

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción.**

“Caracterización Morfométrica de cuatro ecotipos de piñón
(*Jatropha curcas*), asociado con teca (*Tectona grandis*)”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Presentada por:

Marilyn Alexandra Muñoz Mayorga

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A Dios el dador de vida. A mis Padres por su ayuda y comprensión.

Al Director de tesis, M.Sc. Edwin Jiménez R. por sus recomendaciones y orientación.

A los vocales M.Sc Omar Ruiz B. y M.Sc Carlos Burbano por su paciencia y buena voluntad de aportar al desarrollo de este trabajo.

A mis amigos por sus favores y cariño.

DEDICATORIA

Al Señor Jesucristo por estar junto a mí en todo momento a pesar de las circunstancias adversas y por brindarme la oportunidad de vivir una experiencia más en mi vida.

A mis Padres por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas por su paciencia y cariño.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.

Ing. Francisco Andrade S.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE

M.Sc. Edwin Jiménez R.
DIRECTOR DE TESIS

M.Sc Roberto Burbano V.
VOCAL.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Marilyn Alexandra Muñoz Mayorga.

RESUMEN

El presente trabajo evalúa tres características morfométricas de cuatro ecotipos de *Jatropha curcas*, procedentes de nuestro país, asociados con *Tectona grandis* bajo condiciones agroecológicas del bosque seco Tropical, teniendo como finalidad determinar el mejor ecotipo.

Esta investigación presenta fundamentos teóricos de morfología, requerimientos y beneficios de *Jatropha curcas*, posteriormente detalla las características bioclimáticas de las procedencias de los ecotipos.

En la parte práctica se utilizó un diseño experimental, para luego cumplir con una fase de vivero y campo, donde se registró la entomofauna del cultivo, se examinó la influencia de la sombra de la teca en el piñón y se recogió datos para los respectivos análisis y a partir de esto seleccionar un ecotipo como superior.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.	
RESUMEN.....	VI	
ÍNDICE GENERAL.....	VII	
ABREVIATURAS.....	XI	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII	
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII	
INTRODUCCIÓN.....	1	
CAPÍTULO 1		
1. DESCRIPCION DEL PIÑÓN Y SU IMPACTO EN EL SECTOR AGRICOLA E INDUSTRIAL.....		4
1.1. Descripción botánica de <i>Jatropha curcas</i>	4	
1.1.1. Taxonomía.	5	
1.1.2. Morfología vegetal.....	6	
1.1.3 Fisiología Vegetal.	9	
1.2. Centro de origen.	9	
1.3. Hábitat.	10	
1.4. Producción y podas.	10	

1.5. Métodos de propagación.	12
1.6. Usos y subproductos de piñón.....	13
1.7. Biocombustibles en el Ecuador.....	20

CAPÍTULO 2

2. CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DEL ECUADOR Y DE LAS CUATRO PROCEDENCIAS DE PIÑÓN.....	24
2.1. Datos bioclimáticos de Ecuador.	24
2.2. Datos bioclimáticos de Imbabura - Ambuquí.	28
2.3. Datos bioclimáticos de Loja - Catamayo.	29
2.4. Datos bioclimáticos de Manabí - Charapotó.	30
2.5. Datos bioclimáticos de Santa Elena - Sinchal Barcelona.	31

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.	33
3.1. Localización y condiciones agrometeorológicas del ensayo.....	33
3.2. Materiales.	34
3.3. Métodos.	34
3.3.1 Diseño Experimental.	35
3.3.2. Recolección de las semillas.	37
3.3.3. Peso y medidas de las semillas recolectadas.....	38
3.3.4. Fase de vivero y germinación.	39

3.3.5. Transplante.	41
3.3.6. Riego.	42
3.3.7. Desarrollo de las plántulas en fase campo, (Caracterización morfométrica).	44
3.4. Entomofauna y Enfermedades.	46
3.4.1. Cuantificación de defoliación.	46
3.5. Situación de la teca.	49

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	50
4.1. Recolección de semillas.....	50
4.1.1. Datos meteorológicos y época de cosecha de cuatro ecotipos de piñon.	52
4.1.2. Medidas y peso de semillas.	54
4.2. Germinación de ecotipos.....	54
4.2.1. Datos de altura y número de hojas en fase de vivero.....	56
4.2.2. Porcentaje de prendimiento de plántulas en transplante a campo.	56
4.3. Análisis de suelo.....	57
4.4. Influencia de la sombra de <i>T. grandis</i> en cultivo de piñón.....	58
4.5. Desarrollo de las plantas en campo, caracterización morfométrica.....	60

4.6. Entomofauna.....	63
4.6.1. Porcentaje Ponderado de Defoliación por ecotipo.....	67
4.7. Enfermedades.....	68
4.8. Resultados de pruebas estadísticas.	70

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	76
5.1. Conclusiones.	76
5.2. Recomendaciones.	78

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

b.s.T.	bosque seco Tropical.
CUC	Coeficiente de Uniformidad de Caudal
DBCA	Diseño de bloques completamente al azar
DED	Servicio Alemán de Cooperación Social – Técnica Ecuador
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ERGAL	Energías Renovables para las Islas Galápagos
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INFOPLAN	Sistema de Información para la Planificación
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
I	Ecotipo o tratamiento de Imbabura
L	Ecotipo o tratamiento de Loja
M	Ecotipo o tratamiento de Manabí
m.e.T.	monte espinoso Tropical.
m.e.P.M.	monte espinoso Pre Montano.
m.d.T.	matorral desértico Tropical.
Meq	Miliequivalente
PPD	Porcentaje Ponderado de Defoliación
ppm	Partes por millón
S	Ecotipo o tratamiento de Santa Elena
s/i	Sin identificar

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Mapa del Ecuador y localización de los cuatro ecotipos.....	27
Figura 2.	Mapa de Imbabura.....	28
Figura 3.	Mapa de Loja.....	29
Figura 4.	Mapa de Manabí.....	31
Figura 5.	Mapa de Santa Elena.....	32
Figura 3.1	Peso de semillas.....	38
Figura 3.2	Semillero de piñón.....	40
Figura 3.3	Transplante a campo.....	42
Figura 3.4	CU.....	44
Figura 3.5	Medición de diámetro.....	45
Figura 3.6	Escala de clasificación de defoliación.....	48
Figura 4.1	Germinación de los ecotipos.....	55
Figura 4.2	Incremento mensual de altura.....	60
Figura 4.3	Incremento mensual de diámetro.....	61
Figura 4.4	Incremento mensual de número de hojas.....	61
Figura 4.5	Floración a los 171 días – ecotipo Loja.....	62
Figura 4.6	Hormiga arriera.	63
Figura 4.7	Saltamonte dañino.....	64
Figura 4.8	Mariquita defoliadora.	65
Figura 4.9	Loritos verdes.....	65
Figura 4.10	Chinche.....	66
Figura 4.11	Síntomas de ácaros.....	66
Figura 4.12	Araña, enemigo natural de chinche.....	67
Figura 4.13	<i>Oidium sp.</i>	69
Figura 4.14	<i>Cercospora sp.</i>	69
Figura 4.15	Gráfico de cajas para la variable altura, por tratamiento	71
Figura 4.16	Ilustración de la variable altura, por tratamiento.....	72
Figura 4.17	Gráfico de cajas para la variable diámetro, por tratamiento..	72
Figura 4.18	Ilustración de la variable diámetro, por tratamiento.	73
Figura 4.19	Gráfico de cajas para la variable número de hojas, por tratamiento.....	74
Figura 4.20	Ilustración de la variable número de hojas, por tratamiento..	74

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Características del fruto y semilla.....8
Tabla 2	Composición química del aceite de piñón.15
Tabla 3	Porcentaje de aceite en la semilla y torta16
Tabla 4	Comparación del contenido de nutrientes de la torta de piñón. con estiércoles más usados.18
Tabla 5	Datos agrometeorológicas durante el tiempo de estudio.....33
Tabla 6	Materiales usados.....34
Tabla 7	Escala de defoliación.....47
Tabla 8	Datos de ubicación y meteorológicos de las procedencias de ecotipos.....53
Tabla 9	Meses de cosecha de diferentes provincias del país.....53
Tabla 10	Medidas y peso de semillas de piñón por ecotipo.....54
Tabla 11	Porcentaje de germinación de ecotipos.55
Tabla 12	Promedio de altura y número de hojas en vivero.....56
Tabla 13	Porcentaje de prendimiento en campo por ecotipo.....57
Tabla 14	Resultados de análisis de suelos.....58
Tabla 15	Promedio de altura y diámetro de copa de teca.....59
Tabla 16	Promedio de variables de piñón al cuarto mes en campo.....59
Tabla 17	Resultados de P.P.D.....68

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país megadiverso, que alberga una infinidad de plantas autóctonas escasamente estudiadas, una de ellas es *Jatropha curcas*, comúnmente llamado piñón, esta planta es un miembro de la familia de las Euphorbiaceae.

El presente proyecto estudió las características morfométricas de cuatro ecotipos, de *J. curcas*, Santa Elena, Manabí, Imbabura y Loja y tiene como objetivo evaluar las variables; altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas y supervivencia, para determinar el mejor ecotipo bajo las condiciones agroecológicas del área experimental en el bosque seco Tropical de la provincia del Guayas.

Se procedió a sembrar las semillas de los diferentes ecotipos bajo condiciones de vivero, donde se registró el porcentaje de germinación, luego las plántulas se llevaron a campo definitivo, donde se registraron los datos de las variables; para evaluar el desarrollo de los ecotipos asociados a un sistema agroforestal con teca. Para validar la investigación se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro repeticiones y cuatro

tratamientos, adicionalmente se identificó la entomofauna que presentó el cultivo durante el tiempo de estudio.

De acuerdo a estos antecedentes, el presente trabajo de investigación tuvo los siguientes objetivos.

General.

Evaluar las variables morfométricas de los cuatros ecotipos de *J. curcas* procedentes del Ecuador, bajo las condiciones agroecológicas del bosque seco Tropical en la provincia del Guayas, Ecuador.

Específicos.

1. Determinar el mejor ecotipo según los resultados de las variables morfométricas, bajo las condiciones agroecológicas del área experimental.
2. Establecer el efecto generado por la sombra de *T. grandis*, en el desarrollo de *J. curcas*.
3. Registrar la entomofauna y enfermedades que presente en cultivo.

Se planteó la siguiente hipótesis:

H. Alternativa: Los cuatro ecotipos de *J. curcas* no presentan iguales resultados morfométricos bajo las condiciones agroecológicas del área experimental.

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PIÑÓN Y SU IMPACTO EN EL SECTOR AGRÍCOLA E INDUSTRIAL.

1.1 Descripción botánica de *Jatropha curcas*.

La *Jatropha c.* por definición, es un árbol pequeño o un gran arbusto, que puede alcanzar alturas superiores a los 5 metros. La planta muestra un crecimiento articulado, con una discontinuidad morfológica en cada incremento. La inactividad es inducida por fluctuaciones de precipitaciones, temperaturas y luz. Las ramas pueden contener latex normalmente (14).

El piñón es una especie resistente a la sequía y que esta cultivada extensamente en los trópicos como cerca viva, muchas partes de la planta son usadas en la medicina tradicional. Las semillas sin embargo son tóxicas para humanos y muchos animales (14).

1.1.1. Taxonomía.

Reino: Plantae
Filo/división: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida (Dic.)
Orden: Euphorbiales
Familia: Euphorbiaceae

Nombre científico: *Jatropha curcas* L.

Nombre común: Coquito, Capate, Tempate, Piñón, Piñoncito, Piñol, Higos del duende, Barbasco, Piñones purgativos, Periyawasi (piro); Piñón joshó (amahuaca); Wapa-wapa oshe (ese eja); Josho pionis y Huiso pionis (shipibo-conibo), Peaó branco (portugués); Higo de infierno (Bolivia); Purga de fraile (Colombia), Tua tua (Venezuela); Sket'noto (Surinam) (33).

El género *Jatropha* contiene aproximadamente 170 especies conocidas, *J. curcas* es la especie más primitiva del género. El piñón es una especie diplodea con $2n = 22$ cromosomas (15).

1.1.2. Morfología vegetal.

J. curcas L. es un arbusto o árbol pequeño de 2 a 6 m de altura con corteza blanco-grisácea, que exuda un látex translúcido (33).

Tallo: Los tallos crecen con una discontinuidad morfológica en cada incremento, es un cilindro verde robusto que produce ramas con savia láctea o rojiza viscosa (33).

Raíz: Normalmente se forman 5 raíces de los arbolillos, 1 central y 4 periféricas (33).

Hoja: Las hojas se forman normalmente con 5 a 7 lóbulos acuminados poco profundos y grandes. Tienen pecíolos largos con una longitud de 10 a 15 centímetros, y se colocan de forma alterna a subalterno opuestos y se caen durante la época seca. Las hojas tienen 5 nervaduras y pubescentes en las nervaduras del envés (33), (Anexo A).

Flor: Las inflorescencias se forman terminalmente en el axial de las hojas en las ramas. Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6-8 mm.), verdoso-amarillo y

pubescente. Los pétalos son de 6-7 mm. de largo, la longitud del pecíolo va entre 6-23 mm. Las flores femeninas presentan brácteas acuminadas y las masculinas presentan pedicelos pubescentes (33).

Fruto: Son cápsulas drupáceas y ovoides, después de la polinización, se forma una fruta trilocular de forma elipsoidal. Las frutas son cápsulas inicialmente verde pero volviéndose a café oscuro o negro en el futuro. Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4 centímetros de largo por 2 centímetros de ancho, elipsoidales y lisas que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas. Se producen los frutos en invierno cuando el arbusto bota sus hojas, puede producir varias cosechas durante el año si la humedad de la tierra es buena y las temperaturas son suficientemente altas. Cada inflorescencia rinde un manojo de aproximadamente 10 frutos ovoides o más. El desarrollo del fruto necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla (33).

Semilla: La fruta produce tres almendras negras, cada una aproximadamente de 2 centímetros de largo y 1 centímetro en el diámetro. La semilla es cosechada cuando la cápsula

está madura y esta cambia de verde a amarillo, ocurre después de dos a cuatro meses de la fertilización. Las semillas descascaradas negruzcas, delgadas se parecen a las semillas del ricino pequeño. El volumen de aceite es 35-40% en las semillas (33).

