



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**GRADOS DÍAS Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE GENOTIPOS
FORÁNEOS DE PIÑON (*Jatropha curcas L.*) EN EL VALLE DEL RÍO
CARRIZAL**

AUTORES:

**LUCAS ALCÍVAR KAREN PIERINA
VERA CARRANZA LISBETH MARÍA**

TUTOR:

ING. GARCÍA CEDEÑO GALO ALEXANDER, MG.

CALCETA, FEBRERO DE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

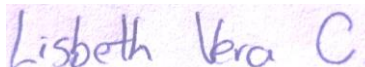
Lucas Alcívar Karen Pierina con cédula de ciudadanía 131414826-1 y Vera Carranza Lisbeth María con cédula de ciudadanía 131522373-3, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **GRADOS DÍAS Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE GENOTIPOS FORÁNEOS DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*, L) EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**. Es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creativos e Innovación.



**KAREN PIERINA LUCAS
ALCIVAR**

CC: 131414826-1



**LISBETH MARÍA VERA
CARRANZA**

CC: 131522373-3

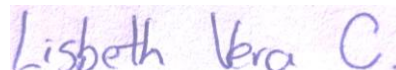
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Lucas Alcívar Karen Pierina con cédula de ciudadanía 131414826-1 y Vera Carranza Lisbeth María con cédula de ciudadanía 131522373-3, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución de Trabajo de Integración Curricular titulado: **GRADOS DÍAS Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE GENOTIPOS FORÁNEOS DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*, L) EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



KAREN PIERINA LUCAS ALCIVAR

CC: 131414826-1



LISBETH MARÍA VERA CARRANZA

CC: 131522373-3

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. CEDEÑO GARCÍA GALO ALEXANDER, MG., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **GRADOS DÍAS Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE GENOTIPOS FORÁNEOS DE PIÑON (*Jatropha curcas, L*) EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL** , que ha sido desarrollado por **LUCAS ALCÍVAR KAREN PIERINA** y **VERA CARRANZA LISBETH MARÍA**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AGRÍCOLA**, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. CEDEÑO GARCÍA GALO ALEXANDER, MG.,

CC: 131195683-1

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **GRADOS DÍAS Y CRECIMIENTO DEL FRUTO DE GENOTIPOS FORÁNEOS DE PIÑÓN (*Jatropha curcas, L*) EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**, que ha sido desarrollado por, **KAREN PIERINA LUCAS ALCÍVAR** y **VERA CARRANZA LISBETH MARÍA**, previa la obtención del título de **INGENIERA AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

**ING. GONZALO BOLÍVAR CONSTANTE
TUBAY MG.**

CC: 1304579988

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. FREDDY WILBERTO MESÍAS
GALLO MG.**

CC: 1202028492

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. LUIS ENRIQUE PÁRRAGA
MUÑOZ MG.**

CC: 1303530552

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Son muchos los motivos para agradecer primero a DIOS por la sabiduría, paciencia y esfuerzo brindado día a día y continuar con entusiasmo a pesar de los obstáculos presentes en el camino, ya que sin Él nada es posible.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos brindó la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa institución.

Así mismo a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos que nos brindaron a lo largo de nuestra formación académica como profesionales.

A nuestras familias que de una u otra manera nos han apoyado incondicional moral y económico desde el inicio de nuestros estudios hasta culminar ésta etapa, gracias por estar siempre ahí.

De igual manera al Ing. Galo Cedeño nuestro tutor por su ayuda e impartir sus conocimientos durante éste proceso de trabajo de investigación, a la Ing. Geoconda López por su guía, paciencia y aporte ya que con su apoyo y ciencias ha estado con nosotras. Así mismo a los miembros del tribunal.

A nuestros compañeros y amigos que han sido parte de todos los momentos compartidos en el aula y en toda la realización de éste trabajo más aun en el campo, de ante mano gracias por todo.

Autoras

DEDICATORIA

A mis padres ya que son mi pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello de una u otra manera desinteresada y lleno de amor.

A mis hermanas, que han sido mi ejemplo y lucha para alcanzar mis metas.

A mis abuelos por su comprensión y estímulo constante; además su apoyo y motivación a lo largo de mis estudios.

Mis tías especialmente María Isabel y Fernanda quienes con su ayuda son parte fundamental en mi vida.

A mi compañera Lisbeth porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

De igual manera a nuestro tutor el Ingeniero Galo Cedeño por todos sus conocimientos brindados en éste proceso.

A todas las personas que hicieron posible este trabajo y en especial a nuestra querida Ingeniera Geoconda ya que ella nos brindó su apoyo incondicional todo el tiempo.

KAREN PIERINA LUCAS ALCÍVAR

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis primeramente a DIOS por ser maravilloso que me dio las fuerzas para creer lo que parecía imposible terminar.

A mi papá que DIOS lo tiene en su santa gloria ahora un ángel en mi vida y sé que se encuentra muy orgulloso de su hija y me bendice, a mi mamá por haberme formado con los mejores principios sus enseñanzas y me ha brindado su apoyo incondicional en estos años de estudios; así mismo a mis hermanas que han sido mi soporte durante éste proceso de formación y siempre están conmigo en todo momento, a mis sobrinos, mi abuelita, y a toda mi familia.

En especial a mi querida Ingeniera Geoconda por brindar su ayuda en este trabajo de investigación; así mismo a nuestro tutor el Ingeniero Galo Cedeño por todo su compromiso y dedicación.

A mis amigos y amigas que la formación universitaria me regaló por todos los momentos inolvidables que hemos pasado, en especial a mi compañera de tesis Karen por su excelente ayuda y su aporte en éste proceso de trabajo.

LISBETH MARÍA VERA CARRANZA

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	4
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PIÑÓN.....	5
2.2. MORFOLOGÍA DEL PIÑÓN	6
2.3. ECOFISIOLOGIA DEL PIÑÓN.....	6
2.4. CRECIMIENTO DEL FRUTO DEL PIÑÓN.....	7
2.7. CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE INFLUYEN EN LOS GRADOS DÍAS Y LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIÑÓN.....	8
2.7.1. PRECIPITACIÓN.....	8
2.7.2. TEMPERATURA	9
2.7.3. HUMEDAD RELATIVA.....	9
2.7.4. HELIOFANÍA	10

2.7.5. ALTITUD.....	10
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	11
3.1. LOCALIZACIÓN	11
3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS	11
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	11
3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO	11
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	12
3.5. CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL	12
3.6. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO (mm)	13
3.7. LONGITUD DEL FRUTO (cm).....	13
3.8. PESO SECO DEL FRUTO (g).....	13
3.9. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO DEL FRUTO (g).....	13
3.10. TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO DEL FRUTO	14
3.11. GRADOS DÍAS.....	14
3.12. MANEJO DEL EXPERIMENTO	15
3.12.1. SELECCIÓN DEL RACIMO FLORAL.....	15
3.12.2. CONTROL DE MALEZA	15
3.12.3. EVALUACIÓN EN LA ÉPOCA DE INVIERNO	15
3.12.4. EVALUACIÓN EN LA ÉPOCA VERANO	15
3.12.5. COSECHA.....	15
3.12.6. MANEJO DE LABORATORIO	15
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1. RESULTADOS	16
4.2. DISCUSIÓN.....	21
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
5.1 . CONCLUSIONES.....	23
5.2. RECOMENDACIONES.....	23
BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Las características edafoclimáticas	11
Tabla 2. ADEVA	12
Tabla 3. Influencia de las épocas del año en el crecimiento y acumulación de grados días de frutos de seis genotipos de piñón.	16
Tabla 4. Días de crecimiento.....	17
Tabla 5. Grados días acumulados (GDA)	17
Tabla 6. Longitud de frutos	18
Tabla 7. Diámetro de frutos.....	18
Tabla 8. Peso de frutos.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Condiciones climáticas relacionadas con el cultivo de piñón en la época lluviosa del año 2022 Fuente. (Estación Meteorológica “ESPAM MFL” 2022).	19
Figura 2. Condiciones climáticas relacionadas con el cultivo de piñón en la época seca del año 2022 Fuente. (Estación Meteorológica “ESPAM MFL” 2022).	20

