

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE DOS
CULTIVARES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN LA
ETAPA DE VIVERO EN DOS AGROECOSISTEMAS
ALTITUDINALES”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

SOFIA RUTH VILLANUEVA CLAUDIO

Tingo María – Perú

2015

DEDICATORIA

A Dios porque nos dice: "Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas".
(Josué 1:9)

A mi padre Rosalino Villanueva Garay por su infinito apoyo moral para llegar al término de una etapa de mi vida. Por todo el amor que sólo tú, mi madre Lorenza Claudio Espinoza sabes darme, por confiar en mí, guiarme por el mejor camino, inculcarme espíritu de superación, comprender mis errores y ser una constante fuente de amor, paz e inspiración.

A mis hermanos Lorena, Miriam, Raquel, Sara, y Abel por aquel lazo de amor que nos une y por las alegrías compartidas.

A mis sobrinos Britani, Jeff, Jeremy, Abril y Diego por aquel amor puro que sólo ellos saben impartir.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y sus docentes, quienes me dieron una formación científica, tecnológica y humanista.

A mi asesor Ing. M.Sc. Jorge L. Adriazola Del Águila por su valiosa colaboración, supervisión en el desarrollo de la tesis y por compartirme sus experiencias en el cultivo de cacao.

Al presidente del jurado de Tesis: Ing. Luis F. García Carrión y los miembros de jurado Ing. Carlos M. Miranda Armas e Ing. Luz E. Balcázar Terrones, por su colaboración en el presente trabajo de investigación.

Al Fondo I de la Facultad de Agronomía de la UNAS y al Fondo Cila de La Divisoria por permitirme realizar el presente trabajo de investigación.

A Luis A. Montalgo Chamba, con mucho cariño y respeto porque el amor lo puede todo.

A mis amigos Katherine Díaz Márquez, Lucho Quispe Villagaray y Nory Nazario Serafín por su sincera amistad, sus palabras de aliento, consejos y enseñanzas.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	13
II. REVISIÓN DE LITERATURA	15
2.1. Generalidades del cultivo de cacao	15
2.1.1. El cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	15
2.1.2. Importancia social y económica	15
2.2. Propagación del cultivo de cacao	16
2.2.2. Propagación por semilla (sexual)	16
2.2.3. Instalación de vivero	16
2.3. Requerimientos agroecológicos del cultivo de cacao	20
2.3.1. Precipitación y humedad relativa	20
2.3.2. Temperatura	21
2.3.3. Viento	22
2.3.4. Sombra	23
2.3.5. Luminosidad	23
2.3.6. Altitud	24
2.3.7. Suelo	25
2.4. Efectos fisiológicos en el cacao	26
2.4.1. Acción fisiológica de la luz	26
2.5. Impactos de la variabilidad climática en la agricultura	30
2.5. Los cultivos más vulnerables por la variabilidad climática	30
2.6. Ensayos en campo	32

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Lugar de ejecución	34
3.1.1. Condiciones climáticas	34
3.1.2. Análisis físico - químico del suelo experimental.....	36
3.2. Componentes en estudio.....	39
3.3. Tratamientos	39
3.4. Diseño experimental.....	40
3.5. Metodología.....	41
3.5.1. Construcción del tinglado y cercado del vivero.....	41
3.5.2. Preparación del sustrato para llenado de las bolsas	42
3.5.3. Llenado de las bolsas y acomodo.....	42
3.5.4. Identificación del material a coleccionar	43
3.5.5. Colecta de los frutos	43
3.5.6. Pre germinado de semillas	43
3.5.6.1. Porcentaje de germinación	43
3.5.7. Siembra de semillas	44
3.5.8. Manejo de vivero	44
3.6. Evaluación de las variables.....	45
3.6.1. Fase de campo	45
3.6.2. Fase de laboratorio.....	46
3.6.3. Fase de gabinete	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. Porcentaje de pre germinación de las semillas de cacao.....	49

4.2.	Altura de los cultivares de cacao.....	53
4.2.1.	Evaluación de la altura en Tingo María y La Divisoria	53
4.3.	Diámetro del tallo de los cultivares de cacao	58
4.3.1.	Evaluación del diámetro en Tingo María y La Divisoria	58
4.4.	Longitud de raíces de los cultivares de cacao	61
4.4.1.	Evaluación de la longitud radicular en Tingo María y La Divisoria	61
4.5.	Volumen de raíces de los cultivares de cacao	64
4.5.1.	Evaluación del volumen radicular en Tingo María y La Divisoria	64
4.6.	Número de hojas de los cultivares de cacao	68
4.6.1.	Evaluación del número de hojas en Tingo María y La Divisoria	68
4.7.	Área foliar de los cultivares de cacao	72
4.7.1.	Evaluación del área foliar en Tingo María y La Divisoria	72
4.8.	Peso fresco y peso seco de los plantones de cacao.....	76
V.	CONCLUSIONES.....	85
VI.	RECOMENDACIONES.....	86
VII.	RESUMEN.....	87
VIII	BIBLIOGRAFÍA.....	89
IX.	ANEXO	95

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Coordenadas UTM y altitud de los dos agroecosistemas en estudio	34
2. Observaciones meteorológicas registradas en la estación meteorológica “José Abelardo Quiñones” (Setiembre del 2013 - Abril 2014).....	35
3. Observaciones meteorológicas registradas en la estación meteorológica “Climatológica Ordinaria La Divisoria” (Setiembre del 2013 - Abril 2014).....	36
4. Resultado del análisis físico – químico del suelo experimental para Tingo María.....	37
5. Resultado del análisis físico – químico del suelo experimental para La Divisoria.....	38
6. Genotipos en estudio.....	39
7. Porcentaje de luminosidad a utilizar en los genotipos	39
8. Descripción de los tratamientos por cultivares de cacao	40
9. Análisis de varianza para el número de semillas pre germinadas para ambos cultivares de cacao	49
10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número de semillas pre germinadas por el efecto de la localidad	50
11. Resumen del análisis de varianza para la altura de plantones de cacao en dos localidades.....	53

12. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la altura de plantones por efecto de la luminosidad.....	54
13. Resumen del análisis de varianza para el para el diámetro de los plantones de cacao en dos localidades.....	58
14. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el diámetro de plantones por efecto de la luminosidad.....	59
15. Resumen del análisis de varianza para la longitud radicular de los plantones de cacao en dos localidades.....	62
16. Resumen del análisis de varianza para el volumen de radicular de los plantones de cacao en dos localidades.....	65
17. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el volumen radicular de los plantones por efecto de la luminosidad	66
18. Resumen del análisis de varianza para el número de hojas de los plantones de cacao en dos localidades.....	68
19. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas de los plantones por efecto de la luminosidad.....	69
20. Resumen del análisis de varianza para el área foliar de los plantones de cacao en dos localidades.....	72
21. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el área foliar de los plantones por efecto de la luminosidad	73
22. Resumen del análisis de varianza del peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao en dos localidades.....	77

23. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para el peso fresco de la parte aérea y radicular en el factor luminosidad	79
24. Resumen del análisis de varianza del peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao en dos localidades.....	82
25. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para el peso seco de la parte aérea y radicular en el factor luminosidad	83
26. Porcentaje de pre germinación de semillas de cacao de los cultivares ICS-95 y CCN-51.....	97
27. Altura de los plantones de cacao en las nueve evaluaciones.....	98
28. Diámetro de los tallos de los plantones de cacao en las nueve evaluaciones.....	99
29. Longitud de las raíces obtenidas en las nueve evaluaciones.....	100
30. Volumen de las raíces obtenidas en las nueve evaluaciones.....	101
31. Número de hojas obtenidas en las nueve evaluaciones.....	102
32. Área de las hojas obtenidas en las nueve evaluaciones.	103
33. Peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en Tingo María	104
34. Peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en La Divisoria.....	104
35. Peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en Tingo María	105
36. Peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en La Divisoria.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Cultivos más sensibles a la variabilidad climática en el Perú	31
2. Porcentaje de semillas pre germinadas en dos localidades	51
3. Semillas pre germinadas de los cultivares ICS-95 y CCN-51 en Tingo María.....	52
4. Semillas pre germinadas de los cultivares ICS-95 y CCN-51 en La Divisoria.....	52
5. Altura de los plántones de cacao en el factor luminosidad	55
6. Comportamiento de la altura de los plántones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.....	57
7. Comportamiento de la altura de los plántones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	57
8. Diámetro de los plántones de cacao en el factor luminosidad.....	60
9. Comportamiento del diámetro de los plántones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	60
10. Comportamiento del diámetro de los plántones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria.....	61
11. Comportamiento de la longitud radicular de los plántones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	63
12. Comportamiento de la longitud radicular de los plántones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014. ...	64

13. Volumen radicular de los plantones de cacao en el factor luminosidad.....	66
14. Comportamiento del volumen radicular de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	67
15. Comportamiento del volumen radicular de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	67
16. Número de hojas de los plantones de cacao en el factor luminosidad.....	70
17. Comportamiento del número de hojas de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	71
18. Comportamiento del número de hojas de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	71
19. Influencia de la luminosidad en el área foliar de los plantones de cacao en dos localidades.....	74
20. Comportamiento del área foliar de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	75
21. Comportamiento del área foliar de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014	76
22. Peso fresco de la parte aérea y radicular en los diferentes niveles del factor luminosidad en dos localidades	78
23. Plántulas de cacao del vivero de Tingo María a los 135 días	80

24. Plántulas de cacao del vivero de La Divisoria los 135 días	80
25. Peso seco de la parte aérea y radicular en los diferentes niveles del factor luminosidad en dos localidades	84
26. Croquis de la parcela instalada en Tingo María y La Divisoria: A la izquierda a 50 % de luz y a la derecha a 100 % de luz.	96
27. Vivero: A. Llenado de bolsas; B y C Acomodo de las bolsas en La Divisoria y Tingo María; D. Semillas de cacao y aserrín; E. Limpieza del mucílago y F. Semillas de cacao libres de mucílago.	106
28. Vivero: A. Semillas de cacao; B. y C. Siembra de las semillas; D. Plántula de cacao; E. Visita del presidente de jurado de tesis en el vivero de la Divisoria y F. El vivero de Tingo María....	107

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) perteneciente a la familia Malvaceae, ha sido la única especie en el género *Theobroma* explotada por siglos comercialmente para la elaboración de chocolates y sus derivados (Alverson *et al.*, (1999), citado por GUTIÉRREZ *et al.*, 2011). Sin embargo, una reciente investigación; por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), revela que un aumento previsto de la temperatura anual de más de dos grados centígrados para el 2050 hará que muchas zonas productoras de cacao de África Occidental sean demasiado calientes para ese cultivo donde posteriormente se empezará a presentar una disminución en las áreas idóneas para el cultivo del cacao, inclusive a partir del 2030, a medida que las temperaturas promedio aumentan en un grado centígrado (CIAT, 2011).

Para ello es indispensable conocer la ecología y fisiología del cacao, para determinar fácilmente el o los factores limitantes del crecimiento y desarrollo, permitiendo modificarlos o rectificarlos. Asimismo, conociendo los requerimientos y las limitantes del cultivo se pueden determinar áreas potenciales al mismo. En el establecimiento y manejo de plantaciones de cacao es importante considerar el factor ambiental que está muy relacionado con el crecimiento (GONZÁLES, 2007).

Con la finalidad de iniciar un proceso de investigación sobre la capacidad de desarrollo del cacao en zonas no idóneas como altitudes superiores a 1000

msnm en la selva alta determinaremos si la intensidad de luz, el genotipo o altitud en msnm influyen en el crecimiento de plantones de cacao.

Lo antes expuesto nos permite plantear la siguiente investigación, cuyos objetivos son:

1. Evaluar el comportamiento de dos cultivares de cacao (CCN-51 e ICS-95) en vivero en dos agroecosistemas altitudinales.
2. Evaluar la interacción genotipo x luminosidad en dos agroecosistemas altitudinales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de cacao

2.1.1. El cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta perenne tropical, nativa del sotobosque de los bosques húmedos de Suramérica (Motamayor *et al.*, 2002 y Lachenaud *et al.*, 2007), citado por GUTIÉRREZ *et al.*, (2011), de la familia Malvaceae, teniendo como característica principal ser una especie umbrófila; es decir que requiere de la protección de otras plantas que le proporcionen sombra para su normal desarrollo y producción. El poder convivir compartiendo suelo y espacio con otras especies perennes, bianuales y anuales, hacen del cacao un cultivo apropiado para el desarrollo del sistema agroforestal en zonas tropicales (Alverson *et al.*, 1999, citado por GUTIÉRREZ *et al.*, 2011).

En un sistema agroforestal de cacao, la provisión de mantillo en el suelo ayuda a mantener la humedad del suelo, aumentar la cantidad de materia orgánica además que promueve la actividad de microorganismos benéficos (SÁNCHEZ, 1996).

2.1.2. Importancia social y económica

El cacao es un cultivo estrictamente tropical, pero se elabora y consume más en regiones templadas. Su principal uso es como bebida

estimulante; por su contenido de teobromina y trazas de cafeína, se ha cambiado su consumo como alimento energético (chocolate). La grasa es un sub producto importante en la preparación de cosméticos y productos farmacéuticos (APPCACAO, 2012). Hoy en día, más de 20 millones de personas de todo el planeta dependen directamente del cultivo de cacao para subsistir. Prácticamente el 90 % de la producción de cacao procede de minifundios de superficie inferior a cinco hectáreas (SÁNCHEZ, 1996).

2.2. Propagación del cultivo de cacao

2.2.2. Propagación por semilla (sexual)

La forma sexual (o polinizada) más comúnmente usada y fácil para producir el cacao es por medio de semillas frescas (ENRÍQUEZ, 1986). Para la producción masiva de clones de cacao se requiere un vivero, jardines clónales, semillas e injertos de cacao (PALENCIA *et al.*, 2009).