TABLA 1.
CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO Y SEMILLA.

Parámetro	Fruto seco	Semilla sin pelar
Peso promedio(g)	3,202	0,783
Tamaño promedio(cm.)	3,13 x 2,19	1,59 x 0,94
Densidad aparente(g/ml)	0,269	0,518
Densidad real(g/ml)	0,626	0,914
Volumen ocupado por 100 Kg. (m3)	0,37	0,19

Fuente: Proaño O (36).

Toxicidad- En los frutos y semillas se han reportado propiedades contraceptivas, si se consume en dosis elevadas, el aceite produce alteraciones en el tracto gastrointestinal y puede causar la muerte, la corteza, hojas, fruto, raíces contienen cianuro. Las semillas tienen el alcaloide curcina, aunque el tostado de las semillas elimina los efectos perjudiciales (35).

1.1.3. Fisiología Vegetal.

Con una buena humedad la germinación toma 10 días. Se abre la cáscara de la semilla, sale la radícula y se forman 4 raíces periféricas pequeñas. Poco después de los cotiledones emerge la primera hoja. Dependiendo de las condiciones de propagación y lluvia, el primer rendimiento de la semilla es en el primer año y puede producir durante 50 años (33).

1.2. Centro de origen.

J. curcas. parece ser nativa de América central así bien como de México, donde ésta tiene lugar naturalmente en el bosque de la región costa. Información que han proveído algunos colectores, parece soportar el argumento que las especies fueron colectadas de una vegetación natural de las Américas (15).

Es altamente probable que el centro de origen de *J. curcas*. es en México (América central) ya que ésta no se encuentra en formas de vida de vegetación de África y Asia. El verdadero centro de origen todavía esta siendo encontrado. (15)

Su área de dispersión en Sudamérica abarca Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela, llegando a la Argentina (15).

1.3. Hábitat.

Requisitos ecológicos: *J. curcas.* crece casi en cualquier parte, incluso en las tierras cascajosas, arenosas y salinas, puede crecer en la tierra pedregosa más pobre, inclusive puede crecer en las hendiduras de piedras. La materia orgánica de las hojas mejora la fertilidad de la tierra. Climáticamente, la *J. curcas.* se encuentra en los trópicos y subtrópicos, le gusta el calor aunque también las más bajas temperaturas y puede resistir una escarcha ligera. Su requisito de agua es sumamente bajo y puede resistir períodos largos de sequedad por el derramamiento de la mayoría de sus hojas para reducir la pérdida de agua durante la transpiración (33).

J. curcas. se adapta a climas tropicales abarcando algunos rangos de temperatura, altitud y precipitación. Las heladas de baja intensidad y duración corta son toleradas aunque pueden disminuir el rendimiento hasta un 25% (21). Puede producirse en áreas con baja lluvia (200 mm. por año) (14), (Anexo B).

1.4. Producción y podas.

La producción se inicia en un plazo máximo de dos años después de la siembra y se puede obtener de 0.4 a 12 toneladas anuales de semilla por hectárea (25).

La productividad también depende de la densidad de siembra que se utiliza y las más comunes son, 2 x 2 m; 2,5 x 2,5 m y 3 x 3 mts, así se tendrán 2500, 1600 y 1111 plantas p/ha, respectivamente (3).

J. curcas. puede ser asociado con cultivos de ciclo corto, entonces se utilizan otras densidades de siembra como por ejemplo: 4x3, 4x4, 5x2, 5x3, 5x4, 5x5 mts, asociados con tomate, pimiento, sandía, zapallo entre otros (38).

Debido a que la cosecha se la hace a mano, las plantas deben tener una altura accesible, para los recolectores de frutos. Aún no se ha determinado exactamente cual es la forma y tiempo de poda más eficaz pero se hacen podas de formación al segundo año y de fructificación desde el tercer año en adelante (24).

En nuestro país aún se está investigando tipos de podas y se han registrado las siguientes:

- 1.- Despunte cuando la planta tiene cincuenta centímetros.
- 2.- Poda de 2/3 de rama, cuando la planta tiene un metro.

3.- Poda de 1/3 de rama, cuando la planta tiene un metro cincuenta centímetros, es recomendable podar antes de las lluvias para evitar problemas de enfermedades (25).

1.5. Métodos de propagación.

El piñón se puede propagar tanto asexualmente por partes vegetativas, como también de forma sexual, otra alternativa puede es el uso cultivo de tejidos para una propagación rápida (22).

Algunos métodos de propagación son:

- Siembra directa.
- Siembra con raíz desnuda.
- Siembra en bolsas plásticas.
- Siembra en bandejas plásticas.
- Siembra por estacas.

El mejor método con excelentes resultados es la siembra en bandejas plásticas seguida de la siembra en bolsas plásticas (34).

1.6. Usos y subproductos de piñon.

El cultivo de *J. curcas.*, como recurso forestal, contribuye con la protección del suelo, mejora la incorporación de materia orgánica, evita la erosión y mejora la capacidad de retención de humedad.

El piñon es una planta amigable con la naturaleza y la cual presenta algunas bondades medicinales, también es bastante reconocida por la extracción de aceite de sus semillas, para la elaboración de biodiesel y jabón, un impacto positivo al medio ambiente es la captura de carbono, otro beneficio es el uso de la torta como abono para diferentes cultivos y alimento para animales (13).

Biocombustibles.

El biodiesel es un aceite vegetal que ha sido modificado químicamente mediante una reacción del aceite natural con un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (Na OH, ó K OH) con lo que se obtiene como producto biodiesel y glicerina, los cuales son separados por un proceso de decantación (9).

La principal diferencia que los distingue de los combustibles fósiles es que la quema de los mismos libera a la atmósfera CO₂ que ha estado inmobilizado por millones de años causando un incremento del contenido neto atmosférico de CO₂.

contrariamente la quema de biocombustibles libera CO₂ que no aumenta las emisiones netas de dicho gas a efecto invernadero. Esto es debido al hecho que el CO₂, lo absorbe y fijan los vegetales utilizándolo como materia prima para construir sus tejidos, cerrando de tal forma el ciclo atmosférico del carbono (13).

Aceite vegetal.

El aceite vegetal sin mezclas o transformaciones se denomina aceite vegetal puro. El término utilizado en la directiva de biocombustibles, publicado por la Comisión Europea, “aceite natural vegetal de plantas oleaginosas” es un aceite vegetal no modificado, como el aceite de piñón, colza y girasol. El aceite vegetal es compuesto por carbono(C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) en una relación de aproximadamente C₆₀ H₁₂ O₅; es libre de azufre y metales pesados. El aceite vegetal natural solamente tiene un rendimiento óptimo en motores diesel adaptados.

Un beneficio del aceite de piñón es que puede ser utilizado directamente como combustible, no así otros aceites vegetales derivados de cultivos como soya, higuera y algodón, que necesariamente tienen que ser transformados a combustibles para poder ser utilizados, esto es debido a que estos tipos de

aceites tienen un contenido elevado de ácidos poliinsaturados lo que favorecen a la formación de residuos resinosos durante la combustión causando daño a los motores (9).

TABLA 2.
COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE PIÑÓN.

Ácido	Ac. Específico	Valores
Ac. Saturados 21%	Láurico	< 0,1
	Mirístico	1
	Palmítico	14,1
	Esteárico	6,3
	Araquídico	0,3
Ac. Monoinsaturados 38%	Palmitoleico	0,1
	Oleico	37,8
Ac. Poliinsaturados 40%	Linoleico	39,7
	Linolénico	0,2

Fuente: ERGAL (9).

El aceite de piñón tiene una viscosidad de 34,7 la cual es considerada entre los valores normales. El contenido de agua es con 557 mg / kg más bajo que el valor permitido de 750. La suciedad total con 47mg/Kg. en cambio sobrepasa el valor permitido de 24, al igual que el contenido de fósforo con 31,4 mg/Kg. versus máx. 12 y el contenido de magnesio y calcio juntos con 43,9 mg/Kg. versus máx. 20.

En nuestro país el quintal de semilla se esta comercializando entre 6 y 8 dólares, el precio del aceite de piñón se establece entre 800 y 900 dólares por tonelada (9).

TABLA 3.

PORCENTAJE DE ACEITE EN LA SEMILLA Y TORTA.

Aceite Semilla con cáscara	26%	Aceite en la torta	14%
Aceite-Semilla sin cáscara	30,5%	Aceite en la torta	15,5%

Para la extracción se empleó un extrusor.

Fuente: Proño O (36).

El aceite y el biodiesel de piñón pueden ser usados de diferentes maneras pero existen diferencias para la producción de cada uno (38), (Anexo C).

Captura de carbono.

La fijación de carbón en troncos y raíces, es otro beneficio, entre 7–8 toneladas de CO₂ por ha y año. Esto es más que el doble que cualquier cultivo forestal para madera (33).

Torta.

La torta, residuo o bagazo que se obtiene de las semillas al extraer el aceite es utilizado como abono orgánico debido a sus propiedades, ya que contiene un porcentaje considerable de aceite y también puede ser usado para alimentación de animales, previo proceso térmico para desactivar toxinas que contiene el piñón (42).

Se ha estudiado la posibilidad de desintoxicación de la torta y se obtuvieron algunas conclusiones. La torta de semillas contiene el 11% del total del aceite. Cocinando las tortas de semillas por cinco minutos se desactivan las lectinas. El aceite no tiene propiedades mutagénicas, cuando es manejado con cuidado, no es peligroso para los trabajadores (42).

La incorporación de la torta en los cultivos ha tenido resultados efectivos; es común utilizarlo como abono en cultivos de ciclo corto asociados con piñón, por ejemplo maíz, tomate, pimiento, etc. (38).

TABLA 4.

COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LA TORTA DE PIÑÓN CON ESTIÉRCOLES MÁS USADOS.

	Torta (37)	Vaca (39)	Gallinaza (39)	Lombriz (39)
% N	5,7-6,48	3,4	1,6	1,3
% P₂O₅	2,6-3,1	1,6	1,5	1,6
%K₂O	0,9-1,0	4	0,85	2,2

Fuente: Togola I (38), Universidad Agraria del Ecuador (40).

Medicinal.

El látex de la planta contiene “jatrophine”, que tiene propiedades anticancerígenos. Tanto la semilla como el aceite que contiene *J. curcas*. contiene curcin (una proteína toxica) que tiene un efecto antitumoral.

Además tienen propiedades purgantes, su uso externo es eficaz contra lesiones dérmicas, reumatismo, retención de líquidos y estimulante de crecimiento de cabello (35).

Varias partes de la planta, incluyendo semillas, hojas y corteza; son usados en la medicina tradicional y para propósitos veterinarios.

La cocción de las hojas es usada contra la tos y como un antiséptico después del parto. La savia que fluye del tallo es usada para contrarrestar las hemorragias de heridas (15).

Las personas en el campo utilizan el látex diluido en agua para problemas de gastritis y erupciones de la boca. Las semillas en pequeñas dosis son purgativas, las dosis fuertes son peligrosas (41).

Propiedades para control de plagas y enfermedades.

Todas las partes de la planta de piñón tienen propiedades insecticidas (12). Extractos acuosos de hojas de piñón son eficaces para controlar *Sclerotium sp.* comúnmente llamada pudrición blanca (11).

En nuestro país también se está probando extractos de partes de piñón como nematocidas, con buenos resultados (2).

Biotecnología para el mejoramiento de *Jatropha curcas*.

El cultivo de tejidos para la propagación rápida y mejoramiento genético en genotipos seleccionados de *J. curcas* resulta altamente deseable. Esto permite proveer rápidamente material para nuevas plantaciones, considerando genotipos seleccionados de acuerdo a sus propiedades como productividad, resistencia etc. Además de la composición en los medios de cultivo, un factor esencial es la técnica de corte durante el proceso de propagación. Experimentos para optimizar el enraizamiento y la

resistencia a los efectos climáticos está en proceso. Paralelamente se están llevando a cabo experimentos para inducir la embriogénesis somática a partir de hojas, brotes, pecíolos y tallos. Esto representa las bases necesarias para el mejoramiento genético a partir de la transformación o mutagénesis (1).

1.7. Biocombustibles en el Ecuador.

El interés por el tema de biocombustibles en nuestro país se está incrementando ya que se pueden aprovechar los recursos existentes en el país para sustituir parcialmente las importaciones de derivados de petróleo por combustibles provenientes del agro, con la producción de biocombustibles se reduce la contaminación y se generan fuentes de empleo.

Se declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de los biocombustibles como componente en la formulación de los combustibles que se consumen en el país, Decreto Ejecutivo No. 2332: R.O. No. 482.

Diferentes instituciones privadas y de gobierno se encuentran desarrollando proyectos de investigación acerca de diferentes cultivos de los que se puede producir biodiesel. Aunque aún no se han establecido leyes para el uso de biocombustibles, existen

proyectos de carácter pilotos para evaluar los resultados y poder establecerlos a nivel nacional, tomando en cuenta que las decisiones sobre biocombustibles requieren de serios compromisos de diferentes grupos de nuestra sociedad (27).

Posibles beneficios del uso de biocombustibles.

- Diversificación de la matriz energética.
- Disminución de las importaciones de combustibles: entre el 5% y 10% de nafta y entre el 5% y 20% de diesel.
- Posibilidad de sustituir completamente el diesel fósil por aceite vegetal puro.
- Nuevas oportunidades para el desarrollo y fomento del sector agroindustrial.
- Incorporación de zonas improductivas.
- Mejoramiento de la calidad de los combustibles (9).

Posibles amenazas del uso de biocombustibles.

- Riesgo de afectación a la seguridad alimentaria por la suplantación de cultivos alimenticios por cultivos para uso energético.
- Ampliación de la frontera agrícola a costa de mayor deforestación.

- Fomento de monocultivos, del uso intensivo de agroquímicos y mayor demanda de agua y energía.
- Presiones indebidas sobre suelos frágiles, especialmente en la región Amazónica.
- Peligro de mayor concentración de tierra, recursos y poder de negociación con el riesgo de debilitar a los pequeños productores (20).

