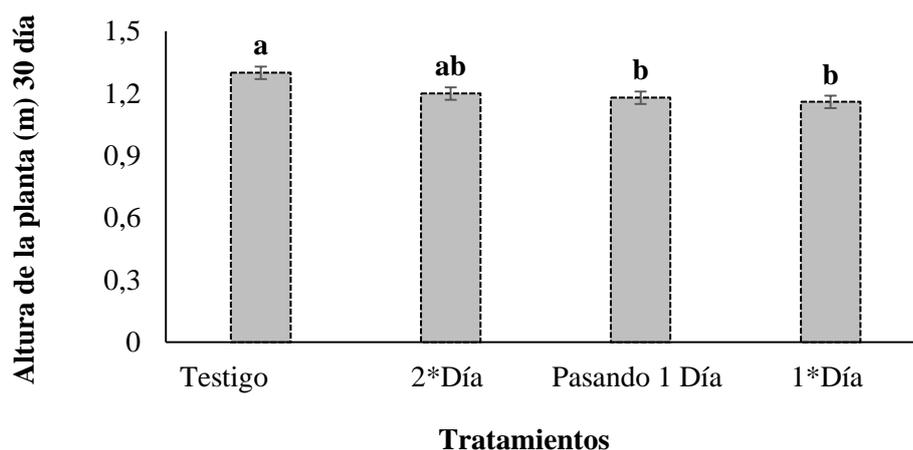
A los 60 días (figura 9) se puede estimar que las frecuencias no influyeron estadísticamente ($p = 0,0791$) en la variable altura los tratamientos expresan alturas similares que van desde $1,37 \text{ m} \pm 0,03\%$ hasta $1,25 \text{ m} \pm 0,03\%$.

Recalde et al. (2012), establecen que a los 480 días después del trasplante del cacao CCN51 obtuvieron una altura de 1,4 m, utilizando diferentes tipos de fertilizantes (N, P K, S y Mg), lo que indicaría que al aplicar frecuencia de riego se obtiene resultados similares, pero en menos tiempo y sin la aplicación de fertilizante alguno.

Corrales y Maldonado (2019), reportan una altura de la planta en el cultivo de cacao a los 360 días y utilizando un Biol broza de café de 119,52 cm, es decir 1,19 m. Dichos resultados son inferiores a los encontrados en la presente investigación, reflejando que la frecuencia dos riegos por día incentiva hídricamente el crecimiento de las plantas. Es importante aclarar que en la presente investigación no se utilizó ningún tipo de fertilizante y que dicha altura fue tomada a los 405 días.

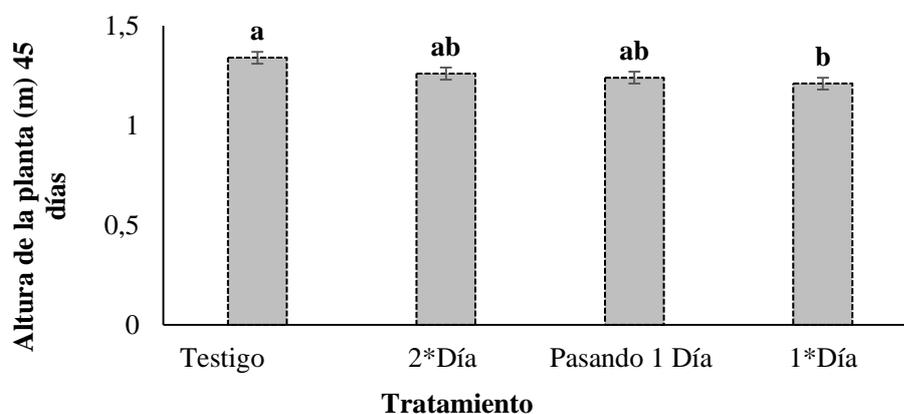
Carrillo et al (2010), investigaron la búsqueda correcta para aplicar un plan de fertilización en el cultivo de cacao en etapa de establecimiento, dando como resultado que al emplear N, P y K + Gallinaza reportan a los 360 días una altura promedio de 106,90 cm es decir 1,069 m, dichos resultados son inferiores a los encontrados en la presente investigación, es decir que al aplicar la frecuencia dos riegos por día se incentiva la elongación de la planta es importante aclarar que los resultados fueron proyectados con 60 días más en relación a lo reportado por los autores.