RESUMEN

El piñón es un cultivo que ha cobrado gran relevancia mundial por la calidad del aceite que producen sus semillas, con gran potencial para la producción de biocombustibles. Actualmente, se ha generado material genético promisorio que debe ser evaluado en varios ambientes, con la finalidad de seleccionar aquellos con mejor potencial de crecimiento y productivo. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar la acumulación de grados días y la tasa de crecimiento del fruto en genotipos foráneos de piñón bajo condiciones del valle del río Carrizal. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de seis genotipos (JAT 001100, JAT 001103, JAT 001164, JAT 001165, 041 y 052) y dos épocas del año (seca y lluviosa), con 12 tratamientos y cuatro replicas. Las variables registradas fueron acumulación de grados días (AGD), tiempo de crecimiento (TC), diámetro de fruto (DF), longitud de fruto (LF) y peso de fruto (PF). Los datos fueron analizados mediante el ANOVA y la prueba de Tukey ($p < 0,05$). La AGD, TC, DF y LF fueron influenciados significativamente ($p < 0,05$) por las épocas del año, pero no por los genotipos y la respectiva interacción ($p > 0,05$). Durante la época lluviosa se evidenció un mayor crecimiento de los frutos, pero menor TC y AGD, en relación a época seca, independientemente de los genotipos evaluados. Se concluye que es necesario seguir evaluando el crecimiento de frutos y la AGD por varios años y localidades, con el fin de ajustar datos y tener mejores criterios de selección.

Palabras clave: *Jatropha curcas*, cultivares, frutos, crecimiento, acumulación de grados días.

ABSTRACT

Piñón is a crop that has become very important worldwide due to the quality of the oil produced by its seeds, with great potential for the production of biofuels. Currently, promising genetic material has been generated that must be evaluated in various environments in order to select those with the best growth and productive potential. Therefore, the objective of this research was to evaluate the accumulation of degree days and fruit growth rate in foreign genotypes of piñón under conditions of the Carrizal river valley. A randomized complete block design was used with a factorial arrangement of six genotypes (JAT 001100, JAT 001103, JAT 001164, JAT 001165, 041 and 052) and two seasons (dry and rainy), with 12 treatments and four replicates. The variables recorded were accumulation of degree days (AGD), growing time (TC), fruit diameter (DF), fruit length (LF) and fruit weight (PF). Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). AGD, TC, DF and LF were significantly influenced ($p < 0.05$) by the seasons of the year, but not by genotypes and the respective interaction ($p > 0.05$). During the rainy season, higher fruit growth was evidenced, but lower TC and AGD, in relation to the dry season, independently of the genotypes evaluated. It is concluded that it is necessary to continue evaluating fruit growth and AGD for several years and locations, in order to adjust data and have better selection criteria.

Key words: *Jatropha curcas*, cultivars, fruits, growth, accumulation of degree days.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En Ecuador el piñón es una especie que se cultiva desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m., principalmente como cerca viva y con sus semillas altas en contenido de saponinas y aceite se elaboran jabones artesanales (Mejía et al., 2015; Mendoza et al., 2017) Recientemente, está tomando importancia agrícola e industrial, dada que el aceite que contienen sus semillas tiene gran potencial agro energético (Abobatta, 2019; Marzouk, 2020).

En este contexto, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ha realizado la identificación y colecta de material genético de piñón de alto valor genético a nivel local (Mejía et al., 2015; Mendoza et al., 2017). Sin embargo, debido al bajo rendimiento de aceite mostrada por las variedades locales, recientemente el gobierno a través de sus instituciones y en colaboración con organismos internacionales, han introducido genotipos foráneos con gran potencial de rendimiento, con la finalidad de potenciar la producción de aceite y biocombustibles para la generación de energía limpia en las islas galápagos (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018).

Por lo general, cuando se evalúa germoplasma local e introducido, se analizan aspectos morfo agronómicos y genéticos, dejando de lado la parte fisiológica del cultivo, más aún en materiales foráneos que deben adaptarse a las condiciones locales. Sin embargo, evaluar aspectos fisiológicos como la acumulación de grados días y el crecimiento de frutos en genotipos promisorios bajo condiciones de un agro ecosistema específico, es importante como criterio de selección genética de un cultivar y la planificación de las futuras cosechas (Catzín et al., 2014; Tang et al., 2016; Moraes et al., 2019).

Debido a que el desarrollo de las plantas depende de la temperatura y requiere una cantidad específica de calor para desarrollarse de un punto a otro en su ciclo de vida, como desde la siembra hasta la etapa de cosecha, o desde la floración hasta la madurez fisiológica del fruto (Parthasarathi et al., 2013; Hatfield y Prueger, 2015).

Bajo las condiciones del valle del río Carrizal, Manabí, no se conoce el comportamiento fisiológico de los frutos de los materiales de piñón foráneos recientemente introducidos, por lo que la falta de esta información no permite determinar cuál de los cultivares en estudio presenta la mejor adaptabilidad y mayor precocidad de cosecha bajo las condiciones del valle de río Carrizal. Por lo anterior, surgió la pregunta de investigación siguiente:

¿Puede la acumulación de grados días y el tiempo de crecimiento del fruto ser considerados como criterio para la selección de genotipos de piñón adaptado y precoz para las condiciones del valle de río Carrizal?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Recientemente el cultivo de piñón está tendiendo un apogeo importante en el mercado de los biocombustibles, razón por la cual la evaluación y selección de genotipos altamente productivos es necesario para que el negocio sea viable económicamente. En este contexto, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y universidades manabitas como Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM), Universidad Técnica de Manabí (UTM) y Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), están evaluando la adaptabilidad y comportamiento agronómico de genotipos de piñón locales e introducidos de la India, en diferentes ambientes de Manabí.

Entre estos el valle del río Carrizal. Bajo estas condiciones se desconoce la tasa de crecimiento del fruto y el tiempo térmico o grados días necesarios para el crecimiento del fruto. En este sentido, y considerando que la temperatura es el factor más importante que induce el desarrollo de la planta, y que cada fase del desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término, es necesario y justificable llegar a conocer la tasa de desarrollo y acumulación de grados días que necesitan los diferentes genotipos de piñón evaluados, con la finalidad de realizar un proceso de selección más acertado en función de la precocidad del material genético. Además, esta información permitirá planificar de mejor manera las labores agrícolas necesarias para el adecuado manejo y producción del cultivo de piñón.