Beneficios del uso de Biodiesel extraído *J. curcas*.

- Generación de empleo.
- Beneficios para inversionistas y productores.
- Productores en comunidades rurales aseguran ingreso adicional duradero.
- Se evita la utilización de alimentos para elaboración de biocombustibles.
- Se participa en programas y mecanismos relacionados con energía limpia.
- Promoción de la sustentabilidad en el medio rural.
- Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.
- Se favorece la biodiversidad y conservación ecológica en zonas marginales.

- Reducción en el uso de energía fósil primaria.
- El CO₂ liberado en la combustión se fija por la planta en su crecimiento (20).

CAPÍTULO 2

2. CARACTERÍSTICAS BIOCLIMÁTICAS DEL ECUADOR Y DE LAS CUATRO PROCEDENCIAS DE PIÑÓN.

2.1. Datos bioclimáticos de Ecuador.

Ecuador se halla ubicado en América del Sur, limita al Norte con Colombia; al Sur y Este con el Perú; y, al Oeste con el Océano Pacífico. Se halla referida a los siguientes puntos extremos en coordenadas geográficas: Al Norte la desembocadura del Río Mataje en el Océano Pacífico, 0.1°28' de Latitud Norte, 78°52'. Al Sur la afluencia de la quebrada de San Francisco en el Río Chinchipe, 05°00' de Latitud Sur, 79°00' de Longitud Occidental. Al Este la confluencia de los ríos Napo y Aguarico, 00°57' de Latitud Sur, 75°11' de Longitud Occidental. Al Oeste la Isla de la Plata, 01°16' de Latitud Sur, 81°04' de Longitud Occidental (18).

El territorio del Ecuador está dividido en tres regiones naturales claramente definidas entre sí, ya sea por su topografía, clima, vegetación y población. Estas tres regiones son: Costa, Sierra y Oriente. Debido a su posición geográfica y a la diversidad de alturas impuesta por la cordillera de los Andes, el Ecuador presenta una gran variedad de climas y cambios considerables a cortas distancias. Se cuentan con climas tropicales y templados, regiones con características subtropicales, también encontramos zonas desérticas, semi-desérticas, estepas frías y cálidas, etc. (17).

La temperatura en la Región Interandina o Sierra está vinculada estrechamente con la altura. Entre los 1500 y 3000 m.s.n.m. los valores medios de temperatura varían entre los 10°C y 16°C. En la región Oriental, zona Litoral e Islas Galápagos, la media anual se establece entre los 24 °C y 26°C, con extremos que raramente sobrepasan los 36°C o bajan a menos de los 14°C (17).

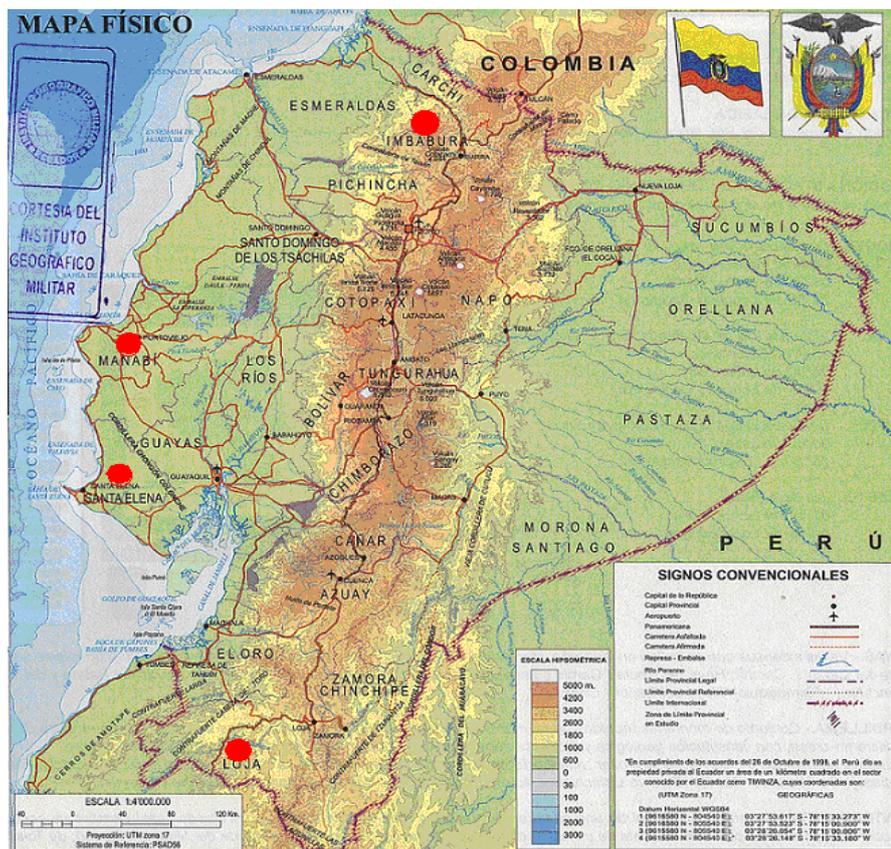
La precipitación en la Región Amazónica, al igual que el noreste de la provincia de Esmeraldas, son las zonas más lluviosas con totales anuales que fluctúan entre los 3000 y

4000 mm. En la Región Litoral, los valores más bajos de precipitación se registran en el sector comprendido entre Manta y la Península de Santa Elena cuyos registros alcanzan los 250 mm. En la Región Interandina, se observan dos estaciones lluviosas, de Febrero a Mayo y de Octubre a Noviembre, con una primera estación seca muy marcada entre Junio y Septiembre, y con una segunda menos acentuada en Diciembre-Enero (17).

La altitud es sin duda, el factor que más contribuye a modificar el clima en nuestro país. Si se considera que partiendo del nivel del mar la temperatura desciende un grado por cada 200 metros de altura, nuestro clima tiene una fluctuación de aproximadamente 31 grados, ya que el nivel de sus tierras va desde 0 metros al nivel del mar hasta 6310 metros que es su máxima altura en las cumbres del Chimborazo. Esto ha hecho que nuestro país goce del privilegio de poseer todos los tipos de clima, desde el cálido del Litoral hasta el glacial de las alturas andinas (17).

Para este ensayo se escogieron cuatro provincias representativas geográficamente en nuestro país, por cumplir

con los requisitos agroclimáticos que necesita *J. curcas* y por ser zonas en las que se podría extender el piñón como cultivo y así aprovechar todos los beneficios que este ofrece, favoreciendo a pobladores de comunas de escasos recursos y que se dedican a la agricultura como principal actividad.



Fuente: Instituto Geográfico Militar (18).

FIGURA 1. MAPA DEL ECUADOR Y LOCALIZACIÓN DE LOS CUATRO ECOTIPOS

2.2. Datos bioclimáticos de Imbabura - Ambuquí

La provincia de Imbabura cantón Ibarra parroquia Ambuquí, pueblo El Chota parte del Valle de Chota, presenta una zona de vida monte espinoso Pre Montano con una altitud que se extiende sobre los 1800 a 2000 metros, con una temperatura promedio anual que fluctúa entre los 18 y 24°C, con una precipitación media anual entre los 250 y 500 milímetros. Los meses de mayor precipitación corresponden a los meses de febrero y noviembre (6).

El porcentaje de trabajadores en la zona agrícola, silvicultura, caza y pesca en la población económicamente activa es de 52.59% en la parroquia de Ambuquí (16).



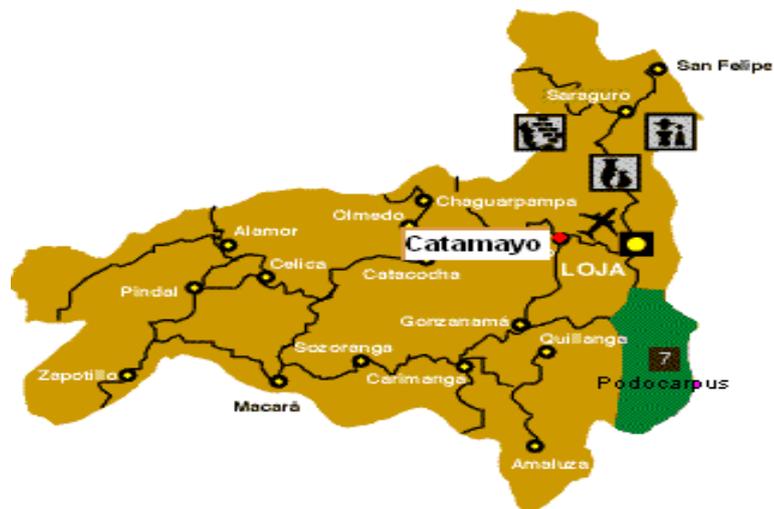
Fuente: Ministerio de Turismo (29).

FIGURA 2. MAPA DE IMBABURA

2.3. Datos bioclimáticos de Loja – Catamayo.

La provincia de Loja, cantón Catamayo, parroquia Catamayo-La Toma, pueblo Catamayito, este lugar forma parte del valle del Catamayo, presenta una zona de vida, monte espinoso Pre Montano, en sentido altitudinal se extiende 1800 hasta 2200 metros en la Toma. La temperatura media anual fluctúa entre los 18 y 24°C, con una precipitación media anual entre los 250 y 500 milímetros. La Toma tiene una estación lluviosa entre febrero y mediados de marzo y una particular en octubre, la estación seca dura aproximadamente 9 meses (6).

El porcentaje de trabajadores en la zona agrícola, silvicultura, caza y pesca en la población económicamente activa es de 28.62% en la parroquia de Catamayo (16).



Fuente: Ministerio de Turismo (32).

FIGURA 3. MAPA DE LOJA

2.4. Datos bioclimáticos de Manabí - Charapotó.

La provincia de Manabí, cantón Sucre, parroquia Charapotó, presenta una zona de vida monte espinoso Tropical y una altitud desde el nivel del mar hasta la cota de los 300 m. Esta es caracterizada por una temperatura media anual que oscila entre los 24 y 26°C, y una precipitación anual entre los 250 y 500 milímetros (6).

En esta zona de vida existe una marcada diferencia entre la estación seca y la lluviosa. La primera se extiende de mayo a diciembre o hasta el mes de enero, mientras la segunda comienza en enero y termina en abril o mayo. Los terrenos de esta zona, reúnen buenas condiciones para la agricultura y ganadería por ser relativamente planos y fértiles. Estos suelos podrían convertirse en ricos campos cultivados, solamente están esperando el agua de riego necesaria, como suplemento a la poca e incierta lluvia que cae naturalmente (6).

El porcentaje de trabajadores en la zona agrícola, silvicultura, caza y pesca en la población económicamente activa es de 55.3% en la parroquia de Charapotó (16).



Fuente: Ministerio de Turismo (29).

FIGURA 4. MAPA DE MANABÍ

2.5. Datos bioclimáticos de Santa Elena - Sinchal Barcelona.

La provincia de Santa Elena cantón Santa Elena, Parroquia Manglaralto, comuna Sinchal Barcelona, se encuentra cerca de la Cordillera de Colonche, presenta una zona de vida matorral desértico Tropical, esta formación vegetal se extiende en sentido altitudinal desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 300 metros, su temperatura promedio anual fluctúa entre los 24 y 26°C, y su precipitación media anual entre los 125 y 250 milímetros. Las condiciones climáticas de esta región se deben en parte, a la presencia de las aguas frías marinas, a las condiciones de baja presión

atmosférica que estas provocan durante el año y la corriente cálida del niño.

La estación de lluvias y de mayor calor se extiende mayormente de enero a abril, aunque esta puede comenzar en diciembre. La época de verano corresponde a la ausencia relativa de nubes, durante este periodo la temperatura es más fresca que invierno, y una parte de lluvia cae en forma de garúas (6).



Fuente: Municipio de Santa Elena (32).

FIGURA 5. MAPA DE SANTA ELENA

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización y condiciones agrometeorológicas del ensayo.

El área experimental se encuentra en Guayaquil, predios de ESPOL, se localiza en las siguientes coordenadas, 2°8'42" Sur, 79°58'15" Oeste; parte del bosque seco Tropical.

TABLA 5.
DATOS AGROMETEOROLÓGICOS DURANTE EL TIEMPO DE ESTUDIO.

Mes	Humedad (%)	T (°C)	Precipitación (mm.)
Febrero	85	25	494,4
Marzo	84	25,8	657,7
Abril	75	27	173
Mayo	77	25	5,5
Junio	77	25	1
Julio	77	24	0,1
Agosto	78	24	0,9
Promedio	79	25	
Total			1332,60

Fuente: Estación Meteorológica ESPOL (2008)

3.2. Materiales.

Para el desarrollo del proyecto se usaron herramientas de uso común en campo, para labores se siembra, hoyado, transplante y deshierbe.

Se emplearon semillas recolectadas de cuatro localidades (ecotipos). Para obtener la altura de las plantas en el ensayo, se usó una regla y para medir el diámetro del tallo se uso un nonio.

TABLA 6.
MATERIALES USADOS.

Fase de vivero	Fase de Campo
Semillas	Machete
Fundas	Rastrillo
Sustrato	Punta
Fungicida (vitavax)	Hipsómetro
Saram	Piola
Cañas	Nonio
	Regla

3.3. Métodos.

Para el desarrollo del proyecto se realizaron las siguientes actividades:

- Elaboración de un programa de actividades.
- Recolección de semillas.
- Definición del diseño experimental del proyecto (DBCA).

- Siembra (fase de vivero)
- Transplante (fase de campo)
- Recolección de datos de las variables.
- Identificación de plagas durante el tiempo del ensayo.
- Identificación de enfermedades durante el tiempo del ensayo.
- Cuantificación del daño causado por insectos defoliadores.

3.3.1. Diseño Experimental.

Se trabajó en campo bajo condiciones no controladas, por esta razón se utilizó para el ensayo un Diseño de Bloques Completamente al Azar con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ y un error de estimación $EE = 5\%$.

Para el ensayo se utilizó cuatro repeticiones con cuatro tratamientos; una varianza común de la variable de interés, diámetro de 0.34; y una diferencia mínima entre las medias de los tratamientos de 2 cm; alcanzando el ensayo una potencia del 95% en el diseño (Anexo D).