Figura 6. Observación de la variable altura de la planta (m) a los 30 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de desarrollo para la época seca.



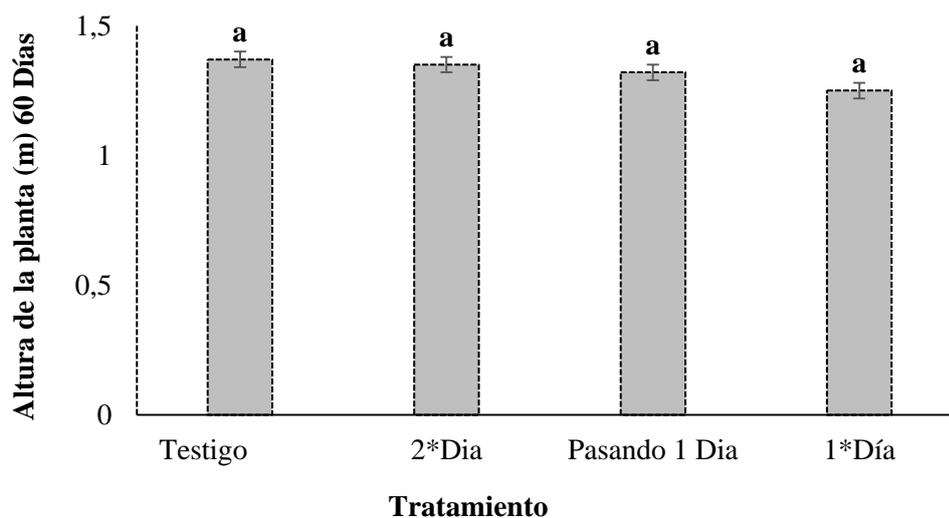
Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

Figura 7. Observación de la variable altura de la planta (m) a los 45 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

Figura 8. Observación de la variable altura de la planta (m) a los 60 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

4.2 Diámetro del tallo a los 30, 45 y 60 días (cm)

El diámetro del tallo (figura 10) en el día 30, reflejó diferencia significativa ($p=0,0053$) siendo el tratamiento un riego por día (T2) quien manifestó el mayor diámetro ($4,59 \text{ cm} \pm 0,11\%$) y el diámetro más bajo nuevamente el tratamiento testigo (T4) ($4,03 \text{ cm} \pm 0,11\%$).

El diámetro del tallo (figura 11) a los 45 días reflejó diferencia significativa ($p=0,0001$) dando a conocer que el tratamiento de la frecuencia un riego por día (T2) expresó un mayor diámetro ($4,91 \text{ cm} \pm 0,11\%$), y el porcentaje más bajo fue el testigo (T4) ($4,16 \text{ cm} \pm 0,11\%$).

A los 60 días (figura 12) se muestra una vez más que hay diferencia significativa en la variable diámetro del tallo ($p<0,0001$) expresando el diámetro(cm) más alto en la frecuencia un riego por día (T2) ($5,18 \text{ cm} \pm 0,11\%$) y el diámetro más bajo en el tratamiento testigo (T4) ($4,31 \text{ cm} \pm 0,11\%$).

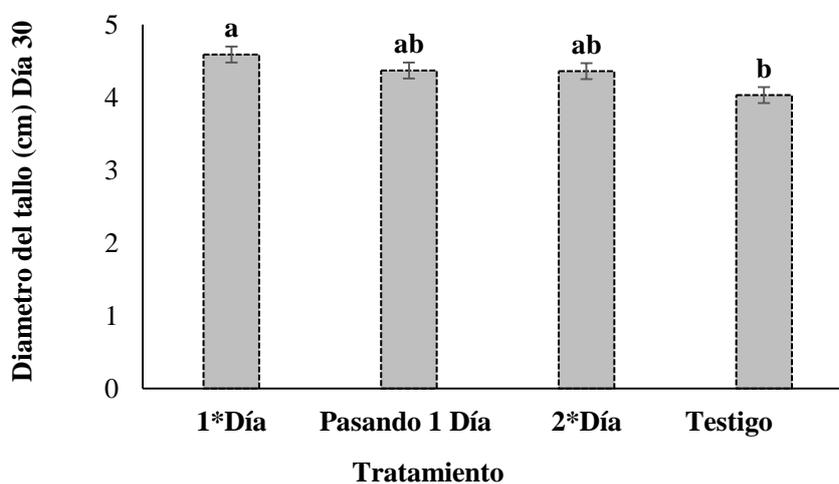
De la mano con Carrillo et al (2010) mencionan que es fundamental la aplicación de N, P en el cultivo de cacao en su etapa de desarrollo ya que permite tener un diámetro del tallo de $4,01 \text{ cm}$ a los 360 días. Lo que indicaría que la frecuencia de riego en fase de desarrollo bajo las condiciones del cantón Pichincha durante la época seca es indispensable para el óptimo desarrollo agronómico del cultivo, además que proporciona vigorosidad en el tallo de la planta sin la necesidad de aplicar fertilizantes.