2.2.3. Instalación de vivero

a. Ubicación

Es importante ubicar el vivero cerca de una vía, donde se facilite la entrada de insumos, materiales y debe haber una fuente de agua cercana, preferiblemente en la parte alta del vivero, con el fin de aprovechar la gravedad para el regadío (PALENCIA *et al.*, 2009).

b. Limpieza y nivelación de terreno

Eliminar todas las malezas del área donde se va a ubicar (PAREDES, 2004); es preferible que el vivero tenga un piso con un ligero desnivel (2 - 3 %) y recubierto de un material (gravilla) consistente, que permita un drenaje rápido del agua de riego o lluvias, tanto interna como externamente (PALENCIA *et al.*, 2009).

c. Construcción del tinglado

Se utilizan materiales disponibles en la zona (con listones o varas de madera, caña brava). Los soportes deben medir 2.50 metros de longitud; 50 cm. se entierran bajo el suelo y 2 metros quedan desde la superficie del suelo al techo, el distanciamiento entre postes debe ser de tres metros uno del otro y el techo es cubierto con hojas de palmeras u otros materiales, de tal manera que brinde hasta un 75 a 80 % de sombra inicial (SALVADOR *et al.*, 2012); también se puede utilizar la polisombra o malla raschel templándola a medida que se avance y amarrándola a los postes, para lo cual se emplea alambre maleable y se utiliza la costura de cadeneta para que el poste quede bien tensionada y evitar que se recoja (PALENCIA *et al.*, 2009).

d. Preparación del sustrato, llenado y acomodo de bolsas

Para el llenado de las bolsas de 10 cm de ancho, 20 cm de largo y 0.15 mm de grosor, se utiliza tierra negra virgen, rica en material orgánico, cernida en tamiz para eliminar piedras y otros cuerpos extraños. Para enriquecer

el sustrato se adiciona cinco kilogramos de guano de isla a 12.5 carretillas de tierra (PAREDES, 2004).

Un buen sustrato es aquel cuya composición está formada por 50 % de buen suelo, 25 % de materia orgánica, preferiblemente lombricompost y 25 % de arena (PALENCIA *et al.*, 2009).

Las bolsas se llenan totalmente y se compacta el sustrato con presiones leves de los dedos de la mano o golpeando con suavidad la base de la bolsa llena contra el suelo (PAREDES, 2004); por lo tanto es importante considerar que para un buen desarrollo radicular es necesario una determinada cantidad de aire, bajo condiciones de mala aireación disminuye el contenido de oxígeno, aumenta el CO₂ y se producen gases nocivas tales como el metano, ácido sulfhídrico que provocan una disminución de crecimiento radicular, absorción de agua y nutrientes así como también la vida microbiana en el suelo (FASSBENDER, 1975).

Las bolsas se colocan juntas en hileras dobles separadas cada 20 cm, en cada hilera se disponen 10 bolsas (ADRIAZOLA, 2007).

e. Obtención de semilla y trasplante a la bolsa

Las semillas deben extraerse de los frutos más grandes, sanos y maduros, luego se preparan eliminando el mucílago que las cubre, restregándolas

de preferencia con aserrín, también se puede utilizar ceniza o arena. Se desinfectan mezclándolas con cinco gramos de Tiofanatemetil + Tiram en una bolsa (ADRIAZOLA, 2007) y se deja almacenada en un lugar bajo sombra por tres días, para que germine y dé la guía de siembra que da como resultado un desarrollo uniforme, la semilla que no germine a los tres días se humedece y se deja por otros tres – cinco días (PALENCIA *et al.*, 2009).

El mejor momento para realizar el trasplante a la bolsa es cuando las semillas han comenzado a germinar y presentan la emergencia de su raíz (radícula). Esto se produce a los tres - seis días posteriores a la siembra en almácigos (MIGUEL *et al.*, 2011).

f. Manejo de vivero

Durante toda la etapa de vivero el riego es necesario constantemente más si se está produciendo plantas durante la estación seca, en el momento que lleguen las primeras lluvias se suspende el riego y se aprovecha el agua lluvia y reducir el encharcamiento en el vivero (MIGUEL *et al.*, 2011).

En el vivero se debe evitar el crecimiento de maleza, eliminándola de forma manual, para evitar competencia por nutrientes y luz con las plántulas de cacao (SALVADOR *et al.*, 2012).

Para el control preventivo de enfermedades fungosas en el vivero se puede aplicar a modo de riego, alternadamente cada 15 días los siguientes funguicidas: Benomilo 1 g/l y Mancozeb 2-3 g/l y para el control de insectos defoliadores como grillos, trips puede aplicarse Acephate, Deltametrina, o Carbaryl (ADRIAZOLA, 2007).

2.3. Requerimientos agroecológicos del cultivo de cacao

Dentro de los requerimientos ambientales existen tanto las condiciones climáticas como las condiciones de suelo. Los factores climáticos críticos para el desarrollo del cacao son la temperatura y la lluvia, y le siguen en importancia el viento, la luz, la radiación solar y la humedad relativa (ENRÍQUEZ, 2003).

2.3.1. Precipitación y humedad relativa

La precipitación óptima para el cacao es de 1,500 a 2,500 mm. distribuidos durante todo el año (PAREDES, 2004); sin embargo un anegamiento o estancamiento puede provocar la asfixia de las raíces y su muerte en muy poco tiempo por lo tanto las necesidades oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas más cálidas y entre 1200 y 1500mm zonas más frescas o los valles altos (GONZÁLES, 2007); pero más importante que el volumen total de lluvias, es una buena distribución de agua todo el año, ya que el cacao es muy sensible a la falta de humedad en el suelo (BENITO, 1992); es por eso importante que a medida que el contenido hídrico disminuye, las células se encogen y las paredes celulares se relajan; esta reducción en el volumen celular da lugar a una menor presión de

turgencia y en consiguiente la concentración de los solutos en las células. La membrana plasmática se hace cada vez más gruesa y más comprimida por que cubre un área menor. Como la pérdida de turgencia es el primer efecto biofísico significativo del stress hídrico, las actividades que dependen de la turgencia como expansión foliar y la elongación radicular son más sensibles a la deficiencia hídrica (TAIZ y ZEIGER, 2006).

VALENCIA (2005), afirma que un buen sistema raíces permite a la planta explorar suficiente volumen de suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en un buen desarrollo vegetativo y buena producción. Por lo tanto se debe considerar que el mínimo debe ser 100 mm/mes. La humedad debe ser mayor al 70 % (ICT, 2004).

2.3.2. Temperatura

La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre los valores siguientes: mínima de 23°C, máxima de 32°C y óptima de 25° (PAREDES, 2004).

Las temperaturas extremas definen los límites de altitud y latitud para el cultivo de cacao. La absorción del agua y de los nutrientes por las raíces de la planta del cacao está regulada por la temperatura. Un aspecto a considerar es que a temperaturas menores de 15°C la actividad de las raíces disminuye. Las altas temperaturas pueden afectar las raíces superficiales de la planta del cacao

limitando su capacidad de absorción por lo que se recomienda proteger el suelo con hojarasca (GONZÁLES, 2007).

IBAÑES y CASAS (1985), demuestran que durante el crecimiento de la radícula de cacao, el proceso mitótico ocurre, confirmando así que el frío no afecta la radícula, demostrando que la radícula persiste como una entidad funcional, sin embargo, la radícula muere como efecto secundario de la destrucción del cotiledón por el frío.

Las altas temperaturas afectan las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción de nutrientes. Las temperaturas muy altas pueden provocar alteraciones fisiológicas en el árbol (SALVADOR *et al.*, 2012).

2.3.3. Viento

Es el factor que determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de la planta (GONZÁLES, 2007) por lo tanto la hoja pierde agua debido a la presencia de una brisa permanente, pues las hojas dejan de trabajar, se secan y mueren. Si el viento es más intenso, las hojas se caen prematuramente. Una velocidad de 1m/seg no es muy dañina para el cacao pero más de 4 m/seg puede hacer mucho daño (ENRÍQUEZ, 1986).

2.3.4. Sombra

Algunas plantas poseen la suficiente plasticidad como para adaptarse a un amplio rango de regímenes de luz, creciendo como plantas de sol en áreas soleadas o como plantas de sombra en hábitats sombríos. Las hojas que se han adaptado a ambientes muy soleados, o a ambientes muy sombríos, con frecuencia, son incapaces de sobrevivir en otro tipo de hábitats; por lo tanto las hojas de sombra y de sol tienen características: hojas de sombra tienen una mayor proporción de clorofilas totales por centro de reacción, una alta relación de clorofila b respecto a la clorofila a y normalmente son más finas que las hojas de sol; las hojas de sol tienen más rubisco y una mayor concentración de los componentes del ciclo de las xantofilas que las plantas de sombra (TAIZ y ZEIGER, 2006). El objetivo del sombreado al inicio de la plantación es reducir la cantidad de radiación que llega al cultivo para reducir la actividad de la planta y proteger al cultivo de los vientos que la puedan perjudicar (GONZÁLES, 2007).

2.3.5. Luminosidad

La luz es factor de importancia para el desarrollo del cacao especialmente para la fotosíntesis, la cual ocurre a baja intensidad aun cuando la planta este a plena exposición solar (GONZÁLES, 2007).

En la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones

jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares (PAREDES, 2004).

Se considera que intensidades ligeramente superiores al 50 % son favorables para producción de cacao (ICT, 2004); sin embargo como el cacao sigue el proceso C-3 para fijación del CO₂, permite su cultivo comercial bajo sombra controlada o a pleno sol (ADRIAZOLA, 2007).

2.3.6. Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 metros de altitud. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1,000 a 1,400 msnm (PAREDES, 2004).

La altitud no es un factor determinante como lo son los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. Observándose valores normales de fertilidad, temperatura, humedad, precipitación, viento y energía solar, la altitud constituye un factor secundario (GONZÁLES, 2007).

En el Perú es posible encontrar plantaciones hasta 700 msnm y hasta 1300 msnm en otros países (ADRIAZOLA, 2007); sin embargo se considera que el rango óptimo es de 250 – 900 msnm (ICT, 2004).

2.3.7. Suelo

a. Propiedades físicas

Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, los francos y los profundos con subsuelo permeable. Los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad mínima que satisfaga la necesidad de agua de la planta (PAREDES, 2004).

El cacao se desarrolla perfectamente en lugares llanos u ondulados, en los que se puede aplicar prácticas agrícolas modernas (BENITO, 1992).

b. Propiedades químicas

Un suelo bueno para cacao debe tener un pH de alrededor 6.2, suma de bases de 12 meq/100 gr, saturación de bases de 70 %, materia orgánica mayor de 3.5 % (HERNÁNDEZ, 1991); sin embargo se ha observado una gran aceptabilidad a suelos de un rango muy amplio de reacción de suelo (pH 4.5 -7.5).

El contenido de materia orgánica mejora la estructura e influencia en la absorción y retención de agua, el mantenimiento de bases cambiables y la capacidad de suministrar nitrógeno, fósforo, magnesio y otros elementos nutritivos de la planta (REÁTEGUI, 2010).

UHART (1995), menciona el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo, el N puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar, modificando el área foliar y la intercepción de radiación solar por el cultivo por lo tanto es necesario considerar que la cantidad de nitrógeno disponible para la planta depende directamente del manejo de agua (CANTLIFFE *et al.*, 1998). BINKLEY (1993), indica que un suelo con mejor fertilidad produce cambios fisiológicos en la planta dando como resultado mayor incremento de biomasa.

2.4. Efectos fisiológicos en el cacao

2.4.1. Acción fisiológica de la luz

MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), mencionan que para comprender la acción de la luz sobre la fisiología de la planta es necesario distinguir entre efectos térmicos y luminosos.

a. Efectos térmicos

MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), indican que la luz es el principal factor ambiental que afecta los siguientes fenómenos fisiológicos de la planta: Crecimiento, transpiración, actividad metabólica.

Alvim, (1958), citado por MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ, (1984), señalan que el pronunciado calentamiento de las hojas por efecto del sol trae

como consecuencia aumento en la presión del vapor de agua dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estomas; por esta razón la transpiración de un hoja al sol es considerablemente más acelerada, pudiendo ser dos o tres veces mayor que el de una hoja en sombra.

La sombra protege a las hojas del cacao contra el efecto directo del sol, el cual ejerce una acción restrictiva sobre el crecimiento de las mismas. Además el sol produce quemaduras, lo que facilita que los vientos rompan, quemem y arranquen las hojas (MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ, 1984).

Las plántulas crecen lentamente bajo plena luz del sol y cierto grado de sombra son beneficiosos para su establecimiento. El lento crecimiento de las plántulas bajo luz solar plena es debido a las limitaciones en la expansión de las hojas, probablemente causados por la transpiración excesiva que podría inducir la hoja de estrés hídrico. Por el contrario, las hojas sombreadas muestran un mayor contenido relativo de agua y menos estomas por unidad de área foliar de las hojas sombreadas (Okali y Owusu, (1975), citados por ALMEIDA y VALLE, 2007).

Cada unidad de superficie foliar está abastecida por más unidades de superficie radicular, que exploran un mayor volumen de suelo y extraen más agua. Esto conlleva un agotamiento de recursos más rápido, que en ausencia de

una disminución de la transpiración lleva a la marchitez (Levitt, (1980), citado por GAMBOA, 2010).

b. Efectos luminosos

MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), mencionan que los fenómenos afectados por acción directa de la luz propiamente dicha o luminosidad se puede citar: la fotosíntesis, crecimiento o alargamiento de las células.

Un aumento en el número de células, como el que se produce en el meristemo apical, contribuye al crecimiento vegetal. Sin embargo, el principal componente del crecimiento vegetal es la rápida expansión celular que se produce en la región sub apical una vez ha cesado la división celular. Como todas las células del eje vegetal se alargan en condiciones normales, cuanto mayor sea el número de células producidas por el meristemo apical, más largo será el eje (TAIZ y ZEIGER, 2006).

La intensidad de la luz afecta el crecimiento de las plantas, pues altera la tasa de actividad fotosintética. A diferencia de la mayoría, algunas plantas no crecen bien bajo altas intensidades de luz, estas se denominan plantas de sombra y se les puede encontrar en el sotobosque, La intensidad de la luz afecta el tamaño y la forma de las hojas diferencialmente, en general, las hojas que crecen a bajas intensidades de luz (10 lux), presentan grandes áreas con respecto

a las que crecen a altas intensidades de luz (50 lux) pero estas últimas tienden a ser más gruesas (Vespa 2008, citado por GAMBOA, 2010).