Se realizó la prueba de Kruskal Wallis, prueba no paramétrica, que nos ayuda a analizar las variables altura,

diámetro y número de hojas. Los datos de las variables fueron obtenidos en campo, una vez por semana y durante cuatro meses.

Variables:

- Altura.- se utilizó una regla y fue tomada desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja más tierna.
- Diámetro de tallo.- se tomó a la altura de la huella de los cotiledones.
- Número de hojas.

Se planteó la siguiente hipótesis:

H. Nula: Los cuatro ecotipos de *J. curcas* presentan iguales resultados morfométricos bajo las condiciones agroecológicas del área experimental.

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} = \mu_{T4}$$

H_a: \neg H₀ (al menos una de las distribuciones de los tratamientos es distinta de las otras).

Los tratamientos, fueron los ecotipos:

T1= Imbabura (I).

T2= Manabí (M)

T3= Loja (L).

T4= Santa Elena (S).

El ensayo consistió en:

Cuatro bloques o repeticiones con los tratamientos bajo proceso de sorteo con un área experimental de 2208 m² y cada bloque con 392 m² (Anexo E).

La densidad de siembra de *J. curcas* fue de 2m x 4m, se utilizó esta densidad debido a que el cultivo de piñón esta asociado con una plantación de teca que tiene una densidad de siembra de 4m x 4 m.

3.3.2. Recolección de las semillas.

A pesar de las condiciones bioclimáticas similares, los frutos (maduros) se recolectaron en distintos meses, pero comúnmente la planta fructifica en invierno.

Desde la floración hasta fructificación toma un tiempo promedio de tres meses (frutos verdes).

3.3.3. Peso y medidas de las semillas recolectadas.

Una vez recolectados los frutos maduros se procedió a pelarlos y dejar secar las semillas bajo sombra, para evitar la muerte del embrión, después se clasificaron escogiendo las semillas de mejor apariencia fenotípica; se hicieron grupos de 100 semillas por cada procedencia, registrando el peso y medidas, los grupos de mayor peso por procedencia fueron utilizados para la siembra. El tamaño de las semillas difiere muy poco una de otra.

Las semillas frescas, es decir una vez obtenidas del fruto presentan un color negro bastante brillante, con el pasar de los días el brillo va desapareciendo y la testa se vuelve quebradiza.



FIGURA 3.1. PESO DE SEMILLAS

3.3.4. Fase de vivero y germinación.

Para la siembra se utilizaron semillas seleccionadas, sanas y con un buen tamaño, que no tengan agujero o mal formación. Para el semillero se utilizó un área, con sombra artificial, techo de eternit y delimitada con malla metálica para evitar la entrada de animales.

El sustrato estaba compuesto por tierra de compost 50% y guano 50%, registrando un pH de 3.5 y 100% de humedad. Se llenaron fundas de polietileno con sustrato, fueron ordenadas en hileras y se utilizaron 200 semillas por procedencia, antes de la siembra se utilizó un fungicida (vitavax) para las semillas, para evitar futuros problemas con hongos.

En vivero el riego en la primera semana se hizo pasando un día, después de la primera semana pasando dos días. Durante los primeros diecisiete días estuvo bajo sombra artificial, las plántulas crecieron muy rápido y presentaban un sistema radicular débil, siendo sensibles a los vientos, debido a esto se sacaron las plántulas, a campo abierto para que puedan captar una mayor cantidad de luz solar,

las mismas que fueron cubiertas con saram al 50% por una semana, esto para que comiencen a adaptarse a campo, en este lapso de tiempo el riego no fue tan necesario ya que el invierno aportaba con la cantidad de agua necesaria.

En campo abierto las plantas presentaron una mejora notable en el desarrollo, debido a que tenían luz solar y se pudo ver el engrosamiento de los tallos y desarrollo de más hojas. Para completar la germinación se necesitó quince días.



FIGURA 3.2. SEMILLERO DE PIÑÓN

3.3.5. Transplante.

Una semana antes del transplante se hizo limpieza del terreno, dejando los rastrojos del lado de las hileras de teca, se hicieron hoyos, de 30 cm. de profundidad para el transplante de las plántulas, (Anexo F).

El transplante se hizo a los 55 días después de la siembra, se pudo aprovechar las últimas lluvias. Para evitar confusión de procedencias al momento del traslado y manipulación de las plantas, se etiquetó cada procedencia con un color diferente, y se procedió a poner en los hoyos que corresponden según el diseño experimental, (Anexo G).

Para evitar el estrés en las plantas se mojaron antes del transplante, se colocó la planta de manera cuidadosa de modo que no afecte al sistema radicular y luego se aprisionó bien la tierra en sentido vertical para que no queden bolsas de aire.

Se usó una densidad de siembra de 4 x 2m debido a que el piñón está asociado con teca, cuya densidad es de 4 x

4m. Antes del transplante se instaló un sistema de riego, los primeros días no fue necesario utilizarlo ya que aún existían precipitaciones. Después de 21 días del transplante se hizo el primer riego, de ahí en adelante se regó una vez por semana. Luego del transplante se dejó diez días para inspeccionar el porcentaje de prendimiento.



FIGURA 3.3. TRANSPLANTE A CAMPO

3.3.6. Riego.

El sistema de riego que se instaló fue sencillo, se utilizó manguera flex 16m. Para evaluar el sistema de riego se calculó el coeficiente de uniformidad de riego (CU).

Para el cálculo de CU se seleccionaron 32 emisores, se eligió la lateral más lejana, otra la más cercana y dos intermedios. En cada lateral se seleccionaron ocho

emisores, siguiendo el mismo criterio, es decir, el más cercano, el más lejano y los dos intermedios.

Luego con un vaso de precipitación se midió el volumen de agua suministrado por los 32 emisores (39).

Con las medidas obtenidas se calculó el Coeficiente de uniformidad de riego:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_{med.}} \times 100$$

CU: Es el coeficiente de uniformidad de riego del modulo evaluado en el campo, en %.

q_{25%}: Es la media del 25% de valores más bajos de los volúmenes de agua recibidas por las plantas, de todas las medidas realizadas en el campo.

q_{med}: Es la media de todos los volúmenes de agua recogidos en el campo.

$$CU = \frac{193.125}{241.093} \times 100 = 80.1 \%$$

Con el 80.1 % de CU se puede decir que es un resultado aceptable; suministrando un promedio de 14 litros de agua semanal.



FIGURA 3.4. CU

3.3.7. Desarrollo de las plántulas en fase campo, (Caracterización morfométrica).

Por medio de la caracterización morfométrica, se puede encontrar diferencias en cuanto al desarrollo de los cuatro ecotipos y observar su comportamiento frente a los diferentes factores agroclimáticos, que se presentaron durante el tiempo de estudio. Se tomó datos cada semana durante cuatro meses para ver el comportamiento de los ecotipos bajo las condiciones (área experimental) que presenta el bosque seco Tropical.

Durante el tiempo de estudio se registraron datos de tres variables, altura, diámetro de tallo y número de hojas.

- La altura se midió con una regla, desde la base del tallo hasta la inserción de la hoja más tierna.

- El diámetro de tallo se tomó a la altura de los cotiledones.

- Para el conteo de hojas; del tercio superior de la planta, se tomaron en cuenta solo las hojas funcionales.

En el tercio inferior de la planta generalmente se presentaba una o máximo dos hojas viejas incapaces de fotosintetizar las cuales no eran contadas. Las hojas que estaban defoliadas más del 50% no se conto.



FIGURA 3.5. MEDICIÓN DE DIÁMETRO

3.4. Entomofauna y Enfermedades

J. curcas es considerada como una planta resistente, sin embargo se han reportado plagas y enfermedades, en diferentes países.

En cercas vivas el piñón no es afectado como cuando se lo trata como cultivo, donde sean establecido algunas plagas y enfermedades comunes para *J. curcas*. ya sea asociado o como monocultivo.

En el presente ensayo se reportaron, algunas enfermedades, insectos benéficos y dañinos, para determinar el daño que causaron los defoliadores, se siguió la siguiente metodología.

3.4.1. Cuantificación de defoliación.

Se evaluó el daño causado a través de una escala de defoliación (formula de Townsend & Heuberger) y una escala de clasificación de defoliación.

Por medio de estas escalas se calculó el Porcentaje Ponderado de Defoliación para cada ecotipo.

**TABLA 7.
ESCALA DE DEFOLIACIÓN.**

Valor	% de daño	Clasificación de daño
0	0	Nulo.....N
1	1-19	Prácticamente nulo.....PN
2	20-39	Hoja con daño ligero.....L
3	40-59	Hoja con daño medio.....M
4	60-79	Hoja con daño grave.....G
5	80-100	Hoja con daño muy grave..... MG

TOWNSEND & HEUBERGER

Método para estimar el porcentaje de defoliación causado por plagas defoliadoras.

$$PPD = \frac{\sum (n \times v) \times 100}{5 \times N}$$

Donde:

PPD = Porcentaje Ponderado de Defoliación

n = número de hojas de cada categoría

v = valor numérico de la categoría (índice de escala)

N= número total de hojas.

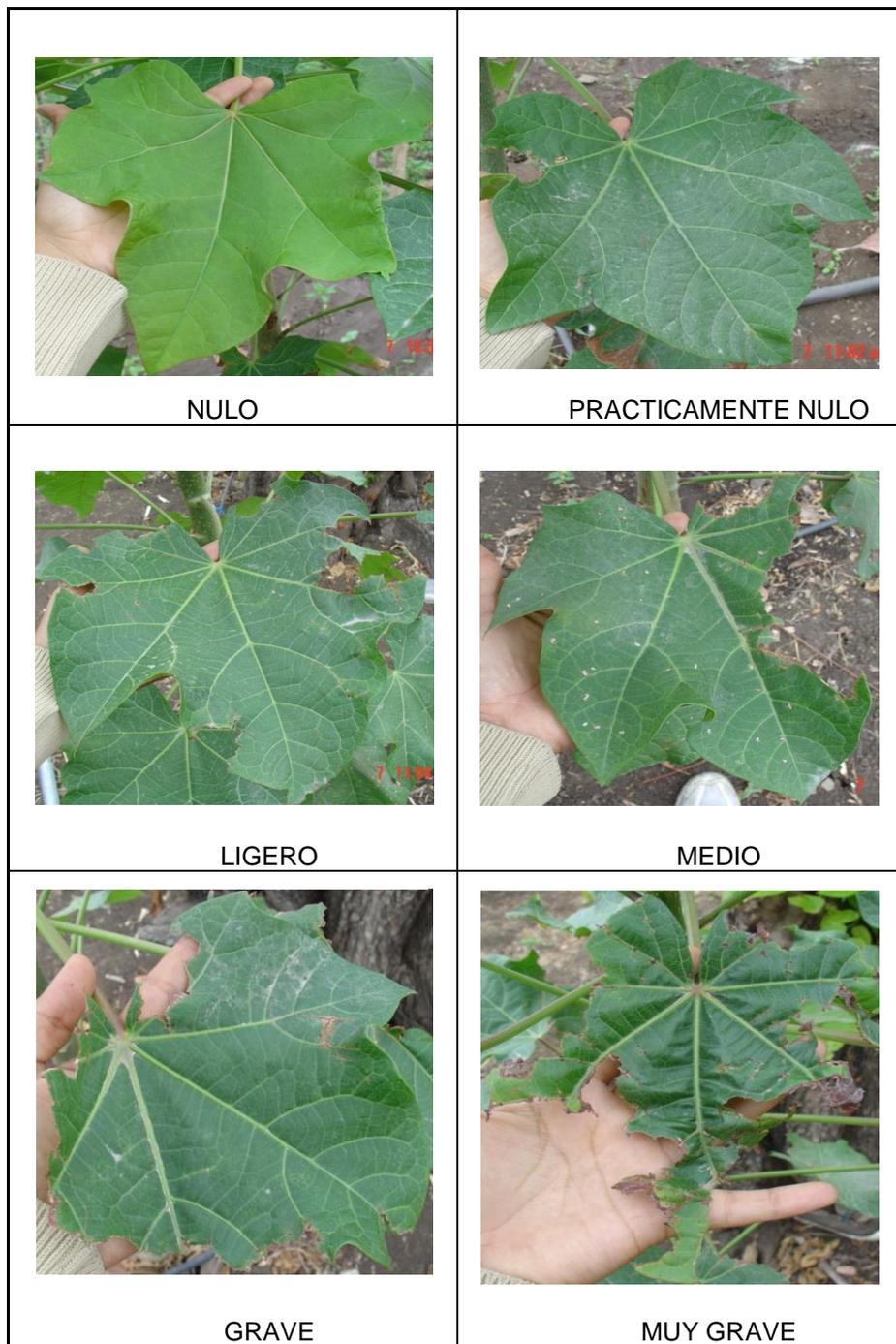


FIGURA 3.6. ESCALA DE CLASIFICACIÓN DE DEFOLIACIÓN

3.5. Situación de la teca.

El cultivo de teca en estudio tiene una densidad de siembra de 4m x 4m, con cuatro años de edad, sin embargo se pudo ver diferencias de algunos árboles de teca de una pequeña parte del área experimental influenciado por la topografía del terreno, ya que presenta una pendiente de 5% favoreciendo al grupo de árboles de teca que se encuentran en la parte baja, que tienen una altura y diámetro de copa un tanto mayor que el resto de árboles que se encuentran en el área de estudio.

Durante el tiempo del proyecto, que aún fue en parte del invierno, se vio la influencia de la sombra de la teca en el desarrollo de las plantas de piñón, provocando poco crecimiento y emitiendo muy pocas hojas, pero con el comienzo del verano y con la característica de la teca de ser caducifolia, la sombra fue disminuyendo gradualmente y aumentando el ingreso de la luz, favoreciendo a las plantas de piñón del bloque cuatro.

Se registraron datos de altura y diámetro de copa de los árboles de teca para determinar el efecto de la sombra sobre las plantas de piñón.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.1. Recolección de semillas.