La agenda de Desarrollo sostenible en su artículo 13 “Acción por el clima” que tiene como objetivo “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” propone para el 2030 Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018, p. 61).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la acumulación de grados días y la tasa de crecimiento del fruto en genotipos foráneos de piñón bajo condiciones ambientales del valle del río Carrizal.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar los grados días acumulados en el crecimiento del fruto de seis genotipos de *Jatropha curcas* bajo condiciones lluviosa y seca del valle del río Carrizal
- Determinar las tasas de crecimiento del fruto de seis genotipos de *Jatropha curcas* bajo condiciones lluviosa y seca del valle del río Carrizal

1.4. HIPÓTESIS

La acumulación de grados días y las tasas de crecimiento del fruto de piñón es variable con los genotipos evaluados y las épocas lluviosa y seca del valle del río Carrizal.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL PIÑÓN

El agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y el aumento antropogénico de las emisiones de gases de efecto invernadero se han desarrollado interés mundial en las fuentes renovables de energía, incluidos los biocombustibles obtenidos a partir de carbohidratos o materia prima a base de aceite y biomasa de *Jatropha curcas*, ha sido defendida como una planta con alto potencial para las plantaciones de biocombustibles debido a su alto contenido de aceite de semilla, fácil propagación, rápido crecimiento, corto período de gestación y adaptación a una amplia gama de condiciones agroclimáticas. Aparte de su uso en biocombustibles, el cultivo de bioenergía también tiene la ventaja adicional de aumentar la cobertura verde del planeta y secuestrar exceso de carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis (Kumar et al., 2017).

El piñón es una especie de planta con flores de la familia Euphorbiaceae, originaria de los trópicos de América probablemente de la parte Central. Actualmente se cultiva en regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, lo que ha conllevado a generar interés en los productores de petróleo en todo el mundo, como también para los que no producen petróleo. Los países como Mali y Tanzania han estado extrayendo aceite de *curcas* desde hace años. La especie tiene un alto rendimiento para motores diésel. Así como con fines medicinales e insecticidas. El interés en las alternativas de energía renovable a los combustibles fósiles líquidos comenzó en 2004/5, la posibilidad de cultivar *J. curcas* con el fin de producir biocombustibles ha atraído la atención de inversores y fabricantes en todo el mundo (Dachung, 2019).

J. curcas es una especie vegetal promisoría, con una gran utilidad en el control de plagas, se pueden obtener principios activos de diferentes partes de la planta, que son capaces de controlar de manera eficiente patógenos y otros organismos que afectan el crecimiento de los cultivos de importancia económica. Sustituir

plaguicidas químicos por sustancias vegetales, surge como una alternativa viable, debido a que resulta económico, su descomposición es rápida a pesar de su toxicidad no poseen un efecto residual prolongado, sin embargo, es de gran necesidad de utilizarlos con la misma precaución que los productos químicos. Además, puede ser aplicado en la rama medicinal, así como también en la Biorremediación (Pabón y Hernández, 2012).

2.2. MORFOLOGÍA DEL PIÑÓN

Las hojas presentan una variabilidad en su morfología de verde a verde pálido, alterno a sub-opuesto, y de tres a cinco lóbulos con una filotaxis en espiral. Las flores de *J. curcas* producen néctar y son perfumados. Los nectarios están ocultos en la corola y solo son accesibles para insectos con una larga trompa o lengua. El perfume dulce y denso de la noche y el color amarillo verdoso de las flores sugieren que son polinizadas por polillas (Bedassa, 2016).

La nuez purgadora (*J. curcas*) presenta flores unisexuales y pentámeras que están dispuestas en inflorescencias terminales y de tipo monoico, que son de color amarillo verdoso completamente formado. Las flores femeninas tienen tallos largos y aislados. Con el ovario superior que contiene el nectario en su base. Las flores femeninas presentan tres carpelos, cada uno con un estigma bifurcado y un lóculo, con un óvulo fértil en cada lóculo. Las flores masculinas cuentan con 10 estaminales, unidos solo por la base y las anteras están aisladas entre sí (Corte et al., 2016).

2.3. ECOFISIOLOGÍA DEL PIÑÓN

En términos de propagación, *J. curcas* puede ser cultivado mediante semillas o esquejes. Las plantas que son obtenidas de manera sexual florecen a los nueve meses después de la siembra, mientras que mediante la multiplicación por esquejes tarda seis meses en florecer, después de haberlo plantado. La elección del sistema depende las condiciones locales y los objetivos del agricultor. En lo que respecta a la propagación por semillas los cambios pueden conducir a comportamientos fisiológicos muy diferentes. Para tener resultados óptimos, la germinación de las semillas de *J. curcas* se realiza en temperaturas alternas de

25-30 °C, además, el sustrato incide en el porcentaje de germinación de las semillas (Oliveira et al., 2017).

Las precipitaciones también juegan un rol importante en la etapa de floración debido a que este proceso fisiológico es considerado episódica, lo que tiene gran relación con el periodo de lluvias y es donde posteriormente se obtiene una uniformidad en la cosecha (Vergara y Enciso, 2010), sin embargo, (Machado, 2011) indica que; en las especies de frutales y en otra leñosas, como es el caso de *J. curcas*, poseen un alto grado de variabilidad debido a que son netamente heterocigóticas y de polinización cruzada, situación que conduce a la segregación genética en la descendencia.

2.4. CRECIMIENTO DEL FRUTO DEL PIÑÓN

Las etapas de floración y fructificación del piñón pueden prolongarse hasta siete meses durante el año, lo que conlleva a una maduración heterogénea en la que el crecimiento de los últimos frutos continúa después de la maduración de los primeros. Esto ocasiona mayor número de cosechas, que incrementan la mano de obra y los costos asociados (Zavala et al., 2015).

La fructificación del piñón ocurre cuando el fruto está totalmente formado y comienza el desarrollo, las dimensiones iniciales indican 2.16 ± 0.16 mm de diámetro y 2.58 ± 0.24 mm de longitud. Al inicio, el crecimiento es rápido, duplicando su tamaño en dos días. Aproximadamente a los 36.8 ± 0.77 días una vez que aparecen los frutos el *J. curcas* alcanza el estado de maduración. Estos tienen forma de cápsulas drupáceas y ovoides, inicialmente verdes, pero variando a café oscuro o negro con el tiempo. Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4.0 centímetros de largo por 2.0 centímetros de ancho, elipsoidales y lisas que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas (Garay et al., 2012).

2.5. GRADOS DÍAS

Es la diferencia entre la temperatura media del día para una calidad dada y una temperatura base; y se puede calcular para un período de tiempo (día, semana, mes, año), una parte o todo el ciclo de cultivo. Los grados días acumulados (GDA) son la suma de los grados de cada día en un período de tiempo; es como una suma de calor que expresa la cantidad total de energía a que la planta estuvo sometida durante una parte o todo el ciclo de crecimiento y que se requiere para alcanzar su maduración. Permiten calcular la demanda energética necesaria para avanzar a la próxima etapa de crecimiento; representan una forma de expresar la demanda de energía (Ministerio de agricultura y ganadería [MAG], 2015, p. 3).

2.6. TASA DE CRECIMIENTO EN EL FRUTO

La utilización de fuentes renovables en la elaboración de combustibles es un hecho y se proyecta como una excelente alternativa para la actual crisis energética. Y el potencial del Piñón destaca por varias ventajas: al no ser comestibles se evita la utilización de cultivos alimentos para elaboración de combustibles, por ser una planta leñosa y de rápida tasa de crecimiento actúa como un buen secuestrador de carbono reduciendo así el calentamiento global, puede crecer en suelos marginales por lo que no compite por este valioso recurso con la producción de alimentos, además representa una cobertura forestal en el área donde se desarrolla (Ávalos y Villalobos, 2018).