Raja Harum y Kamariah (1983), citados por GÓMEZ, (2002), reportan una reducción en la altura de plantas de cacao amelonado con apariencia pobre en crecimiento a plena exposición, en comparación con plantas expuestas a 45 % de luz, las cuales mostraron una mayor altura y apariencia sana, por lo tanto la disminución en altura a plena exposición fue debida a la reducción de la elongación de los entrenudos.

c. Efecto por calor y choque térmico

La mayoría de los tejidos de plantas superiores son incapaces de sobrevivir a exposiciones de temperatura de 45°C El stress por calor es un peligro potencial en los viveros e invernaderos donde la velocidad del aire es baja y la alta humedad reduce la velocidad de enfriamiento de la hoja. Un grado moderado por stress térmico reduce el crecimiento de toda la planta. La fotosíntesis y la respiración se inhibe por a altas temperaturas a medida que la temperatura aumenta la tasa fotosintética disminuye más rápido que la tasa de respiración. A altas temperaturas el incremento de la intensidad respiratoria con respecto a la fotosíntesis es más perjudicial en las plantas C-3, ya que estas a altas temperaturas aumentan la intensidad de la respiración en la oscuridad como la de la fotorespiración (TAIZ y ZEIGER, 2006).

d. Enfriamiento y congelación

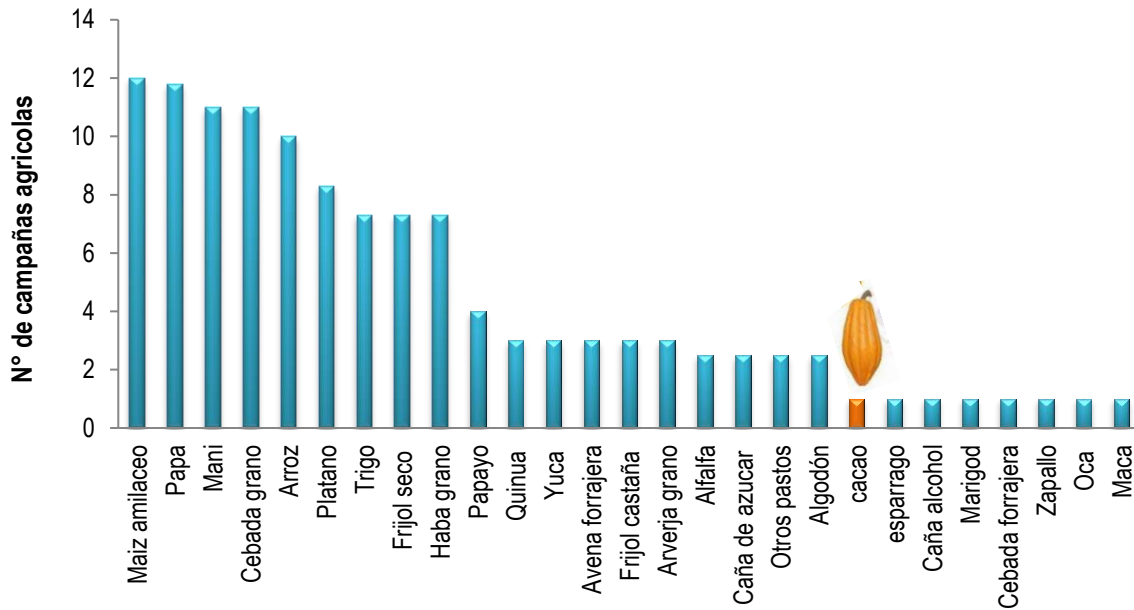
Las especies tropicales y subtropicales son susceptibles al daño por enfriamiento, lo cual provoca que el crecimiento se ralentiza, las hojas parecen empapadas y las plantas se marchitan por que la raíz se enfría. Las hojas dañadas por el frío muestran inhibición de la fotosíntesis reducción de transporte de carbohidratos, menor intensidad de respiración todas estas repuestas dependen de un mecanismo común que implica la alteración funcional de la membrana durante el enfriamiento. Las hoja sensibles al frío expuestas a altos flujos de fotones y temperaturas frías están fotoinhibidas, lo que provoca un daño importante de la maquinaria fotosintética (TAIZ y ZEIGER, 2006).

2.5. Impactos de la variabilidad climática en la agricultura

Según el MINAG (2010), la agricultura es un sector altamente sensible a los eventos externos y cambios de clima. Las afectaciones por fenómenos climáticos extremos han ido incrementándose en los últimos 13 años se ha venido generando impactos en el sector agropecuario con pérdidas debido a la ocurrencia de eventos como El Niño que generan pérdidas.

2.6. Los cultivos más vulnerables por la variabilidad climática

LEIVA (2009), menciona que los cultivos más sensibles a la variabilidad del clima son 27, siendo el maíz amiláceo el más vulnerable, en la Figura 1, se observa que el cacao es uno de los cultivos afectados por la variabilidad climática, lo que nos obliga a tomar las previsiones del caso.



Fuente: Leiva, 2009.

Figura 1. Cultivos más sensibles a la variabilidad climática en el Perú.

El cambio climático no sólo representa una amenaza para la producción de cultivos alimenticios de primera necesidad, sino que podría transformar los preciados chocolates en un lujo que pocos se pueden dar, según un nuevo estudio; revela que un aumento previsto de la temperatura anual de más de 2°C para el 2050 hará que muchas zonas productoras de cacao de África Occidental sean demasiado calientes para ese cultivo. Se prevé que se empezará a presentar una disminución en las áreas idóneas para el cultivo del cacao, inclusive a partir del 2030, a medida que las temperaturas promedio aumentan en un grado centígrado. Con condiciones climáticas más cálidas, los árboles de cacao que son sensibles al calor lucharán por conseguir suficiente agua durante la

época de crecimiento, restringiendo así el desarrollo de las vainas, que contienen el preciado grano el ingrediente clave en la producción de chocolate. También se prevé que los árboles asuman la misma lucha a medida que la época seca de la región se intensifica cada vez más. Para el 2050, un aumento de 2.3°C afectará de manera drástica la producción en las regiones de tierras bajas, incluyendo las principales áreas productoras de cacao, lo que podría arruinar las cosechas y disparar los precios (CIAT, 2011).

No obstante MINAG (2010), menciona que el incremento de la temperatura del aire en algunas zonas del territorio nacional puede traducirse en la ampliación de cultivos a mayores altitudes, aunque acompañada de migración de plagas y enfermedades de los cultivos a pisos ecológicos de mayor altitud.

2.7. Ensayos en campo

ECHEVERRI y OROZCO (1982), cultivaron cacao en la zona cafetera colombiana, Naranjal, Caldas y Paraguaicito, Quindío, a 1.370 y 1.250 m de altitud, con precipitaciones de 2.748 y 2.214 mm, temperaturas de 20.6 y 21.3°C y un brillo solar de 1.864 y 1.919 horas promedio anual, respectivamente, se establecieron comparaciones de varios híbridos de cacao, en suelos originarios de cenizas volcánicas se sembró a la distancia de 2.5 x 2.5 m y bajo sombrío permanente de *Inga* sp., en un diseño experimental completamente al azar con 80 árboles por tratamiento. El análisis estadístico de los primeros cinco años de producción, tanto del número de mazorcas como del peso del cacao fresco, reveló

diferencias altamente significativas entre los híbridos en cada localidad, y apenas significativas entre éstas. Se comprobó además, una fuerte variabilidad de los híbridos y una interacción genotipo-medio ambiente, que sobrepasa el nivel de probabilidad de 0.01. Se obtuvo un mayor rendimiento de cacao en el sitio de menor altitud; las diferencias de producción entre los dos sitios variaron desde 216 hasta 1.199 kilogramos de cacao seco comercial por hectárea y por año, dependiendo del híbrido.

GÓMEZ (2002), en un estudio realizado en Venezuela a una altura de 1050 msnm, el objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de diferentes intensidades de luz, sobre el intercambio gaseoso y el desarrollo del cacao criollo Guasare. A fin de determinar el grado óptimo de sombreado requerido después del trasplante donde se encontró que el potencial hídrico foliar fue más negativo a plena exposición y no alcanzo valores cercanos al punto de pérdida de turgencia en ninguno de los tratamientos, también se observó pérdidas de agua a plena exposición. La tasa de transpiración a plena exposición fue mayor, también encontró mayor diámetro del tallo en plantas, siendo un indicativo de un mejor desarrollo de las plantas y el tamaño la hoja, la longitud de los entrenudos y la materia seca por planta fueron reducidos a plena exposición solar. Demostrando que el cacao Guasare requiere de intensidades de luz inferiores al 40 % al momento del trasplante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se llevó a cabo entre Setiembre del 2013 y Abril del 2014, en dos agroecosistemas: Tingo María, perteneciente al distrito de Rupa Rupa y La Divisoria, perteneciente al distrito de Hermilio Valdizán, ambos dentro de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, cuyas coordenadas UTM y altitud, fueron registradas con un GPS modelo Garmin 300 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coordenadas UTM y altitud de los dos agroecosistemas en estudio.

Localidades	E	N (UTM)	Altitud (msnm)
Tingo María	390636.56	8969849.07	668
Divisoria	410567.00	89829997.01	1674

En Tingo María se instaló el experimento en el vivero de la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) y la instalación en La Divisoria se realizó en el Fundo Cila, ubicado en el lado izquierdo de la carretera Federico Basadre, entrada a Río Azul.

3.1.1. Condiciones climáticas

Los datos meteorológicos para el presente trabajo de investigación fueron obtenidos de la Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones, UNAS - Tingo María, y de la Estación Meteorológica Climatológica Ordinaria La Divisoria.

Cuadro 2. Observaciones meteorológicas registradas en la Estación Meteorológica “José Abelardo Quiñones” (Setiembre del 2013 - Abril 2014)

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	H°R (%)
	Max.	Min.	Med.		
Setiembre	31.2	20.1	25.6	191.0	82.0
Octubre	30.4	20.7	25.5	496.3	86.0
Noviembre	29.8	20.9	25.3	286.5	85.0
Diciembre	30.3	21.0	25.6	423.7	84.0
Enero	28.6	20.8	24.6	353.0	88.0
Febrero	29.0	21.0	25.0	284.4	88.0
Marzo	29.5	20.9	25.2	417.1	85.0
Abril	29.8	21.2	25.5	229.6	85.0
Total	238.6	166.6	202.3	2681.6	683.0
Promedio	29.8	20.8	25.2	335.2	85.4

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En el Cuadro 2 podemos observar que las características climáticas del campo experimental en Tingo María, tiene un temperatura media de 25.29°C, con una temperatura máxima y mínima de 29.83 y 20.83°C respectivamente; una precipitación promedio de 335.2 mm y una humedad relativas de 85.38% durante los meses de ejecución de la investigación; indicándonos claramente condiciones óptimas para el cultivo de cacao (PAREDES, 2004 y GONZÁLES, 2007).

En el Cuadro 3, se puede apreciar que la temperatura media es de 18.63°C, también se puede observar que la temperatura mínima y máxima es de 14.43 y

22.43°C respectivamente, así mismo podemos mencionar que la precipitación es de 266.84 mm con una humedad relativa de 88.98%, indicándonos características climáticas poco favorables para el cultivo de cacao.

Cuadro 3. Observaciones meteorológicas registradas en la Estación Meteorológica “Climatológica Ordinaria La Divisoria” (Setiembre del 2013 - Abril 2014).

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	H°R (%)
	Max.	Min.	Med.		
Setiembre	24.0	16.1	20.1	100.0	89.0
Octubre	23.2	15.0	19.1	225.0	91.0
Noviembre	22.0	15.1	18.6	150.5	89.0
Diciembre	20.6	12.6	16.6	300.0	89.0
Enero	21.5	13.5	17.5	343.4	85.0
Febrero	22.1	14.1	18.1	350.5	89.0
Marzo	22.4	14.4	18.4	374.8	91.4
Abril	22.6	14.6	18.6	290.5	88.4
Total	178.4	115.4	130.4	2134.7	711.8
Promedio	22.3	14.4	18.6	266.8	88.9

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)

3.1.2. Análisis físico – químico del suelo experimental

Se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la selva - Tingo María; para ambas localidades (Tingo María y La Divisoria).

Para el suelo que se utilizó como sustrato en Tingo María (Cuadro 4), se obtuvo un suelo con una clase textura moderadamente gruesa (Franco arenoso), reacción moderadamente ácido, nivel medio de materia orgánica y nitrógeno, bajo de fósforo, nivel medio de potasio y nivel medio de intercambio catiónico.

Cuadro 4. Resultado del análisis físico – químico del suelo experimental para Tingo María.

Parámetro	Contenido	Método empleado
Análisis físico		
Arena %	55.68	Hidrómetro
Limo%	33.30	Hidrómetro
Arcilla %	11.00	Hidrómetro
Clase textural	Franco Arenoso	Triangulo Textural
Análisis químico		
pH (1:1)	5.50	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	3.00	Walkey y Black
Nitrógeno total (%)	0.15	%M.O x 0.045
Fósforo disponible (ppm)	7.00	Olsen Modificado
Potasio disponible (ppm)	340.54	H ₂ SO ₄ 6N
CICe (meq / 100 g. suelo)	10.00	KCl 1N
Ca (meq / 100 g. suelo)	6.20	Absorción atómica
Mg (meq / 100 g. suelo)	1.49	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS.

Para el suelo que se utilizó como sustrato en La Divisoria (Cuadro 5), se obtuvo un suelo con una clase textural media (Franco), reacción acida, nivel bajo de materia orgánica y nitrógeno, bajo nivel de fósforo y potasio y nivel medio de intercambio catiónico.

Cuadro 5. Resultado del análisis físico – químico del suelo experimental para La Divisoria.

Parámetro	Contenido	Método empleado
Análisis físico		
Arena %	49.68	Hidrómetro
Limo%	41.30	Hidrómetro
Arcilla %	9.00	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Triangulo Textural
Análisis químico		
pH (1:1)	4.00	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	1.87	Walkey y Black
Nitrógeno total (%)	0.09	%M.O x 0.045
Fósforo disponible (ppm)	5.00	Olsen Modificado
Potasio disponible (ppm)	196.11	H ₂ SO ₄ 6N
CIC (Cmol (+) / kg. suelo)	12.30	KCl 1N
Ca (Cmol (+) / kg. suelo)	10.20	Absorción atómica
Mg (Cmol (+) / kg. suelo)	1.70	Absorción atómica

Fuente: Laboratorio de suelos de la UNAS.