Según los moradores de Manabí - Charapotó, la cosecha es a mediados del mes de Abril, pero si el piñón tiene suficiente agua puede fructificar antes de tiempo, dando frutos hasta dos veces al año o más, en 1942 se recolectaban semillas de piñón para venderlas a una fábrica que se dedicaba a la elaboración de jabón para ropa pero hoy en día, el piñón solo se lo puede ver como parte de cercas vivas y ha dejado de ser importante económicamente para las familias manabitas. En esta zona la mayoría de agricultores reproducen el piñón por estacas y comúnmente no tienen frutos ya que podan las plantas con frecuencia y no puede florecer. La recolección se hizo el 14 de noviembre del 2007, los arbustos tenían una altura de dos y tres metros con frutos la mayoría verdes unos cuantos amarillos y otros secos.

En Imbabura - Ambuquí, no es común ver plantas de *J. curcas*. como cercas vivas, sino como arbusto ornamental y en muy pocas cantidades. Se recolectó el 19 de enero del 2007, la floración fue en septiembre, en diciembre los frutos ya están formados pero verdes y la maduración necesita aproximadamente tres semanas, estando lista para la cosecha en enero.

En Loja - Catamayo, la recolección de frutos se hizo el 27 de enero del 2008, en una cerca viva de piñón a lo largo de la carretera Catamayo - Cariamanga, la mayoría de los frutos estaban maduros.

J. curcas. también se encontró en el cantón Calvas parroquia Cariamanga pero la mayor parte de los frutos se presentaban verdes, esto posiblemente puede ser influenciado por el clima, ya que este cantón presenta temperaturas bajas. En general en la provincia de Loja hay gran cantidad de piñón como parte de cercas vivas.

En Santa Elena, Sinchal-Barcelona, el piñón es bastante familiar para los moradores, quienes lo utilizan para cercar sus

propiedades. La recolección se hizo el 5 de febrero, los frutos en su mayoría estaban verdes y unos cuantos maduros.

4.1.1. Datos meteorológicos y época de cosecha de cuatro ecotipos de piñón.

Las cuatro localidades de las procedencias de los ecotipos presentan temperaturas y precipitación similares, pero no así la altitud que va desde 0 hasta 2200 m.s.n.m.

Los frutos de los ecotipos se recolectaron en localidades que presentan condiciones bioclimáticas similares, este factor puede ser el que influye en que la época de cosecha de los frutos sean en meses próximos.

La época de cosecha de los frutos es diferente a la fecha de recolección debido a que en zonas donde hay humedad la planta puede fructificar hasta dos veces al año.

TABLA 8.

**DATOS DE UBICACIÓN Y METEOROLÓGICOS DE LAS
PROCEDENCIAS DE ECOTIPOS.**

PROVINCIA	Manabí	Loja	Imbabura	Sta. Elena
Cantón	Sucre	Catamayo	Ibarra	Sta. Elena
Parroquia	Charapotó	La Toma	Ambuquí	Manglaralto
Comuna	San Ignacio	Catamayito	El Chota	Sinchal- Barcelona
Zona de Vida	m.e.T.	m.e.P.M.	m.e.P.M	m.d.T.
T (°C)	24 -26	18 – 24	18 – 24	24 -26
Precipitación (mm.)	250-500	250-500	250-500	125-250
Altitud (m)	0-300	1800-2200	1800-2000	0-300
Época-lluvia	Ene-Abr	Feb-Mar , Oct	Feb-Nov	Ene-Abr
Meses secos	May-Dic	9 meses	Dic-Ene	May-Dic
Floración	Ago	Oct	Oct	Nov
Fecha- Recolección	11/2007	01/2008	01/208	02/2008
Según, El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador, Luís Cañadas (6).				

**TABLA 9.
MESES DE COSECHA DE DIFERENTES PROVINCIAS
DEL PAÍS.**

Ecotipo	Mes-Cosecha
Sta. Elena, Sinchal-Barcelona	Febrero-Marzo
Manabí - Charapotó	Marzo-Abril
Loja-Catamayo	Enero
Imbabura-Ambuquí	Enero
Guayas-Guayaquil	Marzo
Loja-Cariamanga	Marzo

4.1.2. Medidas y peso de semillas.

El peso más alto de cien semillas lo registró Santa Elena, seguido por Manabí, luego Loja y por último Imbabura. Como información adicional se determinó el peso y medidas de semillas del ecotipo Loja - Cariamanga.

TABLA 10.
MEDIDAS Y PESO DE SEMILLAS DE PIÑÓN POR ECOTIPO.

Ecotipo	Medidas(cm)		Peso (g)
	Largo	Ancho	100 semillas
Sta. Elena - Sinchal-Barcelona.	2	1,2	86,51
Manabí - Charapotó	1,9	1,1	74,68
Imbabura-Ambuquí	1,7	1,1	52,73
Loja-Catamayo	1,6	1	58,22
Loja-Cariamanga	1,6	1	53.68

4.2. Germinación de ecotipos

La germinación es epigea y comienza al sexto día después de la siembra, se toma hasta quince días para la germinación total, en general la germinación de las procedencias fue exitosa.

En las semillas del ecotipo de Santa Elena se dio el caso de apomixis, ya que de una misma semilla se originaron muchos embriones (semillas poliembriónicas) y como resultado se obtuvieron dos, tres y hasta cuatro plántulas poco vigorosas, cada

una con sus respectivos cotiledones, de este evento se presentaron 8 casos, (Anexo H).

TABLA 11.
PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE ECOTIPOS

Ecotipo	% Germinación
Sta. Elena	95
Imbabura	80
Manabí	97,5
Loja	90

El general el porcentaje de germinación para todos los ecotipos fue bastante bueno.

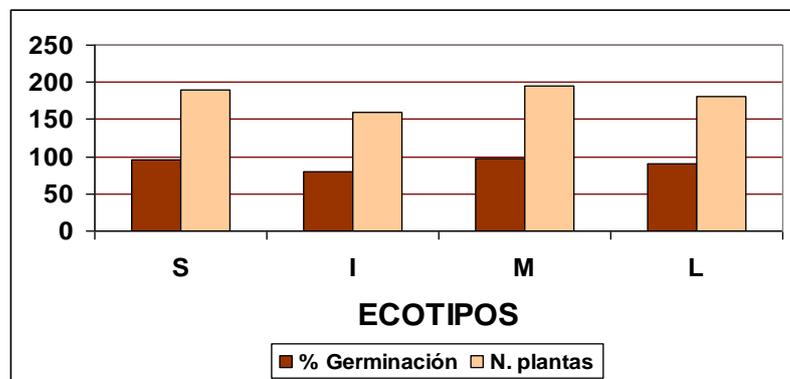


FIGURA 4.1. GERMINACIÓN DE ECOTIPOS

El porcentaje de germinación más alto fue del ecotipo de Manabí, mientras que el más bajo porcentaje de germinación es de Imbabura.

4.2.1. Datos de altura y número de hojas en fase de vivero.

Se tomaron datos de altura y número de hojas para conocer el incremento de estas variables, los resultados se presentan en la siguiente tabla.

TABLA 12.

PROMEDIO DE ALTURA Y NÚMERO DE HOJAS EN VIVERO

Ecotipo	Alt.(cm) 16 días	Alt.(cm) 31 días	N. hojas 31 días
Sta. Elena	12,2	19,13	3
Imbabura	13,9	15,12	3
Manabí	14	21,32	3
Loja	13,1	17,38	3

4.2.2. Porcentaje de prendimiento de plántulas en transplante a campo.

En general todos los ecotipos tuvieron un excelente porcentaje de prendimiento, el cual se registró a los diez días después del transplante. Comúnmente *J. curcas* no tiene problemas en el transplante ya que es una planta fuerte que resiste condiciones adversas.

TABLA 13.

PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO EN CAMPO

POR ECOTIPO.

Ecotipo	% de prendimiento
Sta. Elena	100
Imbabura	100
Manabí	100
Loja	100

4.3. Análisis de suelo.

Es de importancia saber las características físico-químicas del suelo, en que se desenvuelve el piñón, para conocer la influencia que este puede tener en el desarrollo y cosechas de *J. curcas* en un futuro.

Se hizo un análisis de suelo básico, para conocer la textura, pH, cantidad de N, P, K, Ca y Mg que posee el suelo y así comenzar con una información base para el cultivo. Se tomaron cinco muestras representativas de suelo en el área experimental con ayuda de un barreno a una profundidad de diez centímetros y se obtuvieron los siguientes resultados, (Anexos I).

TABLA 14.

RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS.

N	18 ppm
---	--------

P	28 ppm
K	0,8 meq/100ml
Ca.	22 meq/100ml

BLOQUES	Prom. Alt (m.)	Prom. Diam. Copa (m.)
Mg.	9 meq/100ml	
pH.	6,9	
Clase textural	Franco- Arcilloso	

Laboratorio INIAP – Boliche

4.4. Influencia de la sombra de *T. grandis* en cultivo de piñón.

El cuatro bloque del ensayo se vio afectado por la sombra de la teca, influyendo negativamente en el crecimiento del piñón ya que en todos los meses se reportó una altura, diámetro y número de hojas inferior a la de los otros bloques. Desde el primer mes después del trasplante a campo los datos de variables del cuarto bloque fueron inferiores al del resto de bloques, esto para los ecotipos de Manabí, Imbabura y Loja, menos para el ecotipo de la Sta. Elena que en todos los meses reportó datos de altura similares, en los cuatro bloques, pero un poco inferior en datos de diámetro de tallo y número de hojas, en general fue el mejor ecotipo que se comportó bajo sombra. Los resultados de los ecotipos para las tres variables son menores en el bloque cuatro.

TABLA 15.

PROMEDIO DE ALTURA Y DIÁMETRO DE COPA DE TECA

Bloque 1	3,4	1
Bloque 2	4,3	1,3
Bloque 3	4,6	1,2
Bloque 4	8	2,3

TABLA 16.
PROMEDIO DE VARIABLES DE PIÑÓN AL CUARTO MES
EN CAMPO

STA. ELENA	Altura(cm.)	Diámetro(cm.)	# hojas
BLOQUE 1	54,5	3,32	17
BLOQUE 2	65,2	3,81	22
BLOQUE 3	59,3	3,30	18
BLOQUE 4	55,4	2,85	15
MANABI			
BLOQUE 1	96,4	4,29	23
BLOQUE 2	74,4	4,08	15
BLOQUE 3	68,7	3,64	16
BLOQUE 4	39,8	2,05	9
IMBABURA			
BLOQUE 1	49,5	3,83	19
BLOQUE 2	60,6	3,78	17
BLOQUE 3	60,6	3,53	18
BLOQUE 4	39,5	2,74	11
LOJA			
BLOQUE 1	73,2	4,04	25
BLOQUE 2	65,8	3,63	16
BLOQUE 3	85,1	3,95	21
BLOQUE 4	33,5	2,23	7

4.5. Desarrollo de las plantas en campo, caracterización morfológica.

El desarrollo de los ecotipos para las tres variables tuvo un incremento normal durante los cuatro meses.

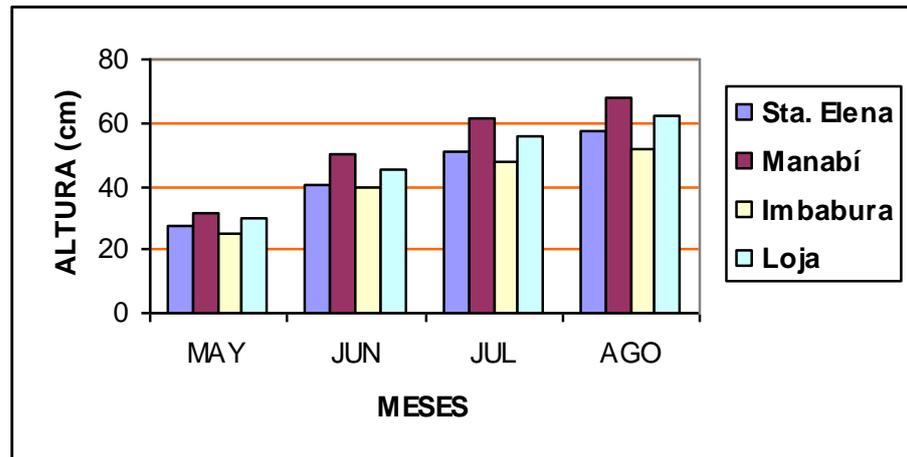


FIGURA 4.2. INCREMENTO MENSUAL DE ALTURA

El ecotipo de Manabí tiene una altura superior a los demás ecotipos en todos los meses, seguido del ecotipo de Loja, mientras que los ecotipos de Sta. Elena e Imbabura en el mes de mayo son casi iguales y en los siguientes meses el ecotipo de Sta. Elena supera al de Imbabura.

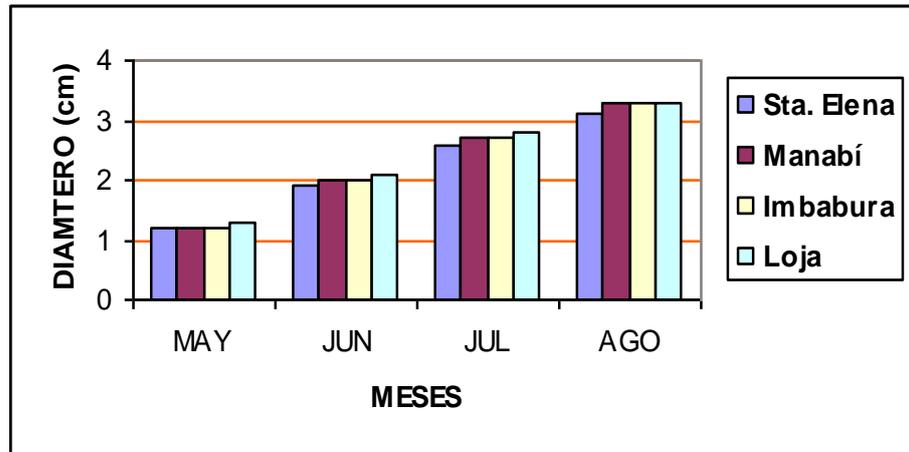


FIGURA 4.3. INCREMENTO MENSUAL DE DIÁMETRO

Los valores de la variable diámetro de tallo de los diferentes ecotipos son similares en el primer mes, sin embargo el ecotipo de Sta. Elena se ve un tanto menor en los siguientes meses con respecto a los demás ecotipos. El ecotipo Loja se presentó como superior en los tres primeros meses.