Según Corrales (2019), menciona que en el cultivo de cacao con edad de un año al aplicar biofertilizantes durante cuatro meses, se obtuvo un diámetro de $26,97 \text{ mm}$, es decir, $2,7 \text{ cm}$, demostrando que al aplicar la frecuencia de un riego por días durante un periodo de 60 días se obtuvo un diámetro superior.

Recalde et al (2012) indagaron en el cultivo de cacao CCN51 que después de su trasplante a los 480 días ganaron un diámetro del tallo de $5,2 \text{ cm}$ con una aplicación de fertilizante (N, P, K y Mg), tales resultados son iguales a los encontrados en la presente investigación. Cabe recalcar que los datos se tomaron a los 420 días. En cuanto en el tratamiento

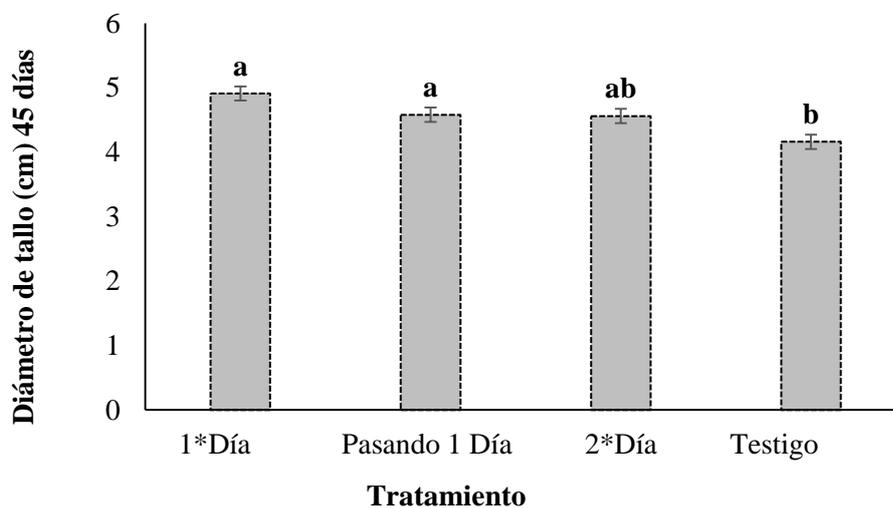
testigo dichos autores establecen un diámetro de tallo de 3.9 cm, bajo condiciones climáticas de la provincia Tsáchilas, sin embargo, el tratamiento control de la presente investigación reportó un diámetro superior, esto implicaría que la variedad de cacao CCN51 tiene mejor comportamiento agronómico en el cantón Pichincha.

Figura 9. Observación de la variable diámetro del tallo (cm) a los 30 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fase de desarrollo para la época seca.