3.2. Componentes en estudio

Los tratamientos experimentales consistieron en la interacción de dos factores A y B, siendo el primero, genotipo y el segundo la luminosidad. Esto se detalla en el Cuadro 2 y 3.

Factor A = Genotipo (Cuadro 6).

Factor B = Luminosidad (Cuadro 7).

Cuadro 6. Genotipos en estudio.

Genotipo	Grupo genético	Niveles
CCN-51	Complejo (IMC-67xICS-95) x Forastero desconocido	a ₁
ICS-95	Grupo genético: Trinitario	a ₂

Fuente: García, L.F. 2009

Cuadro 7. Porcentaje de luminosidad a utilizar en los genotipos.

Luminosidad	Descripción	Niveles
50 % de luz	Con sombra	b ₁
100 % de luz	Sin sombra	b ₂

3.3. Tratamientos

En el Cuadro 8, se muestran los 4 tratamientos, para cada lugar: Tingo María y La Divisoria, haciendo un total de 8 tratamientos, con 4 repeticiones, haciendo en ambos lugares un total de 42 unidades experimentales.

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos por cultivares de cacao.

Tratamiento	Factores	Descripción
T ₁	a ₁ b ₁	El cultivar CCN-51 a 50 % de luz (con sombra) en Tingo María
T ₂	a ₁ b ₂	El cultivar CCN-51 a 100 % de luz (sin sombra) en Tingo María
T ₃	a ₁ b ₁	El cultivar CCN-51 a 50 % de luz (con sombra) en La Divisoria
T ₄	a ₁ b ₂	El cultivar CCN-51 a 100 % de luz (sin sombra) en La Divisoria
T ₅	a ₂ b ₁	El cultivar ICS-95 a 50 % de luz (con sombra) en Tingo María
T ₆	a ₂ b ₂	El cultivar ICS-95 a 100 % de luz (sin sombra) en Tingo María
T ₇	a ₂ b ₁	El cultivar ICS-95 a 50 % de luz (con sombra) en La Divisoria
T ₈	a ₂ b ₂	El cultivar ICS-95 a 100 % de luz (sin sombra) en La Divisoria

3.4. Diseño experimental

Para el presente estudio se utilizó el DCA con arreglo factorial 2A2B con 4 repeticiones, en Tingo María y en La Divisoria. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) (CALZADA, 1982).

El modelo aditivo lineal del presente experimento es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Es la respuesta obtenida en la k-ésima repetición, a la cual se aplicó el i-ésimo genotipo con el j-ésimo porcentaje de luminosidad.

μ = Es el efecto de la media general.

α_i = Es el efecto del i-ésimo Genotipo.

β_j = Es el efecto del j-ésimo porcentaje de luminosidad.

$(\alpha \beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo con el j-ésimo porcentaje de luminosidad.

E_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error experimental obtenida en la k-ésima repetición, a la cual se aplicó el i-ésimo genotipo con el j-ésimo porcentaje de luminosidad.

Para:

$i = 1$ y 2 Genotipo.

$j = 1$ y 2 Porcentaje de luminosidad.

$k = 1, 2, 3$ y 4 Repeticiones.

3.5. Metodología

3.5.1. Construcción del tinglado y cercado del vivero

El tinglado sólo se construyó en el Fundo Cila ubicada en La Divisoria, donde se limpió el terreno de las malezas y seguidamente se procedió a nivelarlo, luego se cortó cuatro arboles de pino para usar sus tallos como postes a 4 x 3 m

con una altura de 1.80 m y para el techo se empleó bambúes delgados como vigas y sobre estas vigas se techó con la malla raschel; en Tingo María se utilizó el tinglado ya construido del vivero.

En el área experimental donde estuvieron los plantones de cacao en Tingo María y en La Divisoria se utilizó postes de bambúes los cuales fueron cercados con un alambre de púas y una rafia.

3.5.2. Preparación del sustrato para el llenado de las bolsas

Para los tratamientos (T₁, T₂, T₅ y T₆) de ambos cultivares de cacao (ICS-95 y CCN-51), que se instalaron en Tingo María se utilizó tierra agrícola extraída del fundo de la Facultad de Agronomía cuya cantidad fue de 6 carretillas en un área de 2 m², secado, zarandeado y tamizado.

Para los tratamientos (T₃, T₄, T₇ y T₈), estudiados en La Divisoria se utilizó tierra agrícola del fundo Cila cuya cantidad fue de 6 carretillas en un área de 2 m², secado, zarandeado y tamizado.

3.5.3. Llenado de las bolsas y acomodo

Para el llenado se utilizó bolsas de plástico de color negro de 10 cm ancho y 20 cm de largo con ocho huecos en la base cuyo grosor fue de 0.15 mm. Todos los tratamientos fueron llenados en forma manual presionando levemente de tal manera que no quedaron espacios vacíos y de manera uniforme. Para el

acondicionamiento de las bolsas se preparó el lugar donde iban a ser ubicadas con arena gruesa para facilitar su estabilidad, una vez llenas las bolsas fueron acomodadas y ordenadas en tres hileras a 20 cm de distancia y 20 cm entre plantones (Figura 26 del Anexo).

3.5.4. Identificación del material a coleccionar

En el Banco de Germoplasma de la UNAS se identificó cada uno de los cultivares pertenecientes a los diferentes genotipos seleccionados (ICS-95 y CCN-51) para este estudio, a partir de los cuales se realizó la colecta de los frutos maduros.

3.5.5. Colecta de los frutos

Se realizó entre las 8 y las 9 de la mañana donde se colectó 10 frutos maduros por cada cultivar de cacao (ICS-95 y CCN-51), seguidamente los frutos maduros fueron colocados en un costal con su respectivo código para no ser mezclados, luego fueron llevados al laboratorio de semillas.

3.5.6. Pre germinado de semillas

3.5.6.1. Porcentaje de germinación

Para el pre germinado de semillas se utilizaron 10 frutos maduros por cada cultivar de cacao (ICS-95 y CCN-51), luego se cortó la mazorca en dos y se seleccionó las semillas del tercio medio, seguidamente se

limpió las semillas con aserrín hasta quitarles el mucilago y una vez limpias, se codificó con ICS-95 y CCN-51 a cinco platos germinadores con algodón húmedo respectivamente y se colocó 20 semillas por plato, los cuales fueron tapados con una papel húmedo y puesto en un lugar fresco para evaluar el porcentaje de pre germinación, este procedimiento se realizó en ambas localidades (Tingo María y La Divisoria), las semillas restantes se desinfectaron con Homai (4 g por litro) y una vez desinfectadas las semillas de ambos cultivares se las puso por separado en bandejas de plástico con aserrín húmedo, cubierto con una capa de tres mm de aserrín y puestos en un lugar fresco para su pre - germinación.

3.5.7. Siembra de semillas

Una vez pre germinadas las semillas de cacao fueron llevados al vivero de agronomía (Tingo María) y Fundo Cila (La Divisoria) donde estaban instaladas las bolsas y se sembraran en las primeras horas de la mañana para evitar la deshidratación por exposición al sol, haciendo un hoyo de 1.5 cm de profundidad, colocando un semilla de cacao en forma vertical en cada bolsa (con la radícula hacia abajo), todo este proceso se realizó el mismo día (27 de septiembre del 2013) en ambos lugares para uniformizar el crecimiento y desarrollo de las plantas, y así obtener una mejor evaluación de los mismos.

3.5.8. Manejo de vivero

El manejo del vivero en Tingo María y La Divisoria se realizó el mismo día así como también las mismas labores en ambos lugares, con la finalidad de

que los plántones tuvieran condiciones adecuadas de desarrollo y estén sometidas bajo las mismas condiciones; las labores realizadas fueron:

a. Riego, el cual estuvo en función a las necesidades de las plantas, evitando crear compactación en el sustrato; el deshierbo se realizó en forma manual cada 15 días.

b. A los 30 días de la siembra se aplicó Sistemin 1.5 cc/l (3 cucharitas de té/bomba de 12 l) por la aparición de insectos succionadores y cortadores.

3.6. Evaluación de las variables

Todas las evaluaciones de las variables realizadas, fueron tomadas de cuatro plántones elegidas al azar cada 15 días, los mismos que fueron sacrificados al final de cada evaluación; desde de 04 de Diciembre del 2013 hasta el 03 de Abril del 2014; obteniendo nueve evaluaciones.

3.6.1. Fase de campo

a. Determinación de altura

Se realizó con una regla milimetrada de 30 cm, desde la superficie del suelo hasta el ápice vegetativo de la planta, las evaluaciones fueron cada 15 días a partir del primer mes después de la siembra de semillas durante cuatro meses.

b. Determinación del diámetro

Se realizó con un vernier digital ubicando la cicatriz cotiledonal para no variar el lugar de medición en las evaluaciones posteriores. Las mediciones se realizaron cada 15 días a partir del primer mes después de la siembra de semillas durante cuatro meses.

3.6.2. Fase de laboratorio

a. Porcentaje de pre germinación

Una vez que las semillas fueron puestas en los platos germinadores se observó la emisión de la radícula por día, para luego ser contabilizada como semilla pre germinada por día, con el fin de determinar el porcentaje de pre germinación de cada cultivar (ICS-95 y CCN-51) en los diferentes lugares (Tingo María y La Divisoria) donde se ejecutó el experimento.

b. Determinación de la longitud de raíz

Para la determinación de la longitud radicular del cacao se abrieron las bolsas de polietileno se lavaron las raíces sin dañarlas ni romperlas y se realizó con una regla milimetrada de 30 cm, midiendo la longitud de la raíz principal desde el cuello de la planta hasta la cofia de la raíz, se tomaron cuatro muestras de cada tratamiento determinando la longitud de la raíz principal, cada 15 días durante cuatro meses.

c. Determinación de volumen radicular

Utilizando las raíces limpias de la evaluación anterior, se realizó sumergiendo en una probeta con agua las raíces de los plantones y por diferencia de nivel (final - inicial) se determinó el volumen radicular, cada 15 días durante cuatro meses.

d. Determinación del número de hojas

La determinación del número de hojas emitidas por cada plantón de cacao evaluada se realizó cada 15 días contabilizando el total de hojas que presento, durante cuatro meses.

e. Determinación del área foliar

Para determinar el área foliar se utilizó la foto de cada hoja contabilizada con su longitud y ancho en cm respectivamente y utilizando un software "Imagenj" se determinó el área de cada hoja en cm².

f. Determinación del peso fresco y seco de la parte aérea y radicular de la planta

Para la determinación del peso fresco y seco de la parte aérea y radicular de la planta se tomaron tres plantas por cada tratamiento al finalizar las evaluaciones (135 días).

Se extrajeron las plantas de sus bolsas teniendo cuidado para evitar la pérdida de raíces, estas fueron embolsadas, codificadas y trasladadas al laboratorio; todas las muestras fueron lavadas con agua de caño para eliminar cualquier material adherido, una vez lavadas se pusieron a secar bajo sombra por un espacio aproximado de 30 minutos; posteriormente se efectuó el corte por encima de las primeras raíces, luego se realizó el pesado en una balanza analítica.

Luego se envolvieron las muestras en papel con respectiva codificación para ser llevados a estufa a una temperatura de 65°C durante 48 horas; una vez seco la parte aérea y radicular se pesó en una balanza analítica y se procedió a anotar los resultados.

3.6.3. Fase de gabinete

Con los datos de campo obtenidos se procesaron las variables evaluadas, mediante el programa Microsoft Office Excel 2010, Word 2010, Infostat 2014. Se realizaron los respectivos análisis de varianzas para determinar la significancia y las pruebas de comparación de promedios de Tukey a un grado de confianza del 95 %.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de pre germinación de las semillas de cacao

Para determinar la diferencia estadística entre los tratamientos en estudio con respecto al número de semillas germinadas se realizó el análisis de varianza (ANVA), para un diseño factorial. Los resultados se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza para el número de semillas pre germinadas para ambos cultivares de cacao.

Fuente de variación	G.L	S.C	C.M	F. cal	
Tratamiento	3	131.75	43.92	35.13	S
A (Genotipo)	1	1.25	1.25	1.00	NS
B (Localidad)	1	130.05	130.05	104.04	S
A x B	1	0.45	0.45	0.36	NS
Error experimental	16	20.00	1.25		
Total	19	151.75			

C.V = 6.67 %

S: significación estadística al 5% de probabilidad.
NS: No existe significación estadística.

Como puede observarse en el Cuadro 9, la interacción de factores resulta no significativa permitiendo solo analizar los factores principales independientemente. Para el factor A (Genotipo) resulta no significativo el cual indica que no existen diferencias entre los genotipos en el resultado del número de semillas germinadas; mientras que el factor B resultó significativo demostrando que existe influencia del

lugar sobre los resultados del número de semillas germinadas. Cabe asimismo indicar que el ANVA presenta 6.67 % de coeficiente de variabilidad (CV), indicando una excelente homogeneidad entre las observaciones. Se realizó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el factor B.

Cuadro 10. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número de semillas pre germinadas por el efecto de la localidad.

Localidades	Número de semillas	Significación
Tingo María	19.3 (96.5 %)*	a
La Divisoria	14.2 (71.0 %)*	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.
*: Porcentaje de germinación.

Según el Cuadro 10, se observa que existe una clara diferencia estadística en el número de semillas germinadas entre Tingo María y La Divisoria. Las semillas en Tingo María probablemente encontraron las condiciones propicias para su germinación a comparación de La Divisoria, donde posiblemente las bajas temperaturas que presentó (14.43°C) afectó el cotiledón y el embrión no recibió suficiente material nutritivo para su desarrollo, esto se sustenta en lo anunciado por IBAÑES y CASAS (1985) quienes reportan que el frío no afecta la mitosis y el embrión puede seguir desarrollándose hasta formar la radícula, sin embargo los porcentajes de germinación encontrados en La Divisoria son menores.

La Figura 2, muestra con mayor detalle esta respuesta de semillas germinadas en ambas localidades.