2.7. CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE INFLUYEN EN LOS GRADOS DÍAS Y LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIÑÓN

2.7.1. PRECIPITACIÓN

El piñón crece en ambientes que no superen los 600 mm por año y tolera largas sequías de tres a seis meses; se adapta a una amplia variedad de suelos, incluidos los suelos pobres en nutrientes. En suelos secos y semiáridos. Incluso sobre grava, suelo arenoso y salado; puede crecer en suelos rocosos con nutrientes, incluidas las grietas de las rocas (Cabrales et al., 2022). Así mismo,

estos autores describen que; en condiciones naturales, con alternancia de épocas secas y lluviosas, se logra una producción entre 1000 y 3000 kg/ha de semillas, una vez al año. El piñón produce más de un litro de biodiesel por árbol. Con riego se puede alcanzar una producción de alta rentabilidad superándolas 10000 kg/ha/año a partir del sexto año.

Las plantas sometidas a déficit hídrico suelen sufrir tanto de disminución de la absorción y el transporte de agua, como de disminución de la absorción de carbono y nutrientes. La cual es la principal causa de las reducciones inducidas por el estrés por sequía en el crecimiento y la acumulación de biomasa en *J. curcas* (Pompelli et al., 2022).

2.7.2. TEMPERATURA

El piñón (*Jatropha curcas* L.) es una especie distribuida extensamente en los trópicos y los subtrópicos, resiste el intemperismo desde altas temperaturas hasta una escarcha ligera. Se lo encuentra mayormente a bajas elevaciones, por debajo de los 1200 msnm, en terrenos sin cultivar, en planicies o colinas, con temperaturas de 18 a 28°C; aunque se cultiva también en sitios con temperaturas de hasta 34°C (Cabrales et al., 2022).

2.7.3. HUMEDAD RELATIVA

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenido en cierto volumen de aire y la cantidad de vapor de agua que podría contener dicho volumen para llegar a la saturación en las mismas condiciones de temperatura y presión. Generalmente se expresa en tanto por ciento (%). La cantidad de vapor de agua que puede contener el aire tiene un límite que es variable y que depende fundamentalmente de la temperatura (Meteorología, 2018).

Las plantas siempre están ajustando las aberturas de las estomas de las hojas según el déficit de presión de vapor y la humedad del aire. Como mostramos anteriormente, la humedad alta es un problema, ya que el uso de agua de la planta es demasiado lento y compromete la calidad, incluso si los estomas están constantemente abiertos. Asimismo, si la humedad es muy baja y la transpiración posterior es demasiado alta, la planta cierra las aberturas de los estomas para

minimizar la pérdida de agua y el marchitamiento. Desafortunadamente, esto también significa que la fotosíntesis es más lenta y, finalmente, también lo será el crecimiento de la planta (Parent, 2022).

2.7.4. HELIOFANÍA

Duración astronómica del brillo solar; indica para cada día del año de un lugar determinado la duración en horas entre la salida y puesta del sol correspondiente al horizonte astronómico (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Paraguay [INEC], 2020 p. 3). La luz solar es la principal fuente de energía para los ecosistemas, siendo capturadas por las plantas mediante la fotosíntesis; también controla el estado del tiempo de la tierra y transformada afecta los patrones de lluvia, la temperatura de la superficie y la humedad. En consecuencia, ilumina y calienta las plantas, relacionándose con la apertura de los estomas, crecimiento de las células entre otros procesos fotosintéticos (Rodríguez et al., 2010).

2.7.5. ALTITUD

El piñón (*Jatropha curcas* L.) es una especie ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales, que puede soportar cambios climáticos: desde altas temperaturas hasta heladas leves. Se encuentra mayormente en altitudes bajas, por debajo de los 1200 msnm, en terrenos baldíos, llanos o cerros, con una precipitación de 300-1800 mm y una temperatura de 18-28 °C; Aunque también se cultiva en lugares donde la temperatura es de hasta 3 °C, no necesita un suelo especial (Cabrales et al., 2022).

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. LOCALIZACIÓN

La Investigación se desarrolló durante la época lluviosa y seca del 2022, en el campus politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. El área experimental se encuentra localizado geográficamente en las coordenadas: Latitud Sur: 0° 49` 27.9``, Longitud Oeste 80° 10` 27``, y una altitud de 15 msnm.

3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

Tabla 1. Las características edafoclimáticas

Condiciones climáticas	
Precipitación	996,1mm anual ⁻¹
Temperatura máxima	30,70°C
Temperatura mínima	21,87°C
Humedad relativa	82,23 %
Heliofanía	1043,96 horas.sol ⁻¹ . año ⁻¹
Temperaturas medias	26,1
Materia orgánica	1,8 %
Ph	6,4
Tipo de Suelo	Franco arenoso

Fuente: Estación Meteorológica ESPAM "MFL" 2010-2022

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A (épocas del año)

- Época lluviosa
- Época seca

Factor B (Genotipos)

- T₁: Híbrido JAT 001100
- T₂: Híbrido JAT 001103
- T₃: Híbrido JAT 001164
- T₄: Híbrido JAT 001165
- T₅: Material 041 (promisorio)
- T₆: Material 052 (promisorio)

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estableció con un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial A x B, con seis tratamientos, cuatro replicas y 24 unidades experimentales. A continuación, se presenta el esquema del ADEVA:

Tabla 2. ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	11
Épocas	1
Genotipos	5
E x G	5
Replicas	3
Error	33
Total	47

3.5. CARACTERÍSTICA DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo conformada por parcelas de 24 plantas, los datos fueron registrados en las 8 plantas centrales.

3.5.1. DIMENSIÓN TOTAL DEL ENSAYO

El ensayo conto con un área total de 5,376 m², con 96 m de largo y 56 m de ancho, contabilizando las unidades experimentales y el espacio de 4 m, entre ellas y entre replicas.

3.5.2. DIMENSIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental tendrá un área de 120 m², 12 m de largo por 10 m de ancho, compuestas por 24 plantas de piñón.

3.5.3. PARCELA ÚTIL

La parcela útil en cada unidad experimental fue de 8 plantas, las mismas que tenían una densidad de 2 m entre hileras y 4 m entre plantas.

3.5.4. NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES

Para alcanzar los objetivos de la investigación y obtener datos representativos en ensayo constó de 24 unidades experimentales divididos en cuatro réplicas.

3.5.5. MATERIAL EXPERIMENTAL

Para el desarrollo del experimento se emplearon materiales como; Híbrido JAT 001100, Híbrido JAT 001103, Híbrido JAT 001164, Híbrido JAT 001165, Material 041 (promisorio), Material 052 (promisorio)

3.6. VARIABLES A MEDIR

3.6.1. DIÁMETRO ECUATORIAL DEL FRUTO (mm)

Se registró durante la época seca y lluviosa cada 48 horas hasta madurez fisiológica, con la ayuda de un calibrador.

3.6.2. LONGITUD DEL FRUTO (cm)

Se midió durante la época seca y lluviosa cada 48 horas hasta madurez fisiológica, con la asistencia de una cinta métrica.

3.6.3. PESO SECO DEL FRUTO (g)

Se determinó durante la época seca y lluviosa cada 48 horas hasta madurez fisiológica, con el apoyo de una estufa y balanza analítica de precisión.