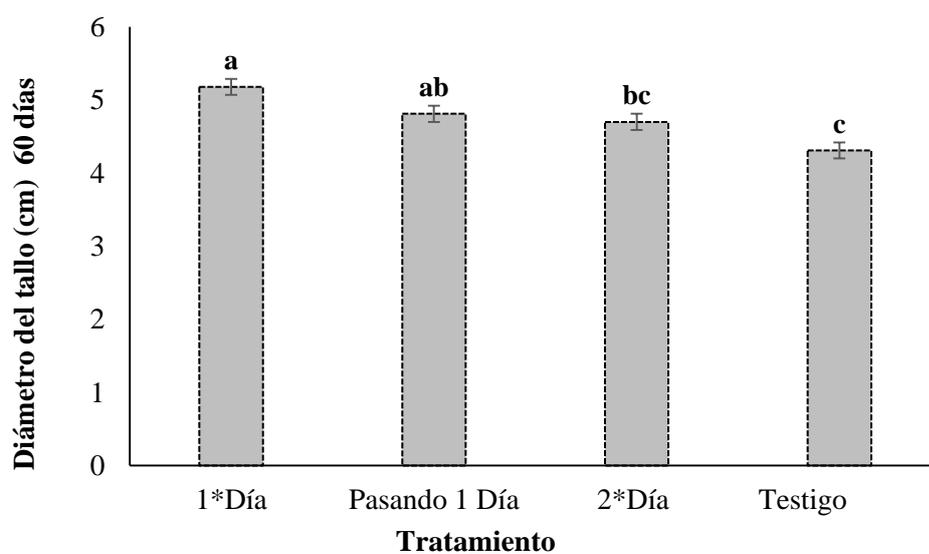
Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

Figura 10. Observación de la variable diámetro del tallo (cm) a los 45 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

Figura 11. Observación de la variable diámetro del tallo (cm) a los 60 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

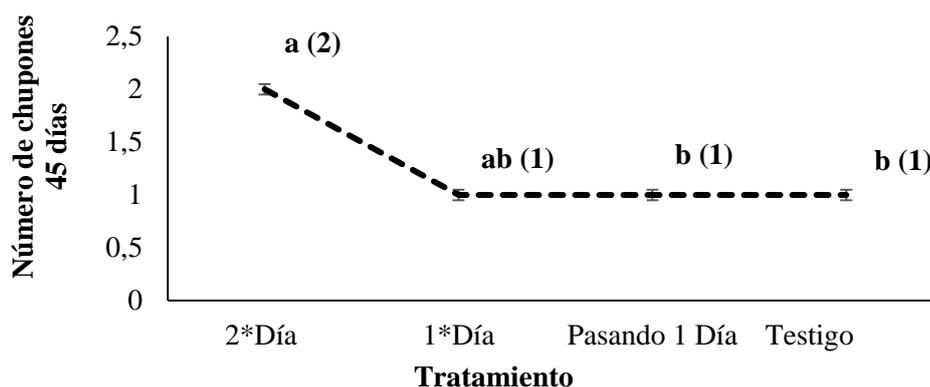
4.3 Número de brotes en función del riego

Los resultados obtenidos (Figura 13 y 14) a los 45 y 60 días muestran que si hay diferencia significancia a los 45 días ($p=0,0007$) y a los 60 días ($p=<0,0001$) dando como resultado que el tratamiento dos riegos por días (T1) tiene mayor cantidad de chupones, 45 días = $(2 \pm 0.05\%)$, 60 días $(3 \pm 0.06\%)$ el testigo (t4) dio como resultado el nivel más bajo $(0 \pm 0.05\%)$ es decir no se observó crecimiento de brotes.

Balón (2015) manifiesta que al año de ser trasplantado el cultivo de cacao en etapa de desarrollo se implantó un sistema de riego por goteo, con una frecuencia de tres aplicaciones por semana en periodo de época seca, y una aplicación de fertilizante al momento del trasplante, aplicando 50 gramos por planta de MAP, NH₄, H₂, PO₄ (12-52-0) y sulfato de potasio (0-0-50) reportaron 3 chupones por planta a partir del cuarto mes de la poda. Por lo tanto, en la presente investigación después de realizar la poda de formación y con un sistema de riego de dos frecuencias por días se obtuvieron resultados similares a los 405 días.