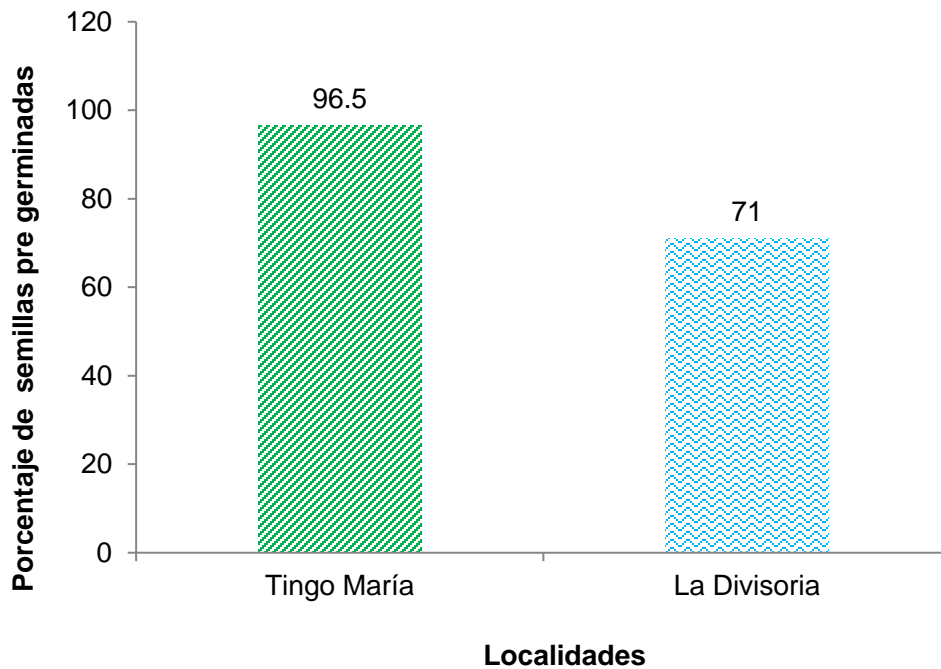


Figura 2. Porcentaje de semillas pre germinadas en dos localidades.

Cabe así mismo mencionar que el porcentaje de germinación para el cultivar ICS-95 es 97 % y para CCN-51 es 96 % en Tingo María y en La Divisoria para el cultivar ICS-95 es 73 % y para CCN-51 es 69 % (Cuadro 26 del Anexo); sin embargo la evaluación en Tingo María fue de siete días como máximo para la germinación de ambos cultivares tal como se aprecia en la Figura 3.

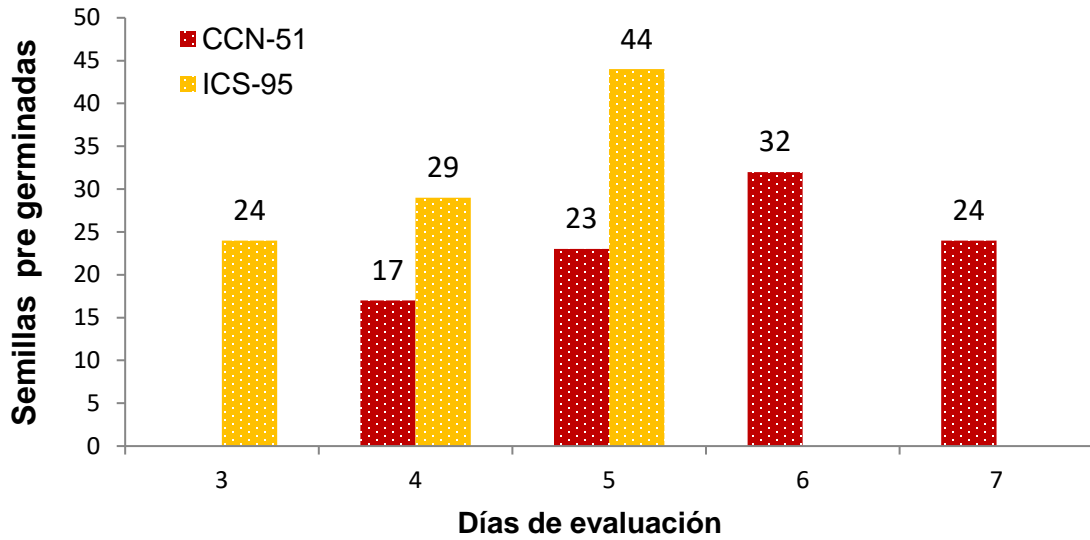


Figura 3. Semillas pre germinadas de los cultivares ICS-95 y CCN-51 en Tingo María.

En la Figura 4, se observa que los días de evaluación para La Divisoria van desde 7 a 11 días para los cultivares en estudio.

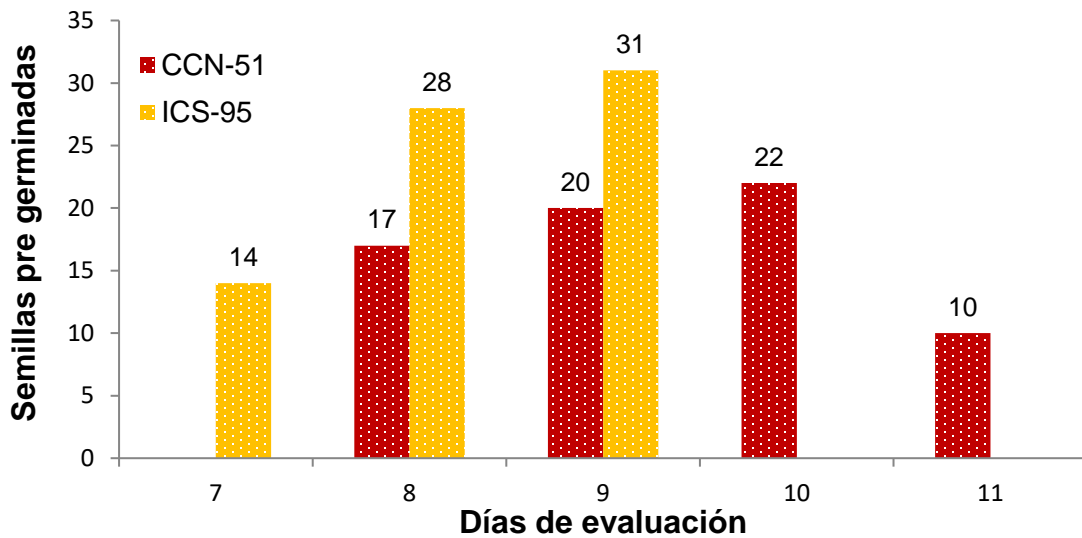


Figura 4. Semillas pre germinadas de los cultivares ICS-95 y CCN-51 en La Divisoria.

4.2. Altura de los cultivares de cacao

4.2.1. Evaluación de la altura en Tingo María y La Divisoria

Para determinar la diferencia estadística entre los tratamientos en estudio con respecto a la altura (cm) de los plantones de cacao de los cultivares ICS-95 y CCN-51 al término de la evaluación (135 días) se realizó el análisis de varianza. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Resumen del análisis de varianza para la altura de plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		La Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	155.73	AS	29.07	NS
A (Genotipo)	1	7.29	NS	5.88	NS
B (Luminosidad)	1	443.10	AS	80.55	S
A x B	1	16.81	NS	0.77	NS
Error experimental	12	17.58		9.21	
Total	15				
CV =		15.61 %		17.43 %	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

S: Significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

Como puede observarse en el Cuadro 11, la interacción de factores resulta no significativa, permitiendo solo analizar los factores o efectos principales independientemente. Para el factor A (Genotipo) resulta no significativo en ambas

localidades lo cual indica que no existen diferencias entre los genotipos; mientras que el factor B (Luminosidad) resultó significativo en ambas localidades demostrando que existe influencia de la luz sobre los resultados de la altura de los plantones de cacao, cabe asimismo mencionar que el modelo presenta 15.61 % de coeficiente de variabilidad (CV) para Tingo María y 17.43 % para La Divisoria, indicando una buena homogeneidad de los resultados experimentales. Se realizó la prueba de comparación medias a través de la prueba de Tukey para el factor B (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para la altura de plantones por efecto de la luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María		La Divisoria	
	Área (cm)	Significación	Área (cm)	Significación
b ₁ (50 % de luz)	32.13	a	19.65	a
b ₂ (100 % de luz)	21.60	b	15.16	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

Según el Cuadro 12, se tiene un efecto positivo sobre la altura de los plantones de cacao cuando se encuentra a 50 % de luz (b₁) en ambas localidades, observándose diferencia estadística con el 100 % de luz (b₂), esto indica que los tratamientos que solo mostraron altura media de 32.13 cm (Tingo María) y 19.65 cm (La Divisoria) son aquellos que se encuentran a 50 % de luz, no obstante podemos mencionar que cuando existe el crecimiento vegetal, las células en división duplican su volumen durante el ciclo celular, por tanto un aumento en el

número de células contribuye al crecimiento apical, no obstante una exposición solar plena (100 % de luz) que tuvo como temperaturas máximas (30°C y 24°C en Tingo María y La Divisoria respectivamente) produce pérdida de turgencia y volumen celular impidiendo así mayor crecimiento (TAIZ y ZEIGER, 2006).

La Figura 5, muestra con mayor detalle la altura de los plantones de cacao en un 50 % de luz; estos resultados probablemente se deban al crecimiento lento que presento a plena exposición solar tal como lo indica Okali y Owusu, (1975), citados por ALMEIDA y VALLE (2007).

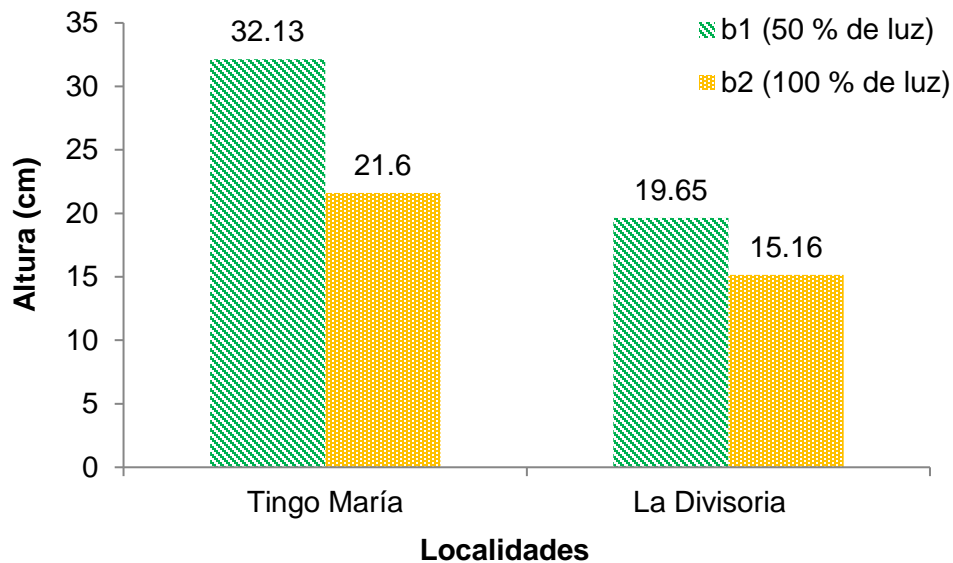


Figura 5. Altura de los plantones de cacao en el factor luminosidad.

Sin embargo cabe así mismo mencionar que en Tingo María se obtiene mayor altura en los plantones de cacao a comparación de La Divisoria.

Las variaciones de la altura de los plantones se muestran claramente en la Figura 5; encontrándose que los plantones que crecieron en Tingo María presentaron mayor altura a comparación de los plantones que crecieron en La Divisoria, esta desemejanza posiblemente se deba a la diferente composición de materia orgánica en el sustrato de ambos lugares, lo cual permitió obtener alturas superiores estadísticamente; no obstante REÁTEGUI, (2010) menciona que el contenido de materia orgánica mejora la estructura e influencia en la absorción y retención de agua, el mantenimiento de bases cambiables y la capacidad de suministrar nitrógeno, fósforo, magnesio y otros elementos nutritivos de la planta.

En la Figura 6 y 7 podemos observar claramente que existe un crecimiento lento en La Divisoria tanto en un 50 % de luz como en un 100 % de luz, esta respuesta probablemente se deba a la baja temperatura que implica una menor cinética del proceso enzimático y como consecuencia un menor crecimiento, no se descarta que a plena luz puede haberse generado una mayor temperatura y consecuentemente una mayor transpiración que podría inducir a un stress hídrico transitorio tal como menciona Okali y Owusu, (1975), citado por ALMEIDA y VALLE (2007). Resultados similares obtuvieron Raja Harum y Kamariah (1983); citado por GÓMEZ (2002), quienes señalan que la disminución de la altura a plena exposición de luz fue debida a la reducción de elongación de entrenudos y en consecuencia determina que la planta tenga menor altura y se muestre con cierto grado de achaparramiento. Cabe mencionar que se observa un decaimiento en la altura de las plántulas por que fueron elegidas al azar.