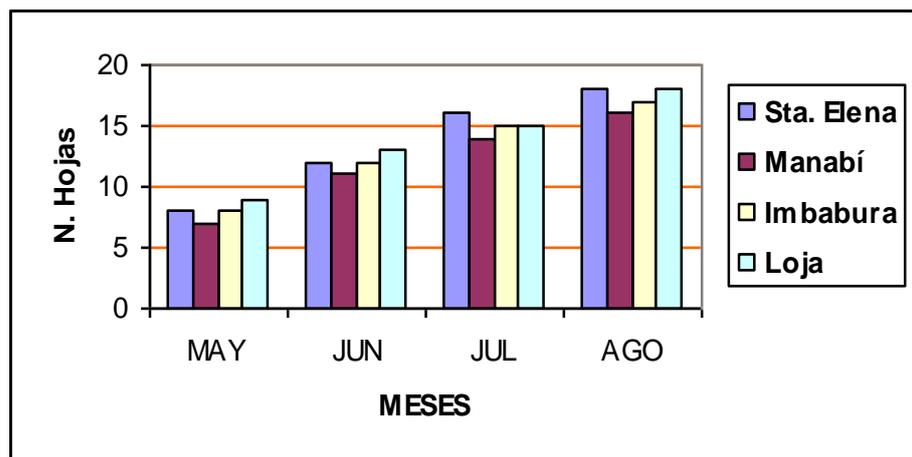


FIGURA 4.4. INCREMENTO MENSUAL DE NÚMERO DE HOJAS.

El resultado de la variable número de hojas del ecotipo de Manabí es menor en todos los meses. El ecotipo Loja y Santa Elena son los más representativos para esta variable.

Las hojas del ecotipo de Manabí presentan un tamaño más grande y un color verde claro, también son más frágiles y aparentemente más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Las hojas de los ecotipos de Imbabura, Loja y Santa Elena son similares, de color verde oscuro y más pequeñas que las de Manabí.

Un punto favorable para el ecotipo de Loja, Independientemente de las variables evaluadas, es el comienzo de floración de dos plantas a los cinco meses y medio de edad.



FIGURA 4.5. FLORACIÓN A LOS 171 DIAS – ECOTIPO LOJA

4.6. Entomofauna.

Se hizo un registro preliminar de la entomofauna que se presentó durante el desarrollo del cultivo de *J. curcas*. En la fase de vivero no se presentaron problemas relevantes de plagas, solo hubo presencia de hormigas arrieras, *Atta sp.*, las cuales cortan la base de los tallos de las plántulas, como prevención se utilizó Atamix para evitar el ataque de hormigas, solo dos plántulas fueron afectadas; no se presentaron enfermedades en esta fase.



FIGURA 4.6. HORMIGA ARRIERA

En fase de campo se encontraron diferentes insectos que afectaron el crecimiento de las plantas.

El saltamonte de la División, Exopterygota; Orden, Orthoptera; y Familia, Tettigonidae, de color verde, con aparato bucal masticador, come rápidamente los brotes tiernos y hojas jóvenes

de las plantas, causando un efecto negativo en el desarrollo de las mismas, y así reduciendo el porcentaje de fotosíntesis. En las hojas dejan pequeños cortes transversales a lo largo de las nervaduras, para que vuelva a salir un nuevo brote, la planta necesita un promedio de tres semanas o más. Los saltamontes se hicieron presentes poco después de finalizar el invierno, causando daños significativos en las plantas.



FIGURA 4.7. SALTAMONTE DAÑINO

La Mariquita de División, Endopterygota; Orden, Coleoptera; Familia, Chrysomelidae y Género; Neolema spp, es otro insecto que causa daño con su aparato bucal masticador afecta a las flores, defolia las hojas jóvenes, pero en menor intensidad que el saltamonte, grandes poblaciones de mariquitas pueden ser un peligro para el normal desarrollo del cultivo. Al igual que los saltamontes se presentaron terminado el invierno.



FIGURA 4.8. MARIQUITA DEFOLIADORA

Los loritos verdes de la División, Exopterygota; Orden, Homóptera; Familia, Cicadellidae; Género, Empoasca spp, comúnmente se encuentran en pequeños grupos en el haz de las hojas, no causaron daños de importancia durante el tiempo de estudio.



FIGURA 4.9. LORITOS VERDES

El chinche de la .División, Exopterygota; Orden, Hemíptera; Familia, Reduviidae; Género, Zelus spp, generalmente se encontraban en el haz de las hojas, no se reportaron daños en las plantas de piñón y comúnmente se los reconoce como depredadores (26).



FIGURA 4.10. CHINCHE

La presencia de ácaros comenzó cuando estuvo bien establecida la época seca, se encontraron en el envés de las hojas jóvenes, los cuales raspan o succionan alimento de las hojas, produciendo un acolchamiento, afectando a la fotosíntesis, los adultos de ácaros por lo general se encuentran cerca de las nervaduras. Con el acolchamiento también se pudo ver el envejecimiento prematuro de las hojas recién emitidas, dándoles un color naranja o rojo amarillento, que muy pronto se caen.



FIGURA 4.11. SÍNTOMAS DE ACAROS

Estuvieron presentes de manera muy esporádica piojos arinosos en los bordes del envés de las hojas, también se encontraron escamas, en el haz y envés de las hojas, tallo y vainas foliares, succionando la savia, produciendo decoloración en las hojas, tornándolas amarillas. Adicionalmente enemigos naturales de loritos verdes fueron chinches y arañas. También se encontraron abejas y avispas.



FIGURA 4.12. ARAÑA, ENEMIGO NATURAL DE CHINCHE

El cultivo de *J. curcas* presentó una entomofauna variada, la cual se clasificó taxonómicamente, (Anexo J).

4.6.1. Porcentaje Ponderado de Defoliación por ecotipo.

Los resultados de PPD para Loja es el menor a pesar de que tiene un número considerable de hojas, los resultados de Imbabura y Manabí son similares, mientras que Santa Elena registró el porcentaje más alto PPD y así también el

mayor número de hojas. En conclusión el ecotipo de Loja es el menos afectado posiblemente tiene un mayor grado de toxicidad en sus hojas y que no es tan deseable para insectos defoliadores.

TABLA 17.
RESULTADOS DE PPD

Ecotipo	PPD (%)	# total de hojas en la evaluación
Loja	7	1040
Imbabura	8,2	953
Manabí	8,5	995
Sta. Elena	9,5	1212

4.7. Enfermedades.

Las plantas de piñón, a partir de los tres meses y medio después del trasplante presentaron síntomas y signos de enfermedades, que fueron catalogadas como *Oidium sp.* y *Cercospora sp.* Se recogieron muestras que fueron llevadas al Laboratorio de Fitopatología del INIAP, donde se confirmó a los hongos como agentes causales (ANEXO P), identificándose como *Oidium sp.* y *Cercospora sp.*, después de revisar en información técnica respectiva. Cabe indicar que estos resultados solo muestran una identificación preliminar, de las agentes causales, ya que no se hicieron estudios de patogenicidad.

La presencia de *Oidium sp.* se caracterizó por la aparición de un polvillo blanquecino, mayormente en el tercio superior de las plantas, principalmente en las hojas, en pecíolos y en el tallo se presentó con lesiones de color café. Esta enfermedad estuvo presente en un 8% de la población total de plantas de piñón.



FIGURA 4.13. *Oidium sp.*

Cercospora sp. afectó principalmente al follaje, se presentó con manchas de color café, de forma semicircular que generalmente comienzan por los bordes, hacia adentro y manchas pequeñas tipo mosaico, las hojas más afectadas se tornan amarillas y se secan. Esta enfermedad estuvo presente en un 18% de la población total de plantas de piñón.



FIGURA 4.14. *Cercospora sp.*

4.8. Resultados de pruebas estadísticas.

Se trabajó con el área bajo la curva porque los datos de las variables fueron obtenidos en el tiempo, y se realizó una transformación a logaritmo natural (ln) para reducir la varianza de las variables.

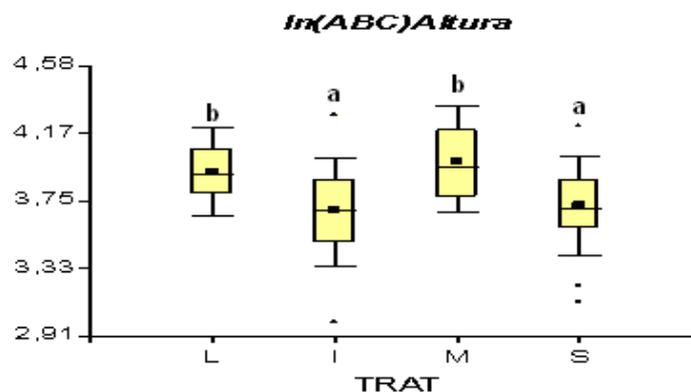
Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro – Wilks, donde los valores p para cada una de las variables, fueron mayores que el nivel de significancia de 0.05, también se calculó las medidas de resumen, (Anexo K).

Debido a que el valor p de las pruebas de homogeneidad de varianzas para las tres variables fue menor que 0.05, se hizo la prueba Kruskal-Wallis para las tres variables, la cual permite realizar un análisis de varianza no paramétrica y comparar distribuciones de 2 o más tratamientos, (Anexo O).

Según los resultados existen diferencias estadísticas entre tratamientos para las tres variables:

1. Altura.

En los resultados para esta variable el tratamiento o ecotipo M (Manabí) es estadísticamente igual al tratamiento L (Loja). El tratamiento S (Santa Elena) es estadísticamente igual al tratamiento I (Imbabura), pero diferente a los tratamientos M y L.



Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas al 5%

FIGURA 4.15. GRÁFICO DE CAJAS PARA LA VARIABLE ALTURA, POR TRATAMIENTO

Según los resultados de la prueba de Kruskal Wallis el valor de p es 0,0001, menor que 0.05 de significancia, lo que indica que la distribución de los datos por tratamientos son diferentes, rechazando la hipótesis nula que indica que todos los tratamientos son iguales bajo las condiciones agroecológicas del área experimental, (Anexo L).

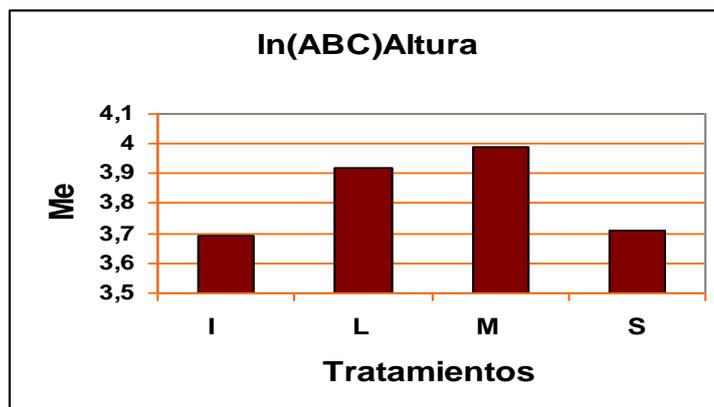
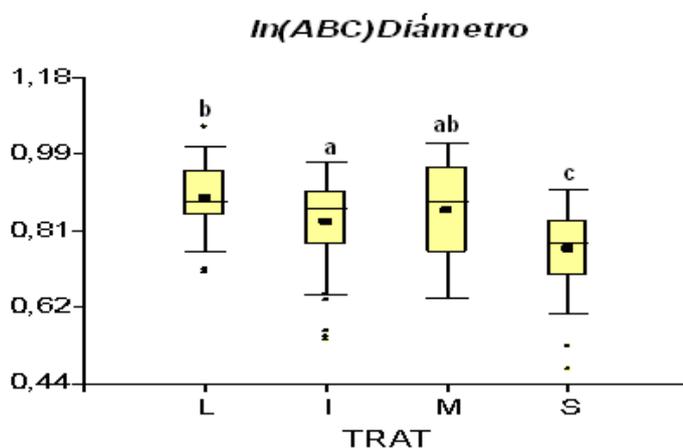


FIGURA 4.16. ILUSTRACIÓN DE LA VARIABLE ALTURA POR TRATAMIENTO

2. Diámetro.

Para la variable diámetro, el tratamiento M y L son estadísticamente iguales, el tratamiento I es igual al tratamiento M, mientras que el tratamiento S es diferente al resto de los tratamientos.



Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas al 5%

FIGURA 4.17. GRÁFICO DE CAJAS PARA LA VARIABLE DIÁMETRO, POR TRATAMIENTO

Para la variable diámetro el valor de p es 0,0001, lo que indica que la distribución de los datos por tratamientos son diferentes, rechazando la hipótesis nula que dice que todos los tratamientos son iguales, (Anexo M).