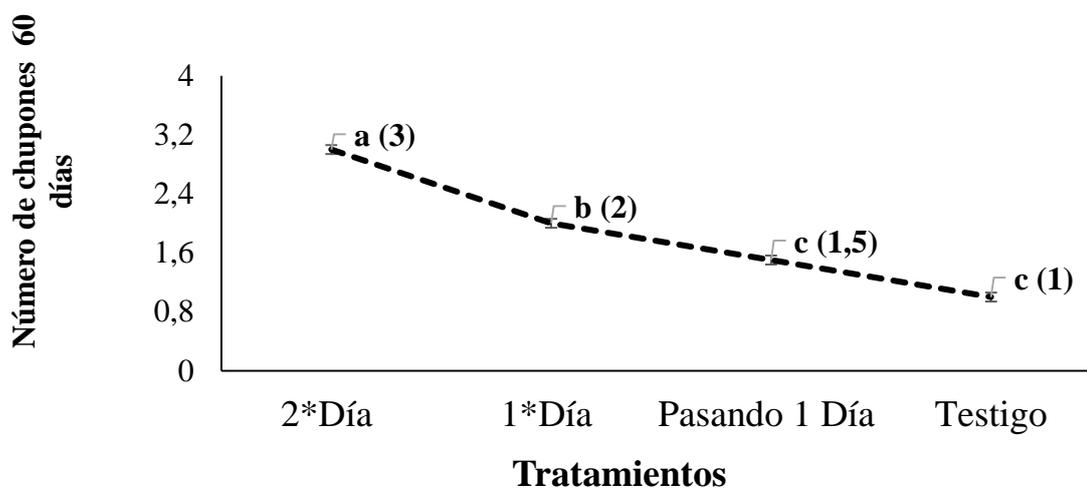
Chinin (2015) estableció que el cultivo de cacao con edad de 4 años y una poda de ramero de formación más una fertilización foliar, (Ferti-riego) cada 15 días durante 6 meses se llegó a obtener 95 brotes promedio. En cuanto a la investigación realizada a los 60 días de aplicar la frecuencia de riego dos por día reporto un porcentaje de 3 chupones. Dicho comportamiento en número de brotes estaría relacionado con la edad del cultivo, fertilización y condiciones climáticas.

Figura 12. Observación de la variable número de chupones a los 45 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

Figura 13. Observación de la variable número de chupones a los 60 días en la evaluación de frecuencias de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca.



Leyenda: Las medias con letras distintas indican diferencias mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) con la prueba de Tukey.

4.4 Costo de producción en función del riego

Se requirió de un trabajador para el mantenimiento y aplicación (Tabla 8) cada frecuencia de riego en el tiempo determinado durante el día, por lo cual el costo mensual en dólares fue \$169.

Los valores indirectos de producción con respecto al material que se necesitó para la aplicación del sistema de riego (Tabla 9) sin contar con el valor de la mano de obra externa tubo un valor de \$1.147,5.

Según Aguirre (2011) menciona que al realizar un análisis financiero considerando varios parámetros como: el costo del sistema y el uso del suelo ya sea propia o por alquiler, para lo cual mencionan que un sistema de riego se puede depreciar a los 10 años establecido y a los 5 años se puede recuperar dicha inversión. Indagaron que si el terreno es rentado para cualquier producción y se invierte en la aplicación de un sistema de riego de alta calidad en lempira hondureño sería de \$96,806, recuperando así lo invertido y generando \$486,552 con una Tasa Interna de Retorno de 108%. Basado en la presente investigación se observó un costo de inversión de \$1.120 incluyendo mano de obra sin alquiler de tierra.

Tabla 8. *Presupuesto de gastos en mano de obra mensual, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en fase de desarrollo para la época seca*

Personal	Mano de obra directa			Total
	Tiempo	Días	Costo/Día	
Trabajador 1	3	30	\$15	\$169

Tabla 9. *Costos indirectos de la implementación del riego por goteo, en la evaluación de Frecuencias de riego para cultivo de cacao (Theobroma cacao L) en fase de desarrollo para la época seca*

Costos indirectos de la implementación del Riego por goteo				
Detalle	Cantidad	Unidad/Medida	Valor Unitario	Valor/Total
Bomba de agua	1	Unidad	800	800
Machete	2	Unidad	5	10
Cinta de goteo	1	Rollo	90	90
Llaves de paso	22	Unidad	0,55	12,1
Manguera (2 cm)	1	Rollo	35	35
Tanque	1	Unidad	200	200
Total de costos indirectos de la implementación del sistema de riego				\$1.147,5
Depreciación				\$573.75

CONCLUSIONES

Se concluye que las frecuencias de riego que tuvieron mejor respuesta en las variables evaluadas fueron del tratamiento (T1) y (T2) dos riegos por día y un riego por día, en la cual se identificó un mejor promedio en altura de la planta, número de chupones y diámetro del tallo, dando mejores características agronómicas a las plantas de cacao y por consiguiente con un buen manejo en factores como fertilización se pretende una buena producción futura.