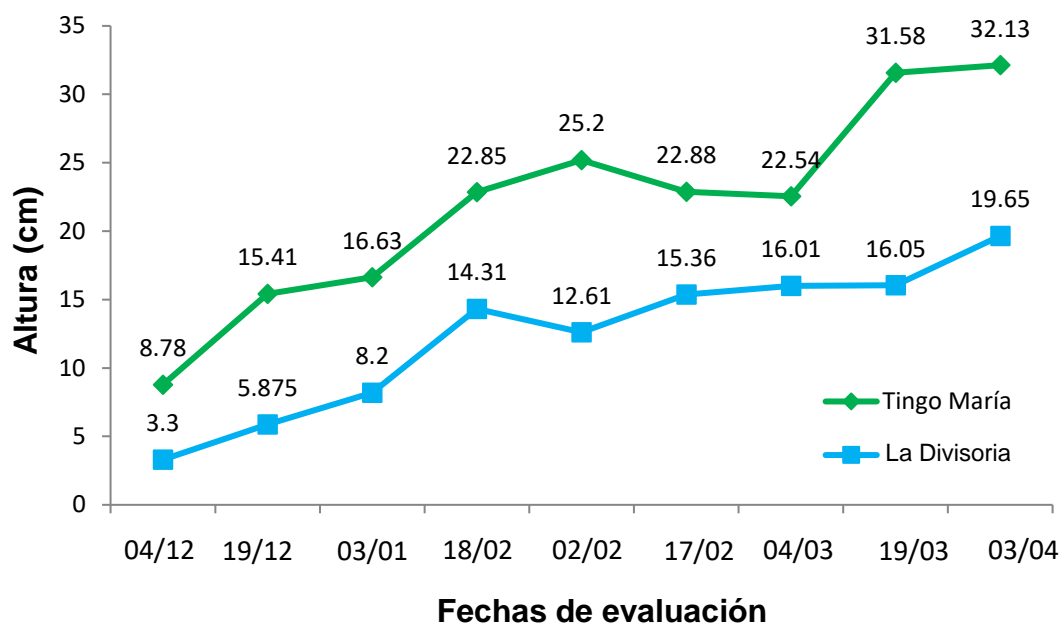


Figura 6. Comportamiento de la altura de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

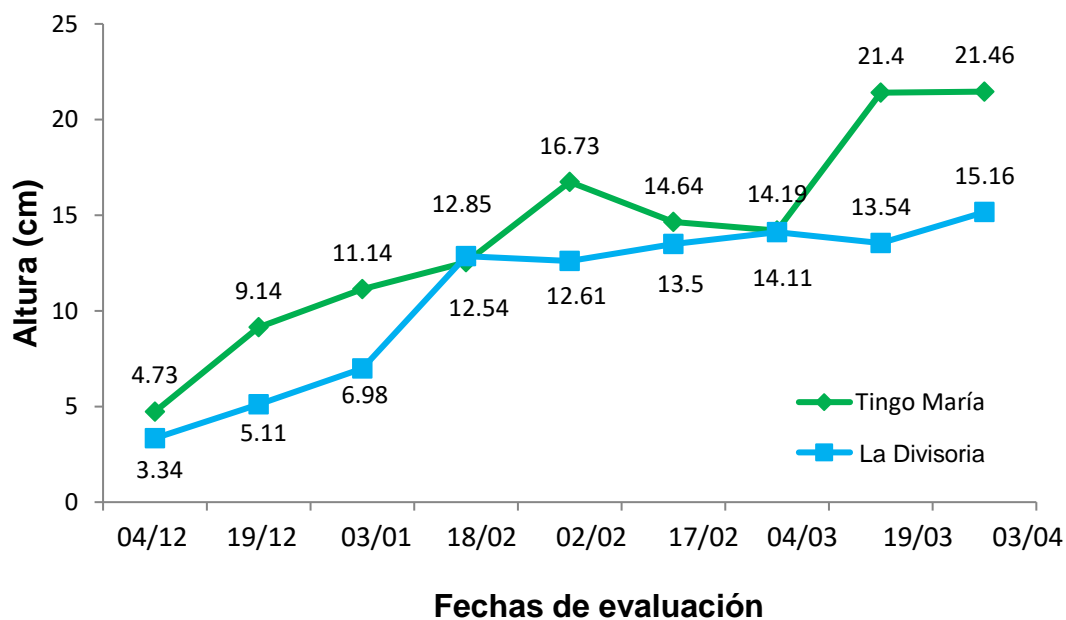


Figura 7. Comportamiento de la altura de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

4.3. Diámetro del tallo de los cultivares de cacao

4.3.1. Evaluación del diámetro de en Tingo María y La Divisoria

En el Cuadro 13, resulta significativo el efecto principal (factor B) en ambas localidades, mas no los efectos simples resultando con ello que las conclusiones sobre el diámetro de los plantones de cacao por tratamiento se deban al efecto principal (factor B). Tiene una buena homogeneidad de los datos con un 16.83 % (Tingo María) y 17.67 % (La Divisoria) de coeficiente de variabilidad. Se realizó la prueba de Tukey para el factor B.

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para el diámetro de los plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	6.13	S	0.97	NS
A (Genotipo)	1	2.35	NS	0.6	NS
B (Luminosidad)	1	12.87	S	2.12	S
A x B	1	3.18	NS	0.18	NS
Error experimental	12	1.69		0.44	
Total	15				
CV =		16.83 %		17.67 %	

S: significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

El Cuadro 14, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), sí mostró efecto significativo en el diámetro de los plantones de cacao. Es decir, que el

efecto de la luminosidad tuvo una influencia directa sobre el diámetro de los plantones. Gráficamente se describen los resultados en la Figura 8. Estos resultados son similares a los que obtuvo GÓMEZ (2002), a un 40 % de luz, donde menciona que el mayor diámetro del tallo en las plantas es un indicativo de un mejor desarrollo de las plantas; cabe mencionar que en ambas localidades existe una clara diferencia, por lo tanto es posible que en Tingo María y La Divisoria donde se desarrollaron los plantones de cacao se vean influenciado por las máximas y mínimas temperaturas que presentaron (Cuadro 2 y 3).

Cuadro 14. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el diámetro de plantones por efecto de la luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María		La Divisoria	
	Área (mm)	Significación	Área (mm)	Significación
b ₁ (50 % de luz)	8.63	a	4.13	a
b ₂ (100 % de luz)	6.83	b	3.41	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

El limitado crecimiento del diámetro que se encontró en los plantones de cacao en La Divisoria, puede deberse a la menor altura que presentó, Esto posiblemente sea por el mayor porcentaje de luz (100 %) al cual estuvo expuesto, ya que el cacao es una planta de sotobosque, y sometidas a altas intensidades de luz no crecen o no se desarrollan tal como menciona Vespa (2008), citado por GAMBOA (2010). En las Figuras 9 y 10 se puede apreciar un decaimiento del diámetro por que los plantones fueron elegidos al azar durante la evaluación.

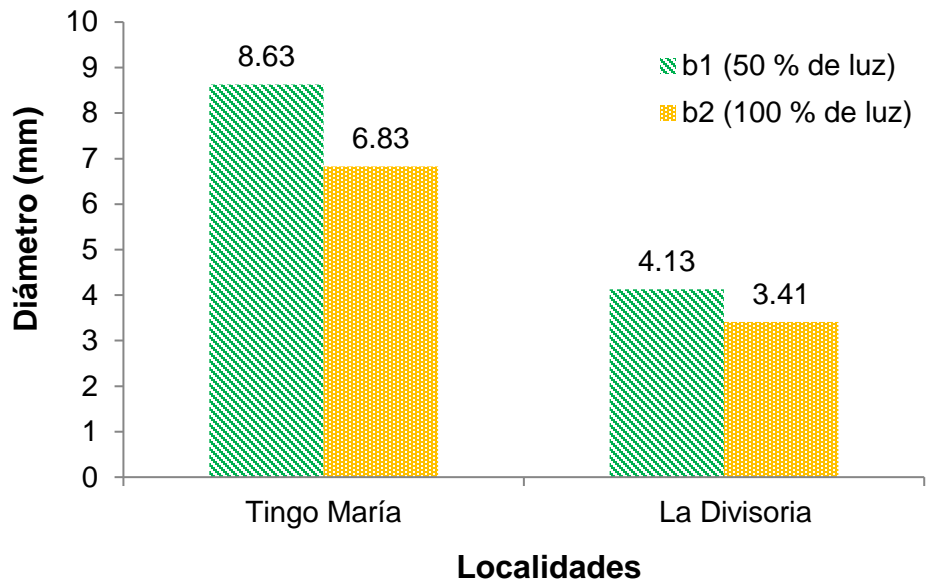


Figura 8. Diámetro de los plantones de cacao en el factor luminosidad.

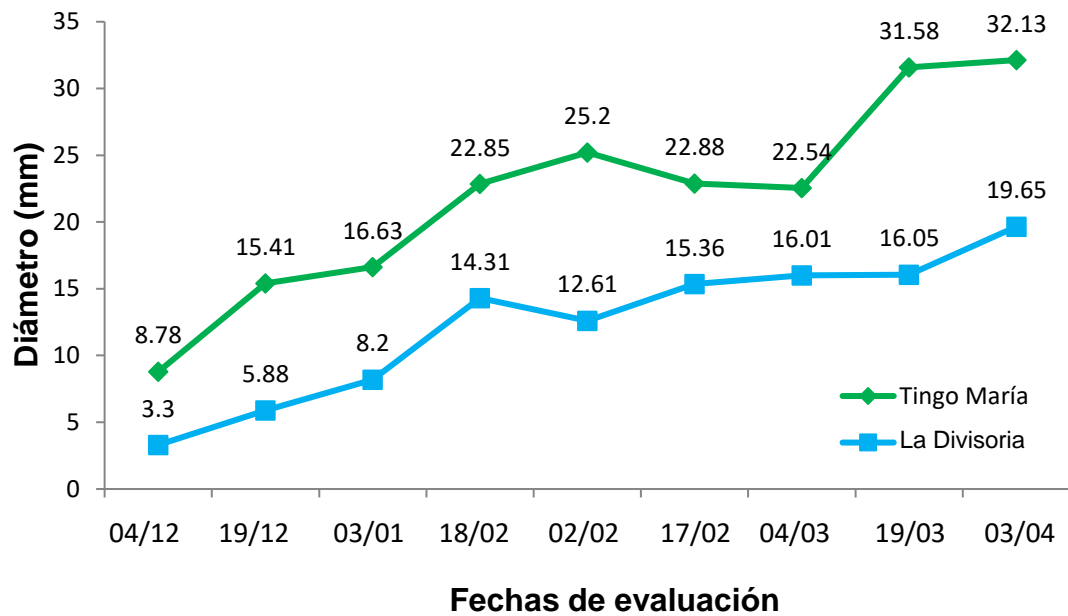


Figura 9. Comportamiento del diámetro de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

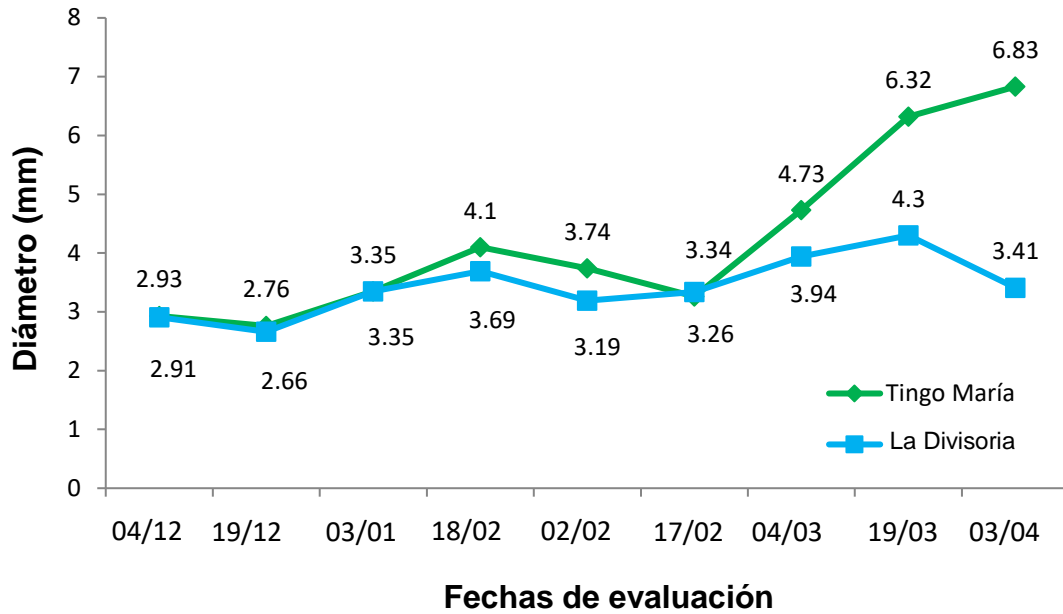


Figura 10. Comportamiento del diámetro de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria entre el 2013 y 2014.

4.4. Longitud de raíces de los cultivares de cacao

4.4.1. Evaluación de la longitud radicular en Tingo María y La Divisoria

En el Cuadro 15, podemos observar que la interacción de los factores resulta no significativo, los efectos principales (Factor A y Factor B) también resultaron no significativos, demostrando que no existe influencia de la luminosidad ni del genotipo; cabe así mismo indicar que tiene una excelente homogeneidad de datos con 8.44 % (Tingo María) y 9.25 % (La Divisoria) de coeficiente de variabilidad.

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para la longitud radicular de los plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		La Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	4.52	NS	8.61	NS
A (Genotipo)	1	6.00	NS	10.08	NS
B (Luminosidad)	1	7.56	NS	12.78	NS
A x B	1	0.01	NS	2.98	NS
Error experimental	12	3.32		2.77	
Total	15				
CV =		8.44 %		9.25 %	

NS: No existe significación estadística.

En la Figura 11, desde los 120 días hasta los 135 días podemos observar que las raíces no tuvieron un mayor crecimiento comparado con las evaluaciones anteriores, probablemente esto se deba a una mayor precipitación tal como se observa en el Cuadro 2 y por lo tanto las raíces no crecieron por tener el componente hídrico al alcance sin embargo cabe señalar que en Tingo María se observa mayor longitud de raíces de cacao; posiblemente esto se deba a la textura que presento el sustrato de Tingo María (franco arenoso) el cual proporciona mayor porosidad y con ello aireación a comparación del sustrato de La Divisoria (Franco), FASSBENDER (1975), indica que para un buen desarrollo radicular es necesario una determinada cantidad de aire; bajo condiciones de mala aireación se disminuye el contenido de oxígeno, aumenta el CO₂ y se producen gases nocivos tales como el metano, ácido sulfhídrico que provocan una

disminución de crecimiento radicular, absorción de agua y nutrientes así como también la vida microbiana en el suelo. VALENCIA (2005), afirma que un buen sistema radicular permite a la planta explorar suficiente volumen del suelo para obtener agua y nutrientes, lo que se traduce en buen desarrollo vegetativo.