3.6.4. TASA DE CRECIMIENTO RELATIVO DEL FRUTO (g)

Se realizó con la ecuación [1]

$$TCR = \frac{\ln P2 - \ln P1}{T2 - T1} = g \ g^{-1} \ dia^{-1} \ [1]$$

3.6.5. TASA DE CRECIMIENTO ABSOLUTO DEL FRUTO

Se demostró con la ecuación [2]:

$$GDTCA = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} g \text{ dia}^{-1} [2]$$

Donde:

P2 = Peso final

P1 = Peso inicial

T2 = Tiempo final

T1 = Tiempo inicial

Ln = Logaritmo neperiano

3.6.6. GRADOS DÍAS

Se planteó mediante la ecuación utilizada por Moraes et al (2019).

- **Clase 4:** $TM > TB > Tm > Tb$: $GD = \frac{1}{2} \frac{(TM - Tb)^2 - TM - TB)^2}{TM - Tm}$

Donde:

TB = Temperatura basal superior en todo el ciclo (36.8 °C) de acuerdo a Moraes et al. (2019).

Tb = Temperatura basal inferior en todo el ciclo (7.2 °C) de acuerdo a Moraes et al. (2019).

TM = Temperatura máxima diaria

Tm = Temperatura mínima diaria

3.7. VARIABLE ADICIONAL

3.7.1. CONDICIONES CLIMATICAS

Se realizó histogramas de los factores climáticos (precipitación, temperatura, humedad relativa, heliofanía) que incidieron en cultivo en los factores en estudios grados días y tasa de crecimiento y de piñón en las época seca y lluviosa.

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. SELECCIÓN DEL RACIMO FLORAL

Dentro de cada planta se seleccionaron cinco inflorescencias las cuales fueron marcadas con un spray.

3.8.2. CONTROL DE MALEZA

El control de maleza fue realizado de manera mecanizada con la ayuda de una moto guadaña, y de manera química con una aplicación de quemantes a base de paraquat.

3.8.3. EVALUACIÓN EN LA ÉPOCA DE INVIERNO

En ésta parte del experimento se inició evaluando la floración y fructificación del piñón desde el inicio de la época de lluvia; con una frecuencia de un día intermedio; en dicha etapa que está influenciado por la lluvia, se mostró un mayor índice de floración en tamaño del fruto evaluado.

3.8.4. EVALUACIÓN EN LA ÉPOCA VERANO

En la segunda sección de la época seca, debido a la falta de lluvia se mostró un menor rendimiento en crecimiento, el fruto presento una menor reducción por la falta de agua ya que su riego era poco.

3.8.5. COSECHA

Se realizó en dos ocasiones la primera en época que fue en verano y la segunda en invierno en la etapa final del crecimiento, cuando el fruto ya estaba en su punto de maduración y alcanzó su máximo crecimiento.

3.8.6. MANEJO DE LABORATORIO

Se procedió a colocar el fruto cosechado en fundas de papel y meterlo a la estufa para el proceso de secado y poder obtener el peso seco.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

El análisis de varianza aplicado a las variables de crecimiento del fruto, fueron influenciadas significativamente por la época del año ($p < 0.05$), mientras que no se detectó significancia estadística para el factor genotipos y la interacción época x genotipo ($p > 0.05$). El tiempo de crecimiento se incrementó en un 15.79% con relación al verano, lo cual indica una mayor precocidad de crecimiento en invierno. Los grados días acumulados (GDA) se incrementó en un 13.28% en época de verano, con relación al invierno.

Tabla 3. Influencia de las épocas del año en el crecimiento y acumulación de grados días de frutos de seis genotipos de piñón.

Tratamientos	Tiempo de crecimiento (días)	GDA	Longitud de fruto	Diámetro de fruto	Peso de fruto
Efecto de la época					
Verano	24.42 a	417.68 b	5.25 a	30.90 a	14.08 NS
Invierno	20.38 b	362.02 a	5.55 b	32.10 b	13.33 NS
Efecto de los genotipos					
Material 052	23.00	400.69	5.43	31.24	13.86
Material 041	23.13	402.51	5.31	31.90	12.93
H. JAT 001165	22.00	382.55	5.50	31.93	12.13
H. JAT 001164	21.75	378.49	5.26	31.61	14.26
H. JAT 001103	22.38	389.86	5.40	30.85	14.78
H. JAT 001100	22.13	385.00	5.50	31.50	13.28
p-valor ANOVA					
Época	0.0001	0.0001	0.0031	0.0292	0.2590
Genotipos	0.8507	0.8410	0.5901	0.8398	0.5390
Época x Genotipos	0.5336	0.5193	0.8616	0.9950	0.9055
C.V. %	11.21	11.20	5.88	5.79	16.38

La longitud del fruto fue un 5.41% mayor en invierno, con relación al verano. El diámetro del fruto fue un 3.74% mayor en la época de invierno, en contraste al verano. El peso del fruto no fue afectado por las épocas del año, sin embargo, se evidencia que en verano el peso del fruto tiene a ser mayor que en invierno (Tabla 3).

En general los genotipos mostraron tiempo de crecimiento, GDA, longitud, diámetro y peso de fruto similares entre sí, de acuerdo a la prueba de Tukey

($\alpha=0.05$), lo cual evidencia que bajo las condiciones agroecológicas donde se desarrolló el experimento, los genotipos muestran un crecimiento homogéneo (Tabla 3).

La comparación de t de student para la variable tiempo de crecimiento entre épocas para cada genotipo específico, solo mostró diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para los genotipos 052 y JAT001164, donde el crecimiento se prolongó en verano un 19.61 y 12.90%, con relación al invierno, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Días de crecimiento

Genotipos	Tiempo de crecimiento (g)		\bar{d}	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Invierno	Verano				
Material 052	20.50	25.50	2.45	4.08	2,10	0.0265*
Material 041	19.75	26.50	6.75	1.97	2,10	0.1433
H.JAT 001165	20.00	24.00	4.00	2.31	2,10	0.1041
H. JAT 001164	20.25	23.25	1.41	4.24	2,10	0.0240*
H. JAT 001103	21.25	23.50	2.25	3.00	2,10	0.0577
H.JAT 001100	23.75	20.50	3.25	2.47	2,10	0.0899

La comparación de t de student para la variable GDA entre épocas para cada genotipo específico, solo mostró diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para los genotipos 052 y JAT001164, donde en verano los GDA fueron incrementados en un 16.57 y 9.53%, con relación al invierno, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Grados días acumulados (GDA)

Genotipos	GDA		\bar{d}	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Invierno	Verano				
Material 052	364.50	436.88	72.38	3.57	2,10	0.0377*
Material 041	350.78	454.25	103.48	1.72	2,10	0.1834
H.JAT 001165	335.18	409.93	54.75	1.84	2,10	0.1635
H. JAT 001164	359.55	397.43	37.88	3.23	2,10	0.0482*
H. JAT 001103	377.90	401.83	23.93	1.80	2,10	0.1705
H.JAT 001100	377.90	405.80	27.90	1.36	2,10	0.2666

La comparación de t de student para la variable longitud de fruto entre épocas para cada genotipo específico, solo mostró diferencias estadísticas significativas

($p < 0.05$) para el genotipo JAH001100, donde la longitud del fruto se incrementó en un 7.87% en invierno, con relación al verano (Tabla 6).

Tabla 6. Longitud de frutos

Genotipos	Longitud de frutos		\bar{d}	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Invierno	Verano				
Material 052	5.65	5.22	0.44	1.30	2,10	0.0575
Material 041	5.36	5.26	0.10	1.40	2,10	0.2564
H.JAT 001165	5.61	5.39	0.22	1.11	2,10	0.3490
H. JAT 001164	5.37	5.15	0.22	1.73	2,10	0.1823
H. JAT 001103	5.57	5.24	0.33	1.11	2,10	0.3497
H.JAT 001100	5.72	5.27	0.45	0.29	2,10	0.0460*

Para las variables diámetro y peso de frutos no se detectó diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) en las pruebas de t de student aplicadas entre épocas para cada genotipo, lo cual evidencia que los genotipos evaluados presentan homogeneidad y estabilidad para el crecimiento del fruto (Tablas 7 y 8).