Los costos de la aplicación de las frecuencias de riego de hecho incrementan el coste de la producción del cultivo, sin embargo, los beneficios que se pueden apreciar al observar las mejores características botánicas de las plantas reflejadas en las variables analizadas, presentan un mejor vigor de planta que será directamente proporcional a la producción del cultivo.

La aplicación de un requerimiento elemental como lo es el riego en la producción de cultivos sobre todo en condiciones de necesidad de las plantas que se refleja en la época seca de nuestro país, es trascendental para la mejora de la calidad de resultados y productividad del cultivo.

RECOMENDACIONES

Bajo estándares de aplicación y la utilización de varias frecuencias para probar su efectividad se pudo identificar cuál de ellas dio mejores resultados y a comparar con el testigo se pudo determinar diferencias significativas.

Se recomienda que, bajo los resultados obtenidos que validan la hipótesis de la investigación realizada en la provincia de Manabí en la parroquia Barraganete, la frecuencia de riego por goteo, (dos riegos por día) dan mejor rendimiento de las variables tomadas como: altura de planta, diámetro de tallo y número de brotes, esto equivale a una eficacia para el aprovechamiento en el cultivar del cacao.

Se recomienda realizar el seguimiento respectivo al ensayo instalado en campo para obtener resultados de producción a futuro.

Con investigaciones similares se realizó una comparación y se encontró que dicha investigación sin el uso de fertilizantes u otro producto o método se encontraron mejores resultados, es por esto que en la zona de Manabí en tiempos de verano es recomendable e indispensable el uso del riego por goteo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Antolinez, E. Y., Almanza, P. J., Baraona, A. F., Polanco, E., & Serrano, P. A. (2020). Estado actual de la cacaocultura: Una revisión de sus principales limitantes. *Ciencia y Agricultura*, 17(2). <https://www.redalyc.org/journal/5600/560063241002/html/>
- Arévalo, E., Obando, M. E., Zúñiga, L. B., Arévalo, C. O., Baligar, V., & He, Z. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2), 81–89. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.747>
- Balcázar, J. (2020). *Análisis comparativo de tres sistemas de riego en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.)* [Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BALCAZAR%20RAMIREZ%20JASON%20FERNANDO.pdf>
- Balón, M. A. (2015). *Instalación de una plantación clonal de cacao en la parroquia Simón Bolívar, provincia de Santa Elena* [BachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2236>
- Borbor, M. Á., & Tomalá, K. A. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico de seis clones de cacao tipo nacional Theobroma cacao L. en el centro de prácticas y producción Río Verde, cantón Santa Elena* [BachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4454>
- Carrillo, L. C., Londoño-Londoño, J., & Gil, A. (2014). Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*, 60, 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.019>

- Chinin, R. M. (2015). *Evaluación de tres formas de podas en cacao CCN-51 y sistema de riego subfoliar con pistola senninger 3012* [BachelorThesis, Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8645>
- Cid, G., Herrera, J., López, T., & González, F. (2018). Estimación del agua disponible para las plantas en suelos cubanos en función de la textura predominante. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(4). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542018000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Corrales, D. O. (2019). *Efecto de la aplicacion de dos biofertilizantes en diferentes concentraciones en plantines de cacao (Theobroma cacao L.) al año de establecimiento en la Estacion Experimental de Sapecho* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/22181>
- Corrales, D. O., & Maldonado, C. (2019). Aplicación de biofertilizantes en plantines de cacao (Theobroma cacao L.) en Sapecho—Alto Beni. *Apthapi*, 5(3), 1646–1651.
- Espinosa, C. P., & Mosquera, D. R. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción de cacao en el cantón San Lorenzo provincia de Esmeraldas* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1559>
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). *Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas* (CATIE). CIETTA. <https://docplayer.es/353411-Guia-tecnica-del-cultivo-de-cacao-manejado-con-tecnicas-agroecologicas.html>
- FAO. (2019, marzo 22). *Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestro tiempo*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostories/article/es/c/1185408/>
- FAOSTAT. (2022, mayo 1). *Cultivos y productos de ganadería* [FAOSTAT]. [fao.org. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize](https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize)