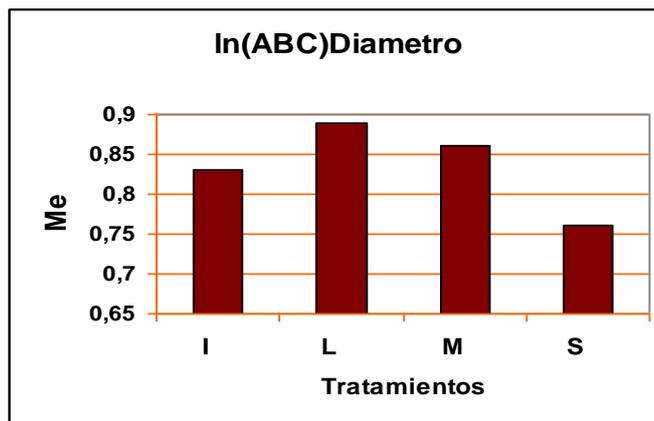
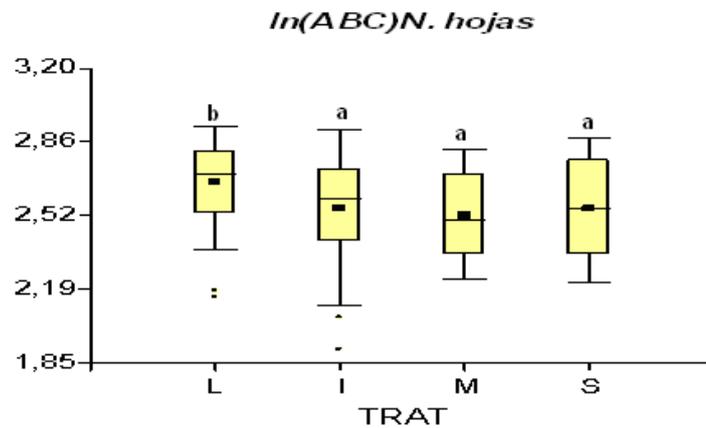


FIGURA 4.18. ILUSTRACIÓN DE LA VARIABLE DIÁMETRO POR TRATAMIENTO

3. Número de hojas.

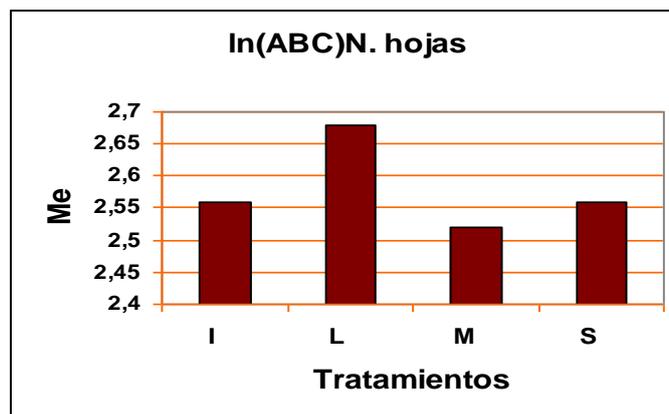
El tratamiento L es significativamente distinto a los tratamientos S, I y M. El tratamiento M es estadísticamente igual a los tratamientos I y S.



Letras distintas muestran diferencias estadísticas significativas al 5%

**FIGURA 4.19. GRÁFICO DE CAJAS PARA LA VARIABLE
NÚMERO DE HOJAS, POR TRATAMIENTO**

Para la variable diámetro el valor de p es 0,0079, lo que indica que la distribución de los datos por tratamientos son diferentes, rechazando la hipótesis nula, (Anexo N).



**FIGURA 4.20. ILUSTRACIÓN DE LA VARIABLE N. HOJAS POR
TRATAMIENTO**

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones.

1. Se encontraron diferencias estadísticas para las variables de altura, diámetro y número de hojas, para los tratamientos estudiados.
2. Para la variable altura el ecotipo M es significativamente igual al ecotipo L, y el ecotipo S es igual al ecotipo I.
3. Para la variable diámetro, el ecotipo L es estadísticamente igual al ecotipo M. Los ecotipos I y S son diferentes e inferiores a los ecotipos L y M.

4. Para la variable número de hojas el ecotipo L, es diferente estadísticamente de los ecotipos I, S y M, mientras que estos tres últimos son estadísticamente iguales.

5. Al analizar las variables morfométricas, el mejor ecotipo es el L, debido a que en el análisis estadístico se obtuvo muy buenos resultados para las tres variables, añadiendo a esto, fue el primer tratamiento que presentó floración a los cinco meses y medio.

6. El porcentaje de germinación de los ecotipos fue superior al 80% y el porcentaje de prendimiento fue del 100% para todos los ecotipos.

7. La sombra de la teca influyó negativamente en el piñón afectando el normal desarrollo de las plantas, esto se evidencia por los resultados del cuarto bloque.

8. Los insectos que más daño causan al cultivo son las mariquitas y saltamontes.

5.2. Recomendaciones.

1. Tener listas las plantas en fase vivero antes que el invierno comience para aprovechar el agua de lluvia en el transplante a campo.
2. Evitar hacer el vivero en invierno dejando las plantas a campo abierto y con agua de lluvia, ya que reduce el porcentaje de germinación.
3. El transplante a campo es recomendable hacerlo a los dos meses después de la siembra ya que las plantas de piñón crecen rápidamente.
4. Si se hace el vivero en invierno, realizarlo bajo sombra solo hasta que se complete la germinación y luego suprimirla para que las plantas puedan desarrollar de igual manera el área foliar así como el sistema radicular y así alcanzar el vigor necesario para el momento de trasplante.
5. Estar atento al ataque de plagas, para hacer la respectiva aplicación de insecticidas, especialmente en la etapa de la floración ya que reduce la producción de frutos.

6. El piñón es una buena opción para reforestación en zonas con bajas precipitaciones, causando un impacto positivo en el campo ambiental, agrícola y económico ya que se puede aprovechar cada una de sus partes vegetativas.

7. Sería preferible asociar el piñón con cultivos que no le den mucha sombra.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. da Camara Machado, et al, Institute of Applied Microbiology, University of Agricultural Sciences, Viena Austria.
2. Arnulfo, Arroyave. Ingeniero Agrónomo. Investigador del proyecto nematocidas a base de *Jatropha curcas*, 2008 Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Guayas.
3. Avila, J. Goulart de. Breves instruções para a cultura da purgueira. Colonia de Cabo Verde. Repartição Técnica dos Serviços Agrícolas, Florestais e Pecuários. Imprensa Nacional de Cabo Verde, Praia, 1949.
4. Bene; J.G.; et al.. Trees, food and people; land management in the tropics, 1977. Ottawa, Canada.

5. BioDieselSpain, Primera Conferencia sobre *Jatropha curcas*. Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en <http://biodieselspain.com/foro/viewtopic.php?p=1506>
6. Cañadas Cruz Luís, El Mapa Bioclimatico y Ecológico del Ecuador, 1983. MAG – PRONAREG, Quito – Ecuador
7. CATIE / ROCAP Teca *Tectona grandis* L.f. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Eladio Chávez, William Fonseca, Serie Técnica, 1991. Informe Técnico N 170. Costa Rica. N
8. Dehgan, B.. Phylogenetic significance of interspecific hybridization in *Jatropha* (Euphorbiaceae), 1984. Syst. Bot. 9(4):467-478
9. ERGAL Energía renovable para Galápagos. Sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles en la generación de energía eléctrica en la Isla Floreana. Estudio de factibilidad. Quito, Abril 2008
10. Flinta. M.C. Prácticas de plantación forestal en América Latina. 1960. FAO. Montes no. 13, FAO. Cuadernos de formato forestal no. 15. 499 p

11. Garcia, R.P. and P. Lawas. Note: Potential plant extracts for the control of *Azolla* fungal pathogens, 1990. Philipp. Agric. 73(3/4):343-348
12. Grainge, M. and S. Ahmed.. Handbook of Plants with Pest-control Properties, 1988. John Wiley & Sons, New York
13. Gustav Rubió, Los Biocombustibles: situación actual, análisis y perspectivas de la producción en MERCOSUR y del comercio con la UE, 2005. Estudio realizado durante una estadía profesional en la FAO. (En línea).Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en www.fao.org/sd/dim_en2/bioenergy/docs/working1_es.doc
14. Heller, J. Untersuchungen über genotypische Eigenschaften und Vermehrungsund Anbauverfahren bei der Purgiernuß (*Jatropha curcas* L.) [Studies on genotypic characteristics and propagation and cultivation methods for physic nuts (*Jatropha curcas* L.)]. 1992, Dr. Kovac, Hamburg

15. Heller, J. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute. 1996, Rome. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en www.ipgri.cgiar.org/Publications/pdf/161.pdf
16. Infoplan Programa, 2001
17. (INAMHI), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Estudios climatológicos, Características generales del clima en el Ecuador. Consultado el 24 de Julio del 2008. Disponible en: www.inamhi.gov.ec/
18. Instituto Geográfico Militar. Mapa Físico de la República del Ecuador, 2008
19. *Jatropha* inter - cropping technology (En línea). Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en www.jatrophaworld.org

20. Jorge Alejandro De la Vega Lozano, s/f *Jatropha curcas*, Agroenergía y Agro-proyectos, México. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en <http://j.delavegal.googlepages.com/agroenergy>
21. Kiefer, J. Die PurgiernuB (*Jatropha curcas* L.) - Ernteprodukt, Verwendungsalternativen, Wirtschaftliche Überlegungen. Diploma thesis University Hohenheim, Stuttgart, 1986
22. López D. Cultivo in vitro de *Jatropha curcas*, L. (Euphorbiaceae). Resultados preliminares y estrategias futuras. Consultado el 5 de Enero del 2009. Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar21/HTML/articulo03.htm>
23. Matthaus Hoffmann. Biocombustibles y el desarrollo comunitario y agrícola: experiencias de la región, Servicio Alemán de cooperación social y técnica, presentación, 2007. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en www.ceda.org.ec/descargas/ForoBio/MESA%20REDONDA/Matthaus%20Hofmann.pdf

24. Mejia F. Cultivo de *Jatropha curcas* s y construcción de una planta de biodiesel en San Esteban, Olanchito, Honduras, Inversiones San Martín, 2006. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=Federico+Mejia.%2C+Cultivo+de+jatropha+curcas+s+y+construcci%C3%B3n+de+una+planta+de+biodiesel+en+San+Esteban&btnG=Buscar&meta=>
25. Mendoza H. INIAP. Desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento del piñon (*Jatropha curcas*) como fuente de biocombustibles en tierras marginales secas del litoral ecuatoriano, 2008. Taller de intercambio de experiencias Ecuador – Mali sobre manejo de piñon como biocombustible, Manta- Ecuador
26. Mendoza J. CINCAE. Guía para el reconocimiento y manejo de insectos plagas y roedores de la caña de azúcar, en el Ecuador, 2004. Publicación técnica No. 2, El Triunfo Ecuador
27. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Política de biocombustibles en el Ecuador, 2008. Taller de intercambio de experiencias Ecuador – Mali sobre manejo de piñon como biocombustible, precalde@meer.gov.ec

28. Ministerio de Turismo Ecuador. (En línea). Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en www.visitaecuador.com/mapas.php?codigo=11&opcion=provinciales
29. Ministerio de Turismo Ecuador. (En línea). Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en www.viajandox.com/manabi.htm
30. Ministerio de Turismo Ecuador. (En línea). Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en www.visitaecuador.com/mapas.php?opcion=provinciales&codigo=12
31. Moore, D. vs.. The formation of teak (*Tectona grandis*) plantations by group planting systems, 1996. In World Forestry Congress, Madrid, España. Proceedings.s.n.t.. p. 2530-2534
32. Municipio de Santa Elena. (En línea). Consultado el 30 de Abril del 2008. Disponible en www.municipiosantaelena.gov.ec/WebPages/phh/SantaParroquia1.php

33. OCTAGON S.A. Biocombustibles, *Jatropha curcas* su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética, 2006. (En línea). Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=OCTAGON+S.A.+Biocombustibles&btnG=Buscar+con+Google&meta=>
34. OCTAGON S.A. Biocombustibles Guatemala, Creación de vivero para la producción de plantas de *Jatropha curcas* L. a nivel regional, 2007. Consultado el 20 de Julio del 2008. Disponible en <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=OCTAGON+S.A.+Biocombustibles&btnG=Buscar+comb+Google&meta=>
35. OFI-CATIE. s/f. *Jatropha curcas*. (En línea). Consultado el 30 de Mayo del 2008. Disponible en www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/jatropha_curcas.htm
36. Proaño O. Presentación Power Point: Análisis del aceite de piñon para la elaboración de biodiesel, 2008. Departamento de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional

37. Proaño O. Presentación Power Point: Propiedades y Procesamiento de Piñon para Biocombustibles, 2008. Departamento de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional
38. Togola Ibrahim. Malifolkecenter. Biocombustibles en el África: aceite vegetal puro y biodiesel - perspectivas y desafíos. Biofuel
39. Universidad Agraria del Ecuador, Evaluación de Sistemas de Riego, Proyecto IG – CV – 087, “Estudio de Métodos de Manejo y Control del Riego en los Principales Cultivos de la Península de Santa Elena, Provincia del Guayas, Ecuador”, 2004. Publicación técnica R-D3
40. Universidad Agraria del Ecuador, Uso de los fertilizantes orgánicos para evitar la salinidad, Proyecto PL – 480, “Gestión del riego y la salinidad en los cultivos de la Península de Santa Elena y la cuenca baja del Río Guayas”, 2006. Publicación técnica RD-9
41. Valverde B. Flor de Maria, Plantas Útiles del Litoral Ecuatoriano. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. 1998
42. Wink, M.. Forschungsbericht zum Projekt “Nutzung pflanzlicher Öle als Kraftstoffe. Consultant’s report prepared for GTZ, Germany, 1993

ANEXOS

ANEXO A

PARTES IMPORTANTES DE PIÑÓN (25)