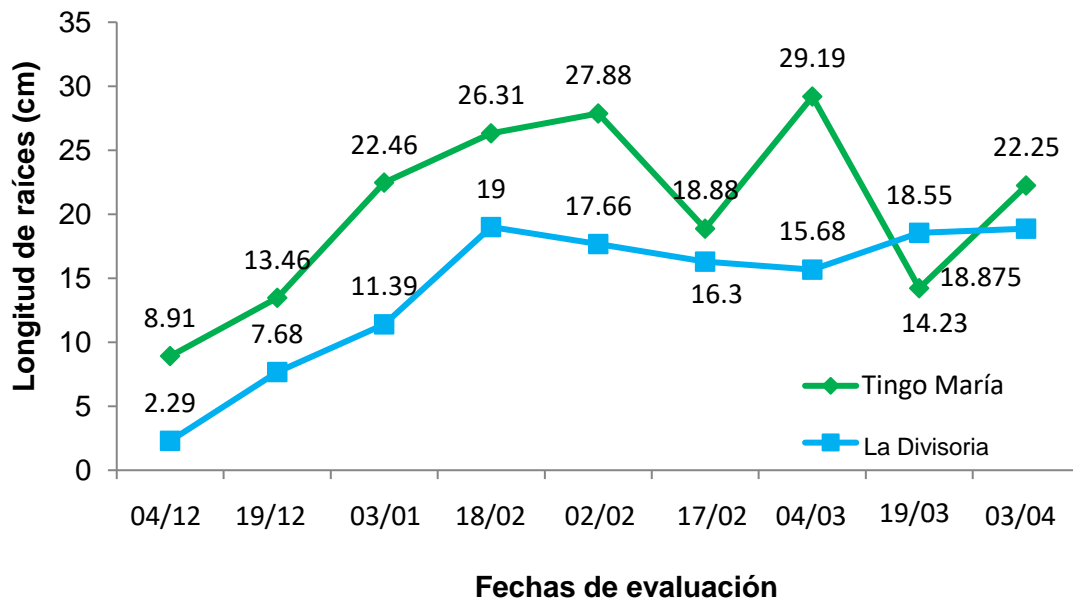


Figura 11. Comportamiento de la longitud radicular de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria entre el 2013 y 2014.

La Figura 12 se puede observar que no hubo mayor crecimiento, posiblemente porque estuvo a plena exposición solar (100% de luz) afectando las raíces superficiales de la planta del cacao limitando su capacidad de absorción de nutrientes y por ende menor tamaño tal como menciona SALVADOR *et al.*, (2012).

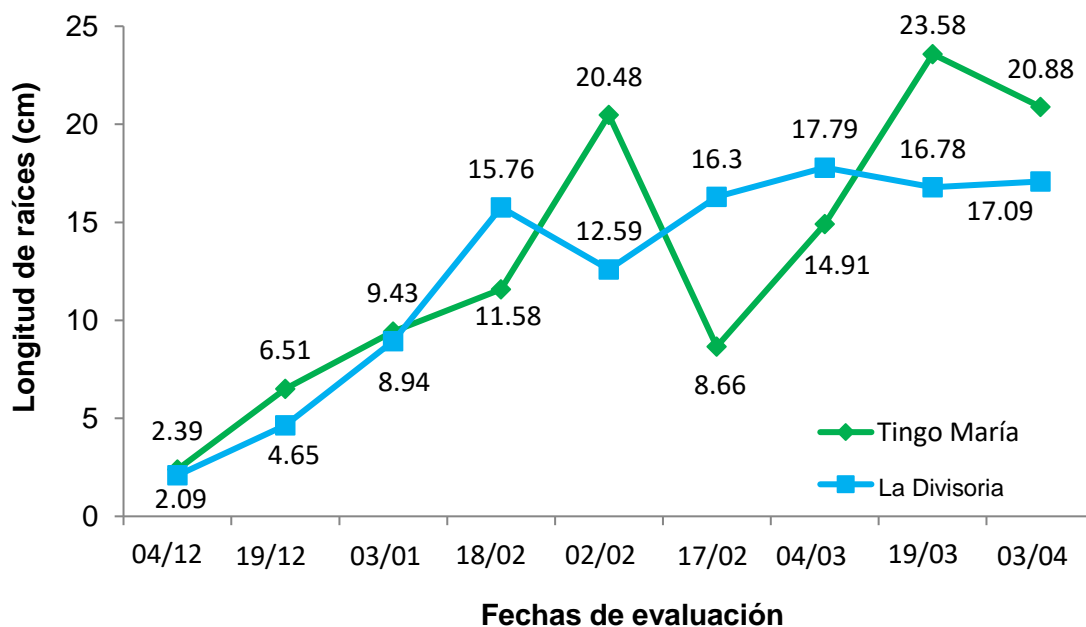


Figura 12. Comportamiento de la longitud radicular de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria entre el 2013 y 2014.

4.5. Volumen de raíces de los cultivares de cacao

4.5.1. Evaluación del volumen radicular en Tingo María y La Divisoria

Se presenta el análisis de variancia (ANVA) en el Cuadro 16, donde no existe evidencia estadística en la interacción de los factores A x B; ni en el factor A (Genotipo), por lo tanto el factor B (Luminosidad) resultó con significación estadística en ambas localidades, indicando de esta manera el efecto de la luz y el lugar en el aumento del volumen. Presenta un coeficiente de variabilidad de 24.49 % (Tingo María) teniendo una regular homogeneidad de datos y 36.13 % (La Divisoria) que indica un resultado variable de los datos.

Cuadro 16. Resumen del análisis de varianza para el volumen radicular de los plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		La Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	90.53	AS	0.74	NS
A (Genotipo)	1	12.78	NS	0.06	NS
B (Luminosidad)	1	258.41	AS	2.10	S
A x B	1	0.39	NS	0.06	NS
Error experimental	12	4.05		0.28	
Total	15				
CV =		24.49 %		36.13 %	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

S: significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

En el Cuadro 17, se muestra que a 50 % de luz (b_1) presenta mayor volumen, 12.24 cm^3 (Tingo María) y 1.83 cm^3 (La Divisoria) a comparación del nivel b_2 (100 % de luz). Es probable que el efecto de la luz en un 50 % genere una mayor expansión de las raíces y por lo tanto mayor volumen radicular. La Figura 13 muestra con mayor detalle esta respuesta. En las Figuras 14 y 15, se aprecia variaciones al final de la evaluación, donde el mayor volumen radicular fue en Tingo María, este resultado se da como respuesta de una mayor longitud radicular que presentaron los plantones de cacao así mismo podemos mencionar que el volumen es directamente proporcional al crecimiento de la raíz y por lo tanto es posible que la poca cantidad de hojas que presentaron los plantones de

cacao son abastecida por menor cantidad de raíces tal como menciona Levitt, (1980), citado por GAMBOA, (2010).

Cuadro 17. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el volumen radicular de los plantones por efecto de la luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María		La Divisoria	
	Área (cm ³)	Significación	Área (cm ³)	Significación
b ₁ (50 % de luz)	12.24	a	1.83	a
b ₂ (100 % de luz)	4.20	b	1.10	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre si.

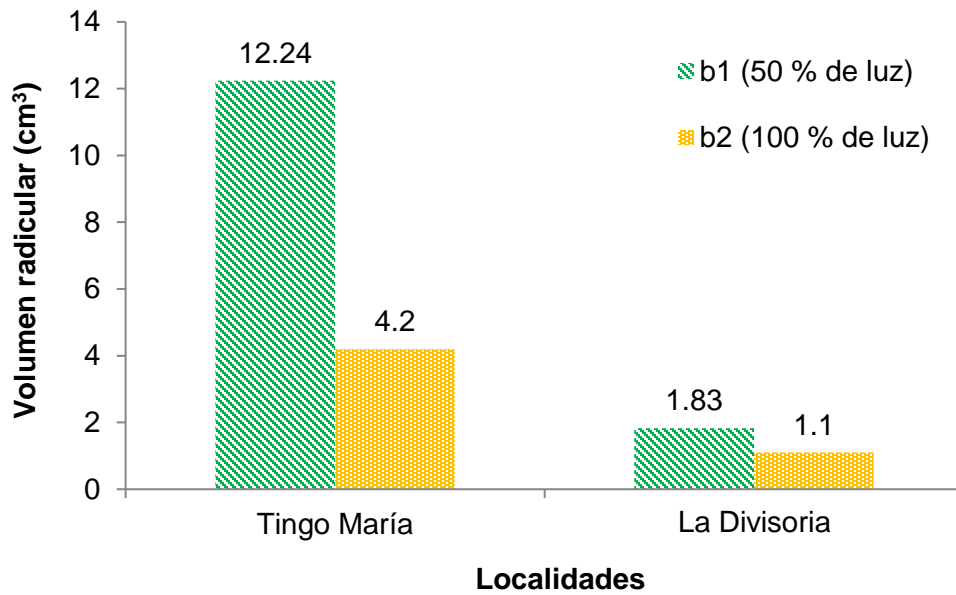


Figura 13. Volumen radicular de los plantones de cacao en el factor luminosidad.

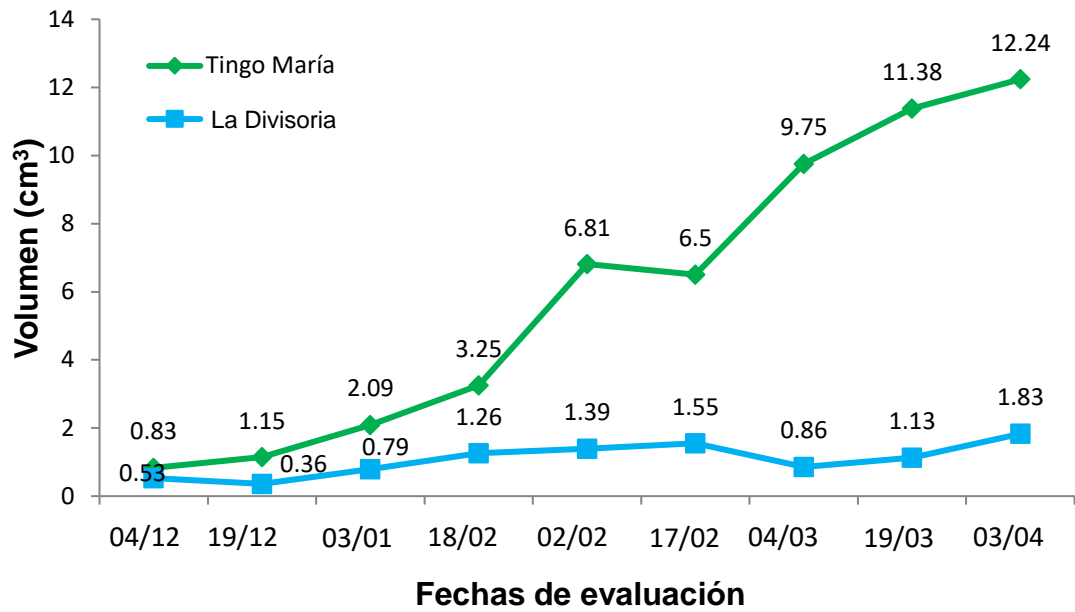


Figura 14. Comportamiento del volumen radicular de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre 2013 y 2014.

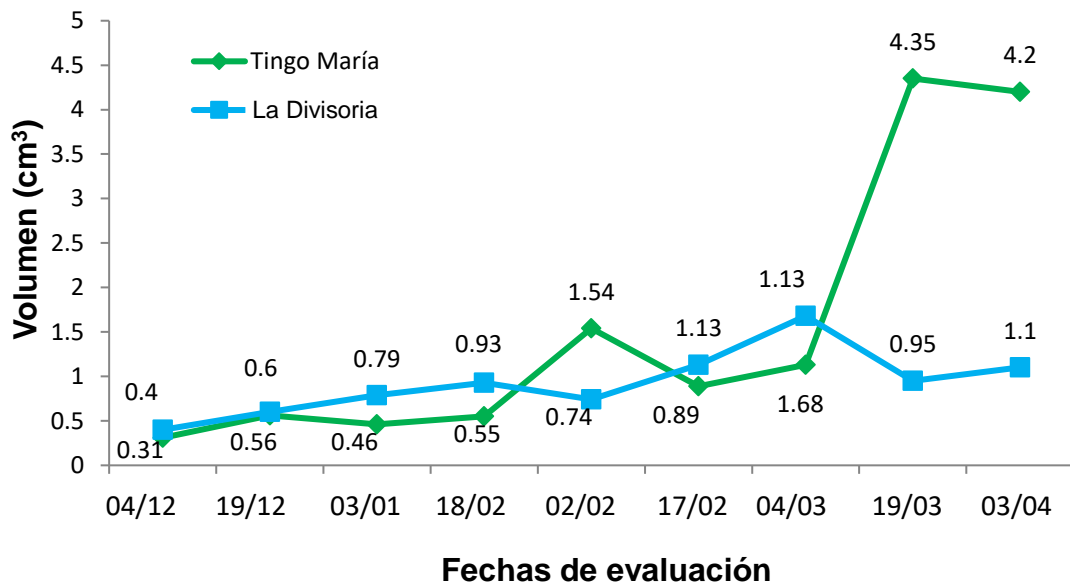


Figura 15. Comportamiento del volumen radicular de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria entre 2013 y 2014.

4.6. Número de hojas de los cultivares de cacao

4.6.1. Evaluación del número de hojas en Tingo María y La Divisoria

De los resultados del análisis de variancia (ANVA), aplicado al número de hojas de los plántones de cacao (Cuadro 18), no se encontró diferencias significativas para la interacción genotipo x luminosidad, pero si para el factor B (Luminosidad) en ambas localidades, el ANVA presenta un coeficiente de variabilidad de 36.56 % (Tingo María) indicando un resultado muy variable de los datos y 17.26 % (La Divisoria) demostrando una buena homogeneidad de los datos.

Cuadro 18. Resumen del análisis de varianza para el número de hojas de los plántones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		La Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	124.56	AS	6.40	S
A (Genotipo)	1	3.06	NS	0.06	NS
B (Luminosidad)	1	370.56	AS	14.06	AS
A x B	1	0.06	NS	5.06	NS
Error experimental	12	16.73		1.19	
Total	15				
CV =		36.56%		17.26%	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

S: significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

En el Cuadro 19 y Figura 16, se presenta los resultados del número de hojas de los dos cultivares de cacao a los 135 días de evaluación, observándose que existe mayor cantidad de hojas a un 50 % de luz (b_1) que al 100 % de luz (b_2) en ambas localidades, en estos resultados posiblemente la luz produce quemaduras que posteriormente se secan y hace que la planta entre proceso de estrés hídrico, donde las plantas responden con mayor producción de ácido abscisico que determina la formación de una capa de las hojas entre el peciolo y el tallo de la hoja que determina la caída de las mismas por efecto de la radiación de los rayos ultravioleta.