- García, J., & Moreno, L. P. (2016). Respuestas fisiológicas de *Theobroma cacao* L. en etapa de vivero a la disponibilidad de agua en el suelo. *Acta Agronómica*, 65(1), 44–50. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.48161>
- Gavilánez, F. C., & Farias, S. R. (2019). Método del Cenirrómetro como alternativa de programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). *Acta Agronómica*, 68(1), 29–34. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.70370>
- Hernández, A., Ruíz-Beltrán, Y., Acebo, Y., Miguélez, Y., & Heydrich, M. (2014). Antagonistas microbianos para el manejo de la pudrición negra del fruto en *Theobroma cacao* L: Estado actual y perspectivas de uso en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 29(1), 11–19.
- Ibarra, A. (2019). Análisis de la cadena de cacao en la provincia de los ríos, Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, noviembre, 17.
- INEC. (2022). *Estadísticas Agropecuarias* (Estadístico Núm. 2021). Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Irrinews. (2017, febrero 21). La importancia del riego en la agricultura. *Irrinews*. <https://irrinews.com/2017/02/21/la-importancia-del-riego-en-la-agricultura/>
- Isla, E., & Andrade, B. (2009). *Manual para la Producción de Cacao Orgánico para las comunidades nativas de la Cordilleras del Cóndor* (Primera). Lettera Gráfica. [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20237%2003/pd237-03-2%20rev2(F)%20s.pdf)
- Leiva, E. I., Gutiérrez, E. E., Pardo, C. J., Ramírez, R., & Gutiérrez-Brito, E. E. (2019). COMPORTAMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) POR EFECTO DE LA PODA. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(2), 137–146.

- Lenz, M. (2017, diciembre 27). *La importancia del Sistema de riego*. Marcia Lenz Paisajismo.
<https://www.marcialenz.com/blog/la-importancia-del-sistema-de-riego>
- López, A. (2017). *Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador* (p. 34) [Público]. Superintendencia de control del poder de Mercado.
- Maroto, S., Montoya López, P., González León, D., Delgado, T., & Arvelo, M. Á. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
- Mena, P. O., & Casadevall, M. P. (2012). Efecto del riego subsuperficial en la microinjertación del cacao. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21, 54–58.
- Montaleza, J. F. (2020). *Análisis de la diversidad morfológica de cacao (theobroma cacao l.) del jardín clonal de la UTMACH* [Universidad Técnica de Machala].
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15553>
- Netafim. (2022, diciembre 27). *Riego por Goteo | Netafim*. <https://www.netafim.com.mx/riego-por-goteo/>
- Ortega, D., Mejía, E., Palacios, E., Rendón, L., & Exebio, A. (2009). Modelo de optimización de recursos para un distrito de riego. *Terra Latinoamericana*, 27(3), 219–226.
- Pachón, R. A., Figueroa, O. E., & Chavarro, J. I. (2014). Evaluación de sistemas de riego localizado en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) como estrategia de aumento de la producción en el departamento del Huila. *Ingeniería y Región*, 11, 45–55.
<https://doi.org/10.25054/22161325.742>
- Quintero, M. L., & Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47–59.
- Quirumbay, J. K. (2021). *Estudio de factibilidad para la producción de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51 en la parroquia Colonche, provincia Santa Elena*