Tabla 7. Diámetro de frutos

Genotipos	Diámetro de frutos		\bar{d}	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Invierno	Verano				
Material 052	31.49	30.98	0.51	0.93	2,10	0.4213
Material 041	32.51	31.30	1.21	1.25	2,10	0.3007
H. JAT 001165	32.54	31.31	1.24	1.26	2,10	0.2965
H. JAT 001164	32.40	30.83	1.58	1.12	2,10	0.3449
H. JAT 001103	31.52	30.18	1.34	0.60	2,10	0.5937
H. JAT 001100	32.17	30.83	1.34	1.59	2,10	0.2090

Tabla 8. Peso de frutos

Genotipos	Peso de frutos		\bar{d}	$T_{estadístico}$	Valor crítico de $t_{0.05}$	p-valor
	Invierno	Verano				
Material 052	12.81	14.92	2.10	0.97	2,10	0.4056
Material 041	13.06	13.29	0.23	0.24	2,10	0.8287
H.JAT 001165	13.06	13.19	0.14	0.09	2,10	0.9363
H. JAT 001164	14.50	14.02	0.48	0.68	2,10	0.5436
H. JAT 001103	14.30	15.25	0.95	0.30	2,10	0.7828
H.JAT 001100	12.75	13.80	1.05	1.71	2,10	0.1857

4.1.1. CONDICIONES CLIMATICAS

En el gráfico figura 1, correspondiente a la época lluviosa, se puede observar que el cultivo de piñón, estuvo sometido a una precipitación promedio desde enero a marzo de 186,97 mm, con una temperatura, entre los meses de enero a abril que oscilo en 26° a 27 °C, con una humedad relativa de hasta el 75% y una heliofanía máxima de 149,8 horas sol en el mes de marzo.

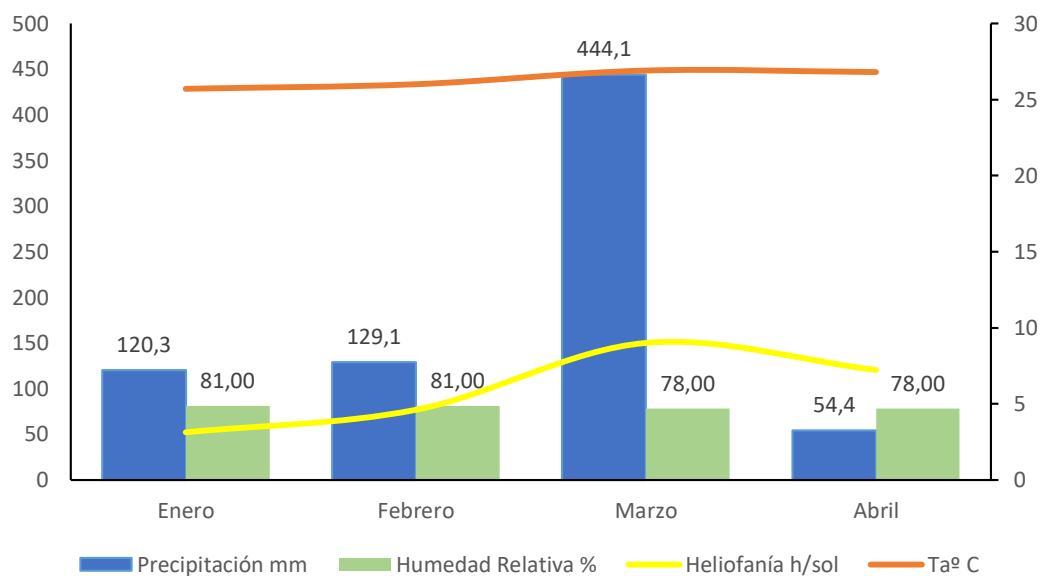


Figura 1. Condiciones climáticas relacionadas con el cultivo de piñón en la época lluviosa del año 2022
Fuente. (Estación Meteorológica "ESPAM MFL" 2022).

En la figura 2, se aprecia las condiciones climáticas de la época lluviosa, donde se observa que el cultivo de piñón, estuvo sometido a una precipitación promedio desde mayo a agosto de 9,27 mm, con una temperatura, entre los meses de enero a abril que oscilo en 24° a 26 °C, con una humedad relativa de hasta el 84% y con una heliofanía máxima de 77,5 horas sol en el mes de agosto.

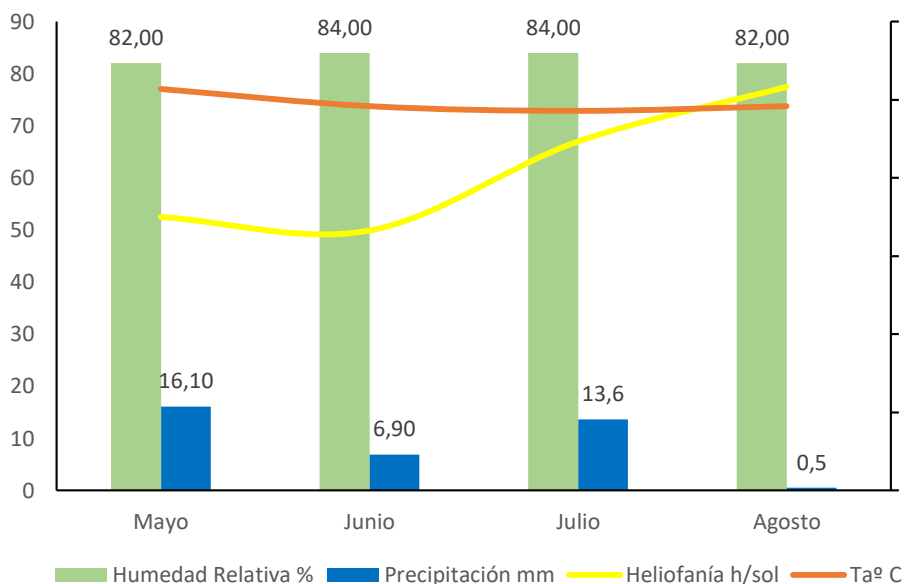


Figura 2. Condiciones climáticas relacionadas con el cultivo de piñón en la época seca del año 2022 Fuente. (Estación Meteorológica "ESPAM MFL" 2022).

4.2. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en cuanto al tiempo de crecimiento de frutos, son cercanos a los alcanzados por Catzin, et al. (2014), quienes reportaron que frutos de piñón alcanzaron su máximo crecimiento a los 30 días después de la anthesis (DDA), con peso promedio de fruto fresco de 30 g. Por otra parte, los resultados se contraponen a los hallados por Zavala et al. (2015) quienes reportaron que los valores máximos del diámetro se alcanzaron 68 y 57 DDA, de longitud a los 75 y 64 DDA, y de peso fresco a los 75 y 68 DDA, para ambas épocas del año, respectivamente.

Las diferencias entre los resultados hallados en Calceta, Manabí y los encontrados por Zavala et al. (2015), pueden deberse a las diferencias en cuanto a altitud, dado que Calceta se ubica a 21 m.s.n.m., mientras que el experimento conducido por Zavala et al. (2015) se ubicó a 1270 m.s.n.m., con temperaturas más bajas con relación a Calceta que es una zona más cálida, y por tanto la diferencia térmica influyó en el tiempo de crecimiento del fruto.