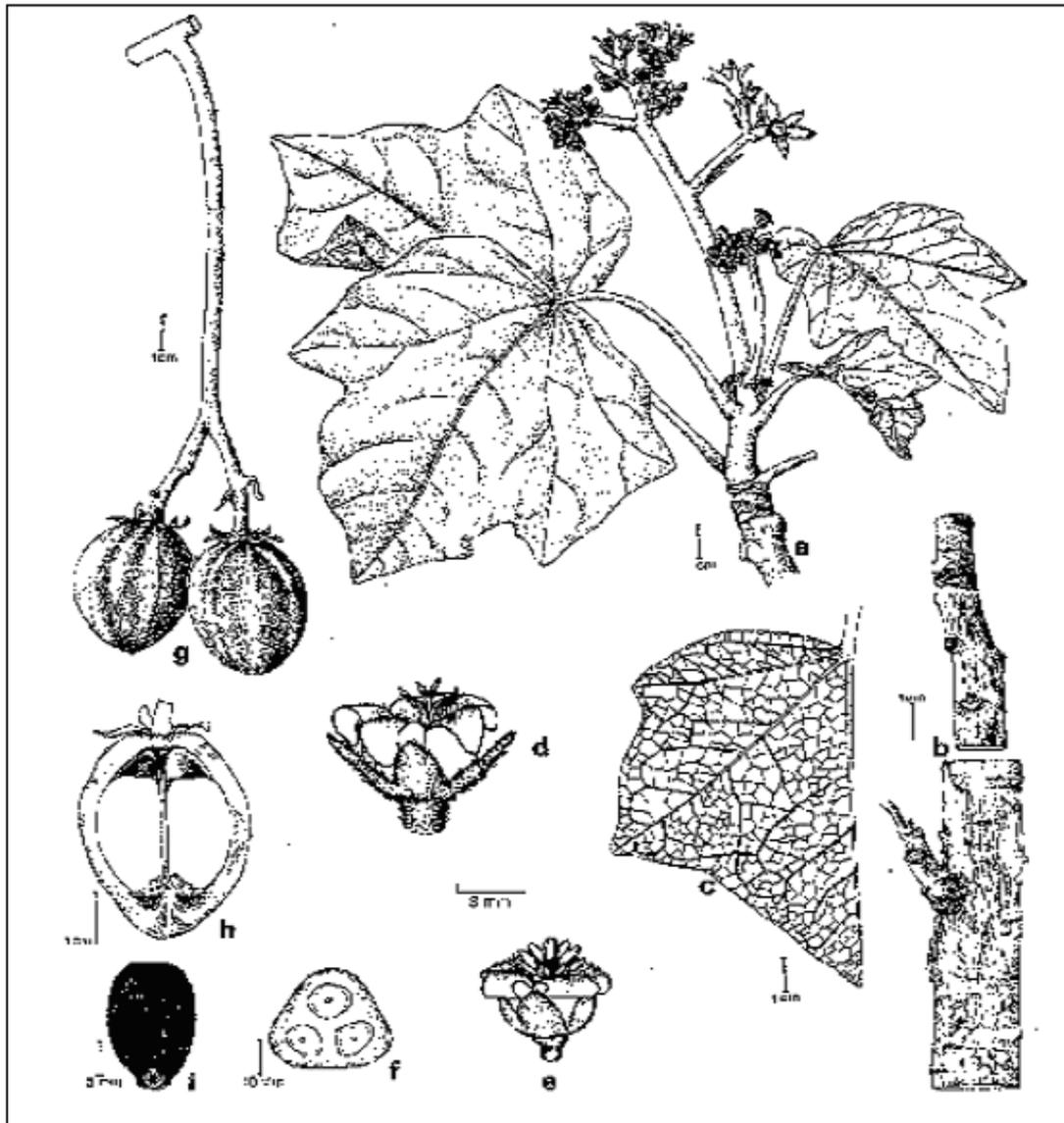


Fig. 2. Important parts of the physalis nut: a - flowering branch, b - bark, c - leaf venature, d - pistillate flower, e - staminate flower, f - cross-cut of immature fruit, g - fruits, h - longitudinal cut of fruits; a - c and f h from Aponte 1978; d and e from Dehgan 1984 (reprinted with permission).

ANEXO B

DIFERENTES ORÍGENES DE PIÑÓN Y CLIMA.

ORIGEN	Altitud.	T(°C) media	Precipitación media anual
Cape Verde, Fogo	150-1600	19-25	200-1000
Senegal, Santhie Ram	15	28	700
Ghana, Nyankpala	183	27,8	1080
Benin, Cotonou	7	25,3	1330
Burkina Faso, Kongoussi	300	?	520
Kenya, Kitui	1020	28	790
Tanzania, Mombo	430	> 20	670
Burma, Sink Gaing, Mandalay	80	27	825
India, Kangra	580	?	?
India, Kangra	434	11 - 38	?
India, Poona	556	24,6	672
Costa Rica, Rio Grande	10	27,5	2000
México, Veracruz	16	24,8	1623

Fuente: Heller J (4).

ANEXO C

COMPARACIÓN ENTRE ACEITE VEGETAL PURO Y BIODIESEL, DE PIÑÓN

Aceite vegetal puro	Biodiesel
El motor se adapta al combustible	El combustible se adapta al motor
Descentralizado – escala mediana, cooperativas o empresas privadas	Centralizada – corporaciones que están en muchos casos conectadas con intereses multinacionales
Localizados cerca de la producción agrícola	Localizados cerca de puntos de tráfico y comercio
Directa o indirectamente conectados con la producción agrícola	Separados de la producción agrícola (intermediarios)
Capacidad menos de 25 toneladas/día	Capacidad mayor de 500 toneladas/día
El aceite se produce exclusivamente mediante prensado y filtrado	Proceso industrial en el que el prensado y filtrado son seguidos por refinación y esterificación
Producción de aceite y torta (bagazo)	Producción de aceite vegetal refinado y semi refinado, extracción de aceite de la torta
Mayor valor de la torta como abono (12-17% de contenido de aceite)	Menor valor de la torta como abono (contenido de aceite de la torta después de la extracción de aceite menos del 1%)
Menor costos de inversión	Mayores costos de inversión
No se usan solventes químicos o preparación de la semilla con calor	Extracción con solventes y preparación con calor

Aceite vegetal puro	Biodiesel
No hay desperdicios de agua	Desperdicios de agua del procesamiento (aproximadamente 10 litros de agua por 1 litro de aceite)
Pocos gastos logísticos y de seguridad	Altos gastos logísticos y de seguridad
Pocas distancias de transporte local (típicamente 50 km)	Grandes distancias e transporte, a veces internacional, hacia y desde plantas centrales
Mayor flexibilidad	Mayores costos de inversión
Fortalecimiento de la economía local e independencia en las áreas rurales	No fortalecimiento de la economía local rural, únicamente venta de materia prima
Poco consumo de energía (80 kWh/tonelada de semilla) (en promedio 6 veces menor que para el biodiesel)	Alto consumo de energía (470 kWh/tonelada de semilla)

Fuente: Togola I (15).

ANEXO D

POTENCIA DEL ENSAYO

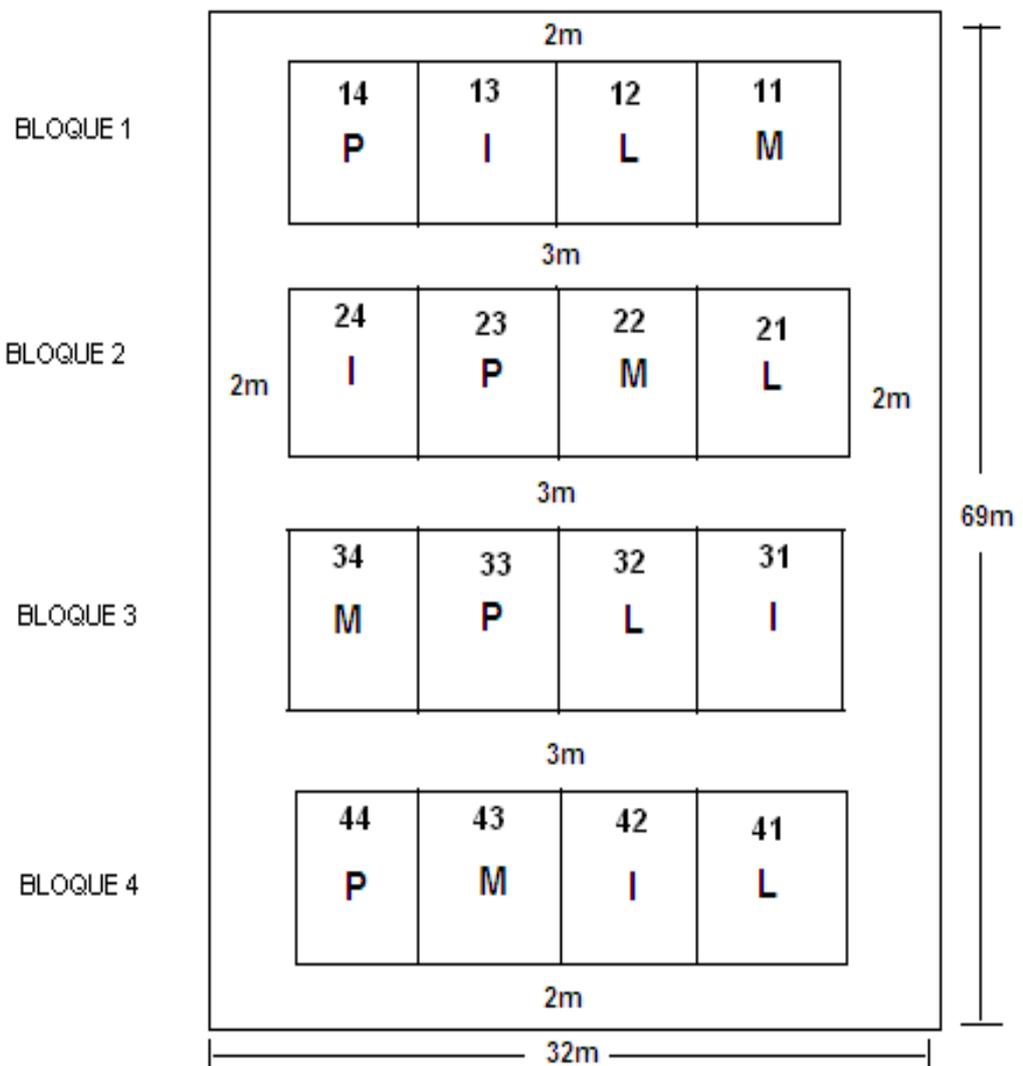
Número de Tratamientos	4
Varianza común dentro de Tratamientos	0.34
Nivel de Significación	0,05
Mínima diferencia que se quiere detectar	2
Repeticiones por Tratamientos (n)	4
Potencia Alcanzada	0,95022

ANEXO E

CROQUIS DEL ÁREA EXPERIMENTAL Y

DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS AL AZAR, EN

BLOQUES.



ANEXO F

APERTURA DE HOYOS



ANEXO G

ECOTIPOS IDENTIFICADOS CON ETIQUETAS DE COLORES.



ANEXO H

CASO DE APOMIXIS, ECOTIPO DE SANTA ELENA



ANEXO I

MUESTRAS PARA ANÁLISIS DE SUELO



ANEXO J

ENTOMOFAUNA ENCONTRADA EN EL CULTIVO DE PIÑÓN.

Fase vivero	Orden	Familia	Género	Zona afectada
Hormigas	Himenóptera	Formicidae	<i>Atta sp.</i>	base del tallo
Fase campo				
Saltamontes	Orthoptera	Tettigonidae	s/i	hojas, zona apical
Mariquitas dañinas	Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Neolema sp.</i>	hojas, zona apical, flores
Loritos verdes	Homóptera	Cicadelidae	<i>Empoasca sp.</i>	hojas, zona apical
Ácaros	Acarina	s/i	s/i	hojas tiernas
Escamas	Homóptera	Diaspididae	s/i	hojas y tallo
Abejas (benéfico)	Hemynoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Ninguna
Arañas (benéfico)	Aranea	s/i	s/i	Ninguna
Chinches (benéfico)	Hemíptera	Reduvidae	<i>Zelus sp.</i>	Ninguna

ANEXO K

PRUEBA DE NORMALIDAD DE SHAPIRO-WILKS

Variable	n	Media	D.E.	W*	p (una cola)
A-In	192	3,83	0,27	0,99	0,9026
D-In	192	0,84	0,12	0,98	0,3144
NH-In	192	2,58	0,25	0,98	0,0663

MEDIDAS DE RESUMEN PARA LAS TRES VARIABLES

Variable	Media	D.E.	E.E.	CV	Mediana	Asimetría	Kurtosis	p (N)
A-In	3,83	0,27	0,02	7,01	3,82	-0,09	0,04	0.9026
D-In	0,84	0,12	0,01	14,70	0,85	-0,33	-0,11	0.3144
NH-In	2,58	0,25	0,02	9,51	2,59	-0,18	-0,62	0.0663

ANEXO L

PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS (VARIABLE ALTURA)

Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para la variable altura

Variable	Trat	Ntrat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
A-In	I	1	48	3,69	0,27	3,69	41,45	<0,0001
A-In	L	2	48	3,92	0,19	3,91		
A-In	M	3	48	3,99	0,25	3,96		
A-In	S	4	48	3,71	0,23	3,70		

Matriz de Sin datos y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3	4
1		0,00	0,00	0,81
2	sd		0,45	0,00
3	sd	sd		0,00
4	sd	sd	sd	

ANEXO M

PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS (VARIABLE DIAMETRO)

Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para la variable diámetro

Variable	Trat	Ntrat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
D-In	I	1	48	0,83	0,12	0,86	27,76	<0,0001
D-In	L	2	48	0,89	0,09	0,88		
D-In	M	3	48	0,86	0,14	0,88		
D-In	S	4	48	0,76	0,11	0,78		

Matriz de Sin datos y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3	4
1		0,03	0,34	0,00
2	sd		0,24	0,00
3	sd	sd		0,00
4	sd	sd	sd	

ANEXO N

PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS (VARIABLE NUMERO DE HOJAS)

Resultados de la prueba de Kruskal Wallis para la variable número de hojas.

Variable	Trat	Ntrat	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
NH-In	I	1	48	2,56	0,26	2,61	11,84	0,0079
NH-In	L	2	48	2,68	0,22	2,72		
NH-In	M	3	48	2,52	0,21	2,51		
NH-In	S	4	48	2,56	0,26	2,56		

Matriz de Sin datos y valores de p (diagonal superior) entre tratamientos

	1	2	3	4
1		0,02	0,32	0,90
2	sd		0,00	0,02
3	sd	sd		0,39
4	sd	sd	sd	

ANEXO O

SPSS Test of Homogeneity of Variances

Variable	Levene Statistic	Sig.
Altura	3,132	0,046
Diámetro	4,809	0,009
N. hojas	0,729	0,484

ANEXO P



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL BOLICHE

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PROTECCION VEGETAL LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA

Cultivo:	Piñon	Fecha de ingreso:	22/09/08
Propietario:	Marilyn Muñoz	Fecha de siembra:	22/09/08
Remitente:	Marilyn Muñoz	Fecha de análisis:	29/09/08
Predio:	-----	No. de muestras:	1
Ubicación:	Guayaquil	Superficie de cultivo:	¼ de ha

DIAGNÓSTICO

Organismo Causal:

Los patógenos encontrados como causantes son:

- *Cercospora*.
- *Oidium*.

Atentamente,

Ing. Alfonso Espinoza M.