- [BachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021].
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6309>
- Recalde, M., Carrillo, M., Sánchez, J., & Moreno, R. (2012). MANEJO DE LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE CACAO EN LA REGIÓN DE SANTO DOMINGO. *Tsafiqui*, 95.
<https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i3.224>
- Reyes, H. (2000). *El Cacao En Venezuela—Moderna Tecnología Para Su Cultivo* (Primera). Chocolates El Rey. <https://www.abebbooks.com/book-search/title/cacao-venezuela-moderna-tecnologia/author/humberto-reyes/>
- Universidad de Costa Rica. (2023, enero 4). *Conocer los requerimientos exactos de agua y nutrientes*. Inocuidad Alimentaria.
<http://www.buenaspracticasagricolas.ucr.ac.cr/index.php/manejo-de-cultivos/conocer-los-requerimientos-exactos-de-agua-y-nutrientes>
- Valencia, E., Alfredo Aragón, R., & Romero, J. (2012). POTENCIAL DE REUTILIZACIÓN DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE NÁTAGA EN CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.). *rev.udcaactual.divulg.cient.*, 15(1), 77–86.
- Aguirre José, M. M. (2011). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/03b8f0b8-db42-4fe1-888d-4e6ac90dc63b/content>.
- Barrera Jeffrey, V. C. (2018). Obtenido de <https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/86639>.
- Ibarra, J. e. (1988). Obtenido de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XL2012005101>.

- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Irrinius. (2017). Obtenido de <https://irrinews.com/2017/02/21/la-importancia-del-riego-en-la-agricultura/>
- Lenz, M. (2017). Obtenido de <https://www.marcialenz.com/blog/la-importancia-del-sistema-de-riego>
- Lopez German, B. J. (2013). <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/7221>.
- Luis, G. (1985). *Fundamentos y diseño de los sistemas de riego*. Costa Rica.
- Luis, M. (2019). Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/331/349>.
- María Celina Estupiñán, J. J. (2022). <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13958/13794>.
- Porras, Z. (2015). Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1841/F06-P6-T.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Scarley Cartaya, S. Z. (2015). Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-MetodosDeAjusteYHomogenizacionDeDatosClimaticosPar-6087666.pdf>.
- Sergio, C. J. (2012). Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/24/1/Zambrano%20Cede%20Sergio%20Leonardo.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1. ADEVA 1. *Del análisis de varianza de la variable altura de la planta*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MoTestigo elo	0,7	3	0,23	2,28	0,0791
Frecuencia	0,7	3	0,23	2,28	0,0791
Error	35,97	352	0,1		
Total	36,67	355			

Anexo 2. ADEVA 2. *Del análisis de varianza de la variable número de chupones.*

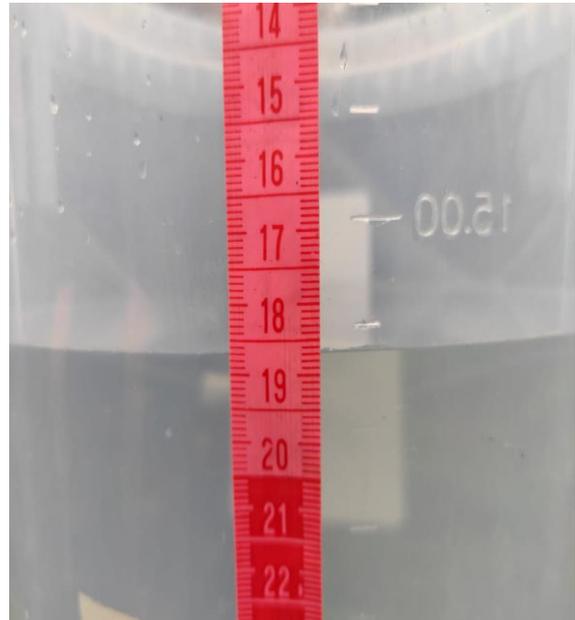
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MoTestigo elo	14,86	3	4,95	15,32	<0,0001
Frecuencia	14,86	3	4,95	15,32	<0,0001
Error	113,84	352	0,32		
Total	128,71	355			

Anexo 3. ADEVA 3. *Del análisis de varianza de la variable diámetro del tallo.*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MoTestigo elo	34,59	3	11,53	10,37	<0,0001
Frecuencia	34,59	3	11,53	10,37	<0,0001
Error	391,45	352	1,11		
Total	426,05	355			

Anexos 4. Fotos.

Medida de evapotranspiración real



Anexos 5. Fotos.

Tanque reservorio



Caudal con sus llaves de paso



Anexos 6. Fotos.

Sistema de riego por goteo mediante cinta



Anexos 7. Fotos.

Toma de datos del diámetro del tallo



Anexos 8. Fotos.

Diámetro del tallo y altura de la planta



Anexos 9. Fotos.

Sistema de riego aplicado



Anexos 10. Fotos.