Los resultados de acumulación de grados días para el desarrollo del fruto en función de épocas o temporadas, fueron cercanos a los logrados por Moraes et al. (2019), quienes reportaron que durante la época de secano el crecimiento del fruto requiere entre 2245 a 1339 grados días acumulados, mientras que en época bajo riego el crecimiento del fruto requiere entre 3271 a 2054 grados días acumulados desde la siembra hasta el desarrollo del fruto. Lo anteriormente expuesto, denota las diferencias térmicas durante el año pueden influir significativamente el crecimiento de las plantas (Parthasarathi et al., 2013; Parent et al., 2019).

En cuanto al crecimiento del fruto en diámetro y longitud, los resultados son cercanos a los reportados por Vergara y Encino (2010) y Guerrero et al. (2011) quienes reportaron diferencias significativas para estas variables entre genotipos de piñón en Paraguay y Colombia. Sin embargo, en cuanto a peso de frutos los resultados encontrados se contraponen a los descritos por Prakash et al. (2015), quienes, si reportaron diferencias significativas para el peso de frutos entre híbridos de piñón en la India, esto puede deberse a la influencia ambiental que puede estar relacionada con el crecimiento de frutos.

Los factores climáticos, precipitación, temperatura, humedad relativa y Heliofanía incidieron en grados días y tasa de crecimiento del piñón en la época seca y lluviosa. En este sentido, la agricultura depende de estos factores abióticos, siendo muy sensible a la variabilidad climática y al cambio climático. La alteración puede tener consecuencias significativas sobre la producción (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018).

En lo referente al factor climático de precipitación, estas alcanzaron los 700 mm en la época lluviosa y en la seca 6,90 mm., incidiendo en el normal desarrollo del cultivo. Estos valores están relacionados a los registrados por Cabrales et al. (2022), que indican que el piñón crece en ambientes que no superan los 600 mm por año y tolera largas sequías de tres a seis meses.

La temperatura promedio y máxima fue de 26.3 °C y 31,02 °C en época lluviosa, respectivamente y 19.5 °C a 29,3 en época seca. Al respecto, el incremento en las temperaturas a la planta, lo induce a un adelanto de la fenología y acelerando el metabolismo (Hódar y col., 2012). Estos valores registrados en el área de estudio, están dentro del rango registrado por Cabrales et al. (2022), que reporta temperaturas desde 28°C hasta 34°C., influyendo en el desarrollo del cultivo.

De igual manera, la evapotranspiración fue del 79,5% en época lluviosa y del 83% en época seca. Al respecto, Allen et al. (1994) indican que esta, tiene una ocurrencia a partir de una superficie con vegetación en función de las condiciones meteorológicas del área, así como, de las características anatómicas y fisiológicas de la vegetación.

La heliofanía (hora luz solar) con mayor incidencia se observó en el mes de marzo y agosto, el cual fue fuente de energía que incidió en el cultivo de piñón. En este sentido Rodríguez et al. (2010) destacan que esta energía lumínica es absorbida por las plantas mediante la fotosíntesis, de igual manera se relaciona, con la apertura de las estomas, crecimiento de las células entre otros procesos fotosintéticos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La época del año influyó los grados días acumulados y el tiempo de crecimiento de frutos de piñón, independientemente de los genotipos evaluados.
- El crecimiento del fruto en términos de longitud y diámetro solo fue afectado por la época de año, independientemente de los genotipos evaluados.
- Bajo las condiciones sociales, económicas o climáticas del valle del río Carrizal, los genotipos no influyeron el crecimiento del fruto ni la acumulación de grados días.

5.2. RECOMENDACIONES

- Seguir evaluando el crecimiento de frutos de los genotipos de piñón por varios años y en otras localidades con la finalidad de ajustar datos y seleccionar el material más sobresaliente.
- Repetir el ensayo bajo condiciones de riego con la finalidad de que los híbridos expresen su máximo potencial de crecimiento, dado que la investigación se ejecutó bajo condiciones de secano.

BIBLIOGRAFÍA

- Abobatta, W. (2019). *Jatropha curcas*: an overview. *Journal of Advances in Agriculture*, 10: 1650-1656. https://www.researchgate.net/profile/Seif-BenTekaya/publication/263205078_Rhizobacteria_Restoration_of_Heavy_Metal-Contaminated_Soils/links/56350d8c08ae88cf81bbda22/Rhizobacteria-Restoration-of-Heavy-Metal-Contaminated-Soils.pdf#page=371
- Ávalos y Villalobos (2018) Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos parciales. *Agronomía Mesoamericana* 29 (1) 95-104 http://www.mag.go.cr/rev_meso/v29n01_095.pdf
- Bedassa, T. (2016). Chemical Composition, Bio-Diesel Potential and Uses of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(8): 45 – 59. <https://core.ac.uk/download/pdf/234661978.pdf>
- Cabrales, R., Betancur, C., & Luis, R. (2022). Cultivo del piñón (*Jatropha curcas* L.); Manejo nutricional y usos. https://www.researchgate.net/profile/luis-rodriguez-paez/publication/358676326_cultivo_del_pinon_jatropha_curcas_l_manejo_nutricional_y_usos_en_cordoba
- Catzín, C., Ramírez, I., Barredo, F., and Loyola, V. (2014). *Ontogenic development and structure of the embryo, seed, and fruit of Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *South African Journal of Botany* 93: 1–8. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0254629914000477?token=414BD7B9377407B56FDBC55244872548EBA47573B342DD6A61FC16FAFE58CBCF6FCA1281B80B279DA218A7AD63443872&originRegion=us-east-1&originCreation=20230112185149>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe. [ARCHIVO PDF].

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf.

Corte, N., Endres, L., Figueiredo, R., Arruda., E., Ulises, C., y Pompelli M. (2016). Morphoanatomy and Ontogeny of the fruit and seeds of *Jatropha curcas* L a Promising Biofuel Plant. *Nova Science Publishers* 1: 140 – 158. https://www.researchgate.net/profile/Marcelo-Pompelli/publication/318585267_Morphoanatomy_and_ontogeny_of_the_fruit_and_seeds_of_Jatropha_Curcas_L_A_promising_biofuel_plant/links/5991866da6fdccae8819b112/Morphoanatomy-and-ontogeny-of-the-fruit-and-seeds-of-Jatropha-Curcas-L-A-promising-biofuel-plant.pdf

Dachung, A. (2019). Germination and early growth of *Jatropha curcas* L from different seed sources. *Forestry Research and Engineering: International Journal*. 3(1). 1 – 5. <https://drive.google.com/file/d/1kvrW8qpOE1HnySQVgaPK5DZ4E1s95JHp/view?usp=mail>

FAO. Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe: <http://www.fao.org/3/l8014ES/i8014es.pdf>

Guerrero J., Campuzano L., Rojas S., García J. (2011) Morphological and Agronomic Characterisation of the *Jatropha curcas* L. Colombian Germplasm collection, 15(2):131-147. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v15n2/v15n2a02.pdf>

Garay, R., Hidalgo, E., Alegría, J. y Mendieta, O. (2012). Determinación de Periodos Fisiológicos en la Maduración y Calidad del Aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.). *Información Tecnológica*. 23(4). 53 -64. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v23n4/art07.pdf>

Hódar, J., Zamora, R., y Cayuela, L. (2012). *Cambio climático y plagas: algo más que el clima.*

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/700/679>

- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2018). *Respuesta adaptativa de híbridos comerciales foráneos de piñón (Jatropha curcas L), en la Provincia de Manabí*. Protocolo de investigación y desarrollo. Portoviejo, Ecuador. 14 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Paraguay). (2020). Concepto y definiciones Heleofanía [ARCHIVO PDF] https://www.inec.gob.pa/archivos/P3751concep_defini.pdf
- Kumar, S., Vencata, R., Mudalkar, S., Sarashetti, P., y Ramachandra, A. (2017). Molecular insights into photosynthesis and carbohydrate metabolism in *Jatropha curcas* grown under elevated CO₂ using transcriptome sequencing and assembly. *Scientific Reports* 7: 1 – 15. <https://www.nature.com/articles/s41598-017-11312-y.pdf>
- Machado., R. (2011). Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*. 34(3). 267 – 279. <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121083003.pdf>
- Marzouk, O. (2020). *Jatropha Curcas as Marginal Land Development Crop in the Sultanate of Oman for Producing Biodiesel, Biogas, Biobriquettes, Animal Feed, and Organic Fertilizer*. *Reviews in Agricultural Science*, 8: 109–123. <https://ssrn.com/abstract=4262558>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2015) Importancia del uso de registros Agroclimáticos Grados Días http://www.sepor.cl/informacion_cartillas/S203_Cartilla_Registros_agroclimaticos_grad_dia.pdf
- Mejía, N., Mendoza, H., López, J., Cedeño, L., y Ponce, W. (2015). *Rendimiento inicial de líneas de piñón (Jatropha curcas L.) bajo dos métodos de siembra*. *La Técnica* 15: 46 – 56. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4813/1/INIAPPEPR2015n15p46.pdf>

- Mendoza, H., Mendoza, J., López, J., Mejía, N., Zambrano, F., Mendoza, F., y Ponce, W. (2017). *Variabilidad genética de la colección de piñón (Jatropha curcas L.) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador, usando marcadores tipo microsatélites*. *La Técnica* 17: 18 – 29. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4812/1/INIAPEEPR2017n17p18.pdf>
- Meteorología (2018) Humedad Relativa [ARCHIVO PDF] <https://www.librosnauticos.com/porta1/descargas/fe-erratas/libro-patron-yate/libro-patron-yate-pagina-45.pdf>
- Moraes, D., Casaroli, D., Evangelista, A., Alves, J., Battisti, R., and Mesquita, M. (2019). *Determination of Basal Temperature and Its Relationship with Jatropha Crop in Irrigated and Non-irrigated System*. *Journal of Agricultural Science*, 11(2): 465 – 476. <https://ccsenet.org/journal/index.php/jas/article/download/0/0/38121/38611>
- Oliveira, I., Delmondez, R., Bruno, M., Gonzaba, L. (2017). Revisão: *Jatropha curcas* L.: aspectos morfofisiológicos e químicos. *Food Technology* 20: 1 -11. <https://www.scielo.br/j/bjft/a/FDk5q9QjGYRLmmPdTvmsRFG/?format=pdf&lang=pt>
- Parent, B., Millet E., and Tardieu, F. (2019) The use of thermal time in plant studies has a sound theoretical basis provided that confounding effects are avoided, 70, (9). 2359–2370. https://watermark.silverchair.com/ery402.pdf?token=aqecahi208be49oan9kkhw_ercy7dm3zl_9cf3qfkac485ysgaaar8wggk7bgkqhkgig9w0bbwagggksmiicqaibadccaqegcsqgsib3dqehataebglghkgbzqmeas4weqqmtryfpxwegcbueieiageqqiicch0ei9iguk0ywtjdjv.
- Parent, S. (15 de septiembre 2022). *Como influye la humedad en la calidad de los cultivos*. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/como-influye-la-humedad-en-la-calidad-de-los-cultivos/>

- Prakash A., Singh S., Prakash R., Ghosh A., Agarwal P. (2015) Development of *Jatropha* hybrids with enhanced growth, yield and oil attributes suitable for semi-arid wastelands, 89 (5) 0167- 4366. <https://www.springer.com/journal/10457/>
- Pabón, L., y Hernández, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*.17(2). 194 – 2019.
- Parthasarathi, T., Velu, G., and Jeyakumar, P. (2013). Impact of Crop Heat Units on Growth and Developmental Physiology of Future Crop Production: A Review. *Research & Reviews: A Journal of Crop Science and Technology*, 2(1): 1 – 8. <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v17n2/pla08212.pdf>
- Pompelli, M., Jarma, A., & Luis, R. (2022). Salinidad en *Jatropha curcas*: revisión de los factores fisiológicos, bioquímicos y moleculares implicados. *Agricultura*, 12(594), 1–41. https://mdpi-res.com/d_attachment/agriculture/agriculture-12-00594/article_deploy/agriculture-12-00594.pdf?version=1650721909
- Rodríguez, M., Motato, N., Zambrano, O., Carbajal, T. (2010) Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1292/4/iniappom75%20p1-9.pdf>
- Tang, M., Tao, Y., Fu, Q., Song, Y., Niu, L., and Xu, Z. (2016). An ortholog of LEAFY in *Jatropha curcas* regulates flowering time and floral organ development. *Scientific Reports* 6:37306. <https://www.nature.com/articles/srep37306.pdf>
- Trezza, R. (2008) Estimación de evapotranspiración de referencia a nivel mensual en Venezuela. ¿Cuál método utilizar? *Bioagro* .20 (2). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000200002
- Vergara, F., y Enciso, C. (2010). Caracterización de colectas y accesiones de *Jatropha curcas* L. mediante estudios fenológicos y agronómicos.

Investigación Agraria 12(1). 47 – 53.
<http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v12n1/v12n1a08.pdf>

Zavala, T. Córdova, L. Martínez, J., Molina, J. (2015). Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. Fitotecnia Mexicana 38(3). 275 – 282.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v38n3/v38n3a6.pdf>

ANEXOS



Anexo 1 Selección de flores



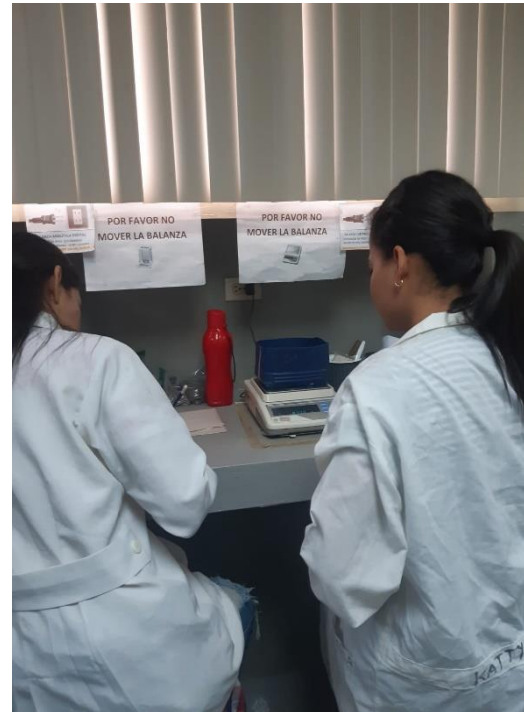
Anexo 2 y 3 Toma del diámetro del fruto



Anexo 4 y 5 Toma de longitud del fruto



Anexo 6 Frutos cosechados para meter a estufa



Anexo 7 Peso seco en la balanza