Cuadro 19. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas de los plantones por efecto de la luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María		La Divisoria	
	N° de hojas	Significación	N° de hojas	Significación
b_1 (50 % de luz)	16.00	a	7.25	a
b_2 (100 % de luz)	6.38	b	5.38	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

Cabe mencionar que estos resultados probablemente ocurrieron, porque el cacao es una planta, nativa del sotobosque de los bosques húmedos y por ende umbrofila (Motamayor *et al.*, 2002; Lachenaud *et al.*, 2007) citados por GUTIÉRREZ *et al.*, (2011); entonces las hojas de las plantas bajo sombra tienen mayor relación de clorofila b respecto a la clorofila a. TAIZ y ZEIGER (2006)

señalan que las bajas tasas fotosintéticas y la fotoinhibición de la fotosíntesis ocurre a altas radiaciones. El comportamiento del número de hojas en las nueve evaluaciones se observa con detalle en la Figura 17 y 18.

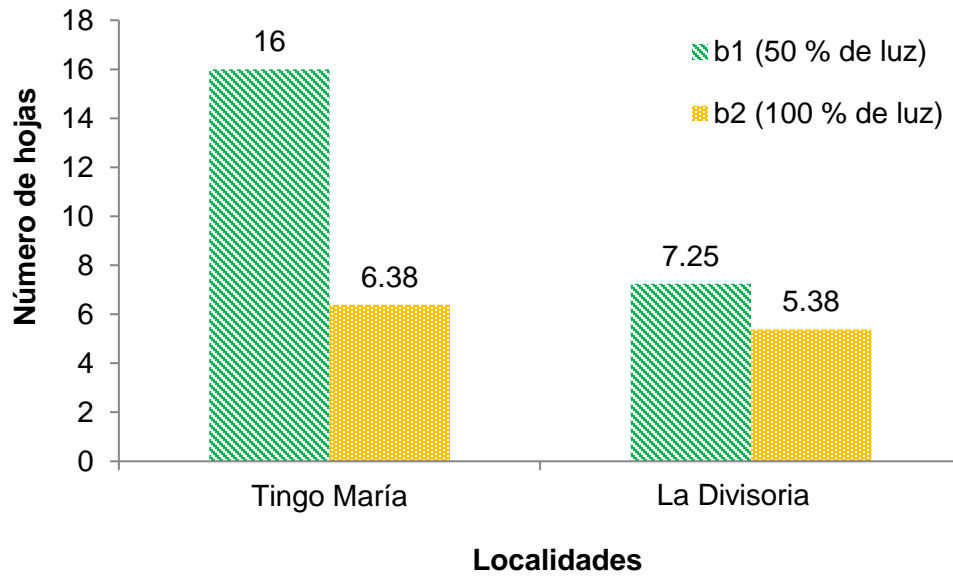


Figura 16. Número de hojas de los plantones de cacao en el factor luminosidad.

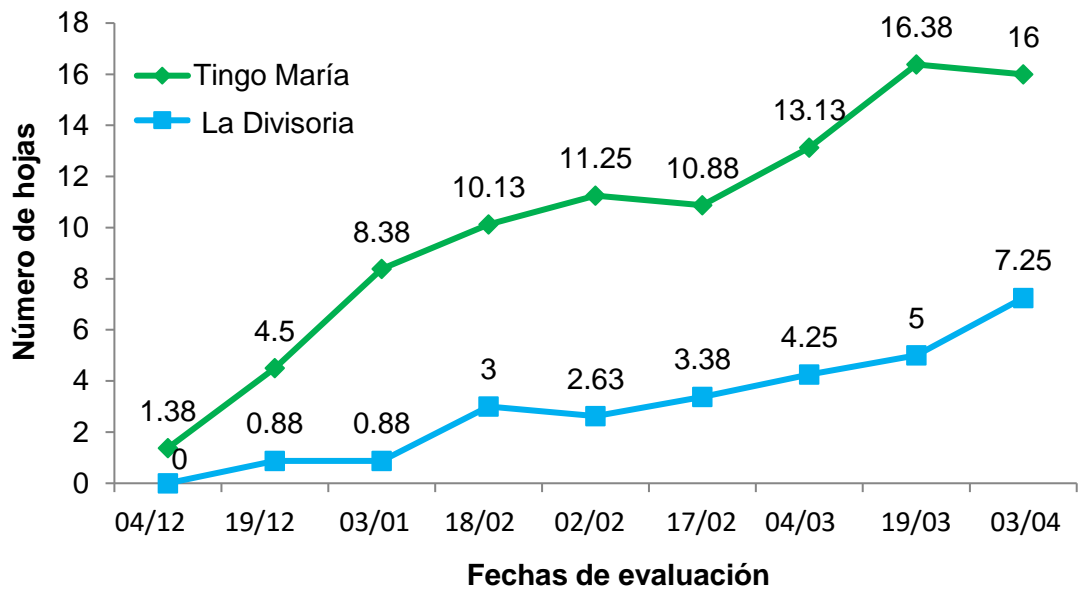


Figura 17. Comportamiento del número de hojas de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

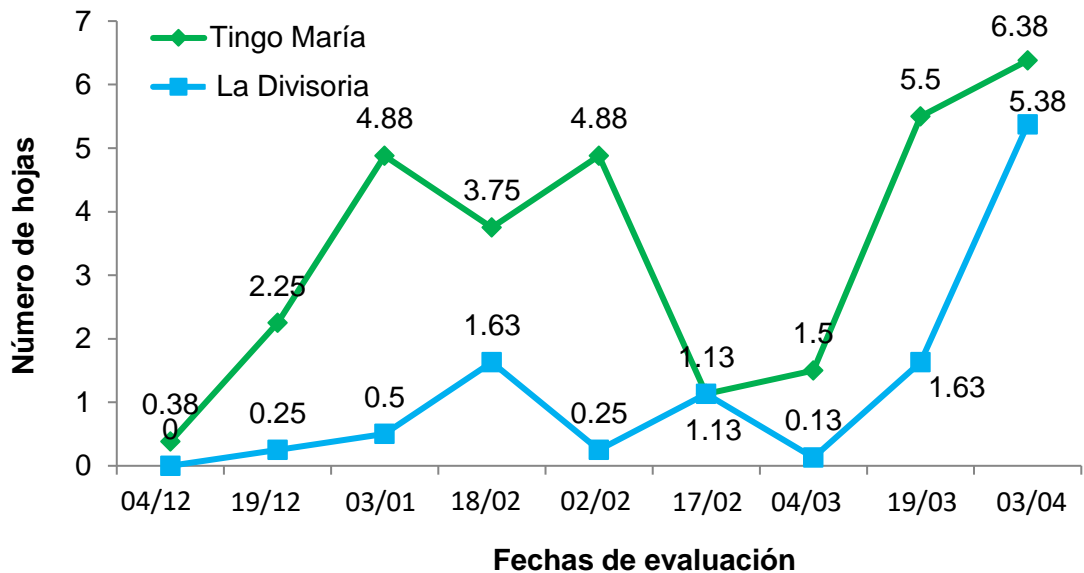


Figura 18. Comportamiento del número de hojas de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

4.7. Área foliar de los cultivares de cacao

4.7.1. Evaluación del área foliar en Tingo María y La Divisoria

De los resultados del análisis de variancia (ANVA) (Cuadro 20), el área foliar de los plántones de cacao no presenta diferencias significativas en lo que respecta al factor A (Genotipo) como en la interacción genotipo x luminosidad, pero siendo altamente significativo en el efecto principal (Factor B), en ambos genotipos; cabe así mismo indicar que presenta 28.04 % (Tingo María) y 38.27 % (La Divisoria) de coeficiente de variabilidad, indicando un resultado de datos muy variable.

Cuadro 20. Resumen del análisis de varianza para el área foliar de los plántones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María		La Divisoria	
		CM		CM	
Tratamiento	3	541454.80	AS	12242.20	AS
A (Genotipo)	1	8014.73	NS	225.75	NS
B (Luminosidad)	1	16104.24	AS	33406.70	AS
A x B	1	5925.15	NS	3094.14	NS
Error experimental	12	19949.22		1454.55	
Total	15				
CV =		28.04 %		38.27 %	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

En el Cuadro 21, se presentan los resultados de área foliar de los dos cultivares de cacao (ICS-95 y CCN-51) al final de la evaluación a los 135 días, la aplicación del 50 % de luz (b_1) tuvo mayor influencia en el área foliar en comparación con el 100 % de luz (b_2) en cada localidad; posiblemente el mayor porcentaje de luz origino como respuesta la disminución del contenido hídrico de las células y por consiguiente una menor presión de turgencia reduciendo el volumen celular y por lo tanto el área foliar tal como lo menciona TAIZ y ZEIGER (2006).

Cuadro 21. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para el área foliar de los plantones por efecto de la luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María		La Divisoria	
	Área (cm ²)	Significación	Área (cm ²)	Significación
b_1 (50 % de luz)	820.90	a	145.34	a
b_2 (100 % de luz)	186.39	b	53.95	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

Así mismo podemos mencionar que probablemente existe una mayor influencia de la altitud (msnm) en la cual se instalaron los plantones de cacao, siendo aproximadamente cinco veces mayor el área foliar en Tingo María que en La Divisoria a 50 % de luz; este resultado posiblemente ocurrió porque el sustrato de Tingo María presento mayor contenido de materia orgánica (5.97%) y nitrógeno (0.27 %), mientras que el sustrato de La Divisoria tuvo menor contenido de materia

orgánica (1.87 %) y nitrógeno (0.08 %). UHART (1995), menciona que el nitrógeno puede afectar las tasas de aparición y expansión foliar modificando el área foliar y la intercepción de la radiación solar por el cultivo. Sin embargo podemos mencionar que la cantidad de nitrógeno disponible para la planta depende directamente del manejo de agua (CANTLIFFE *et al.*, 1998), esta afirmación coincide con la mayor humedad relativa y precipitación que hubo en Tingo María en comparación con La Divisoria y por ende mayor N disponible para la planta.

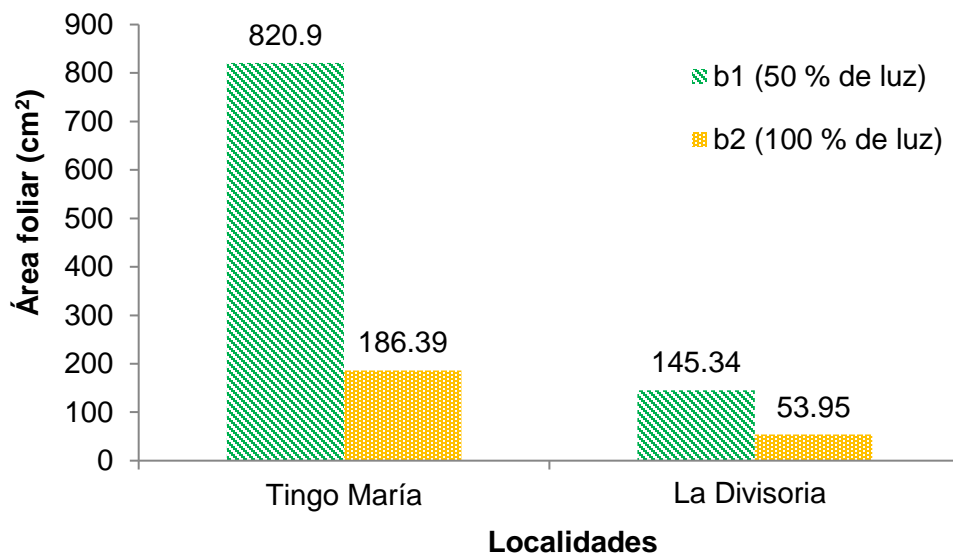


Figura 19. Influencia de la luminosidad en el área foliar de los plantones de cacao en dos localidades.

En las Figuras 27 y 28, observamos claramente que las hojas tienen mayor área foliar en Tingo María y La Divisoria a 50 % de luz respectivamente, que las hojas expuestas a 100 % de luz en ambos lugares, posiblemente esto

sucedan porque las hojas que estuvieron expuestas a mayor flujo de fotones y temperaturas frías (14.43°C) fueron fotoinhibidas y por ende no tuvieron mayor área foliar tal como menciona TAIZ y ZEIGER (2006).

También podemos mencionar que el calentamiento por efecto de calor trae como consecuencia una mayor presión de vapor dentro de los espacios intercelulares, forzando su escape a través de los estomas por esto la transpiración de la hoja es más acelerada tal como indica Alvim 1966; citado por MARTÍNEZ y ENRÍQUEZ (1984), disminuyendo el desarrollo de la hoja, y por consiguiente una menor área foliar.

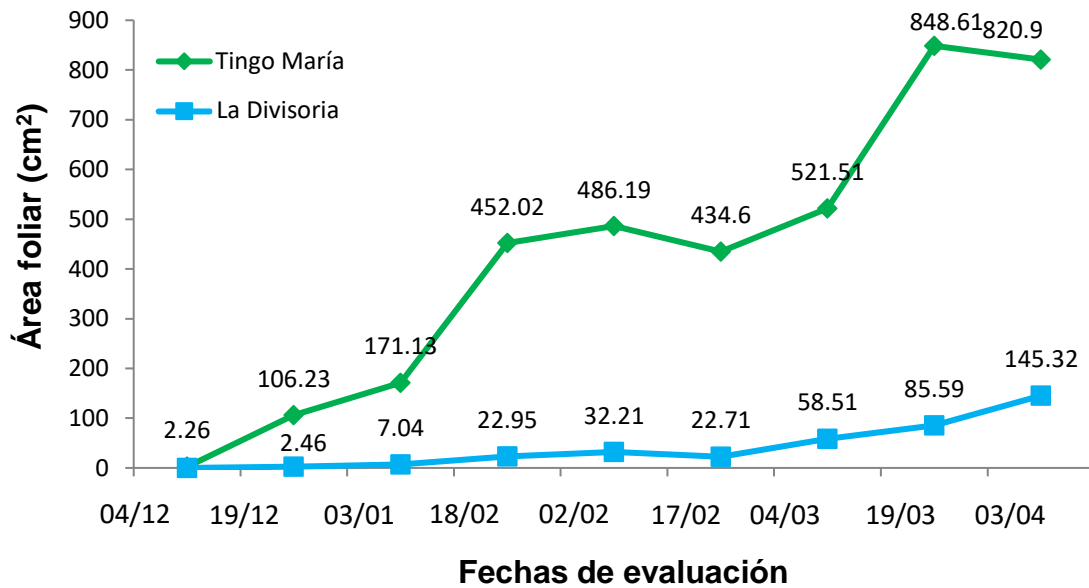


Figura 20. Comportamiento del área foliar de los plantones de cacao al 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria, entre el 2013 y el 2014.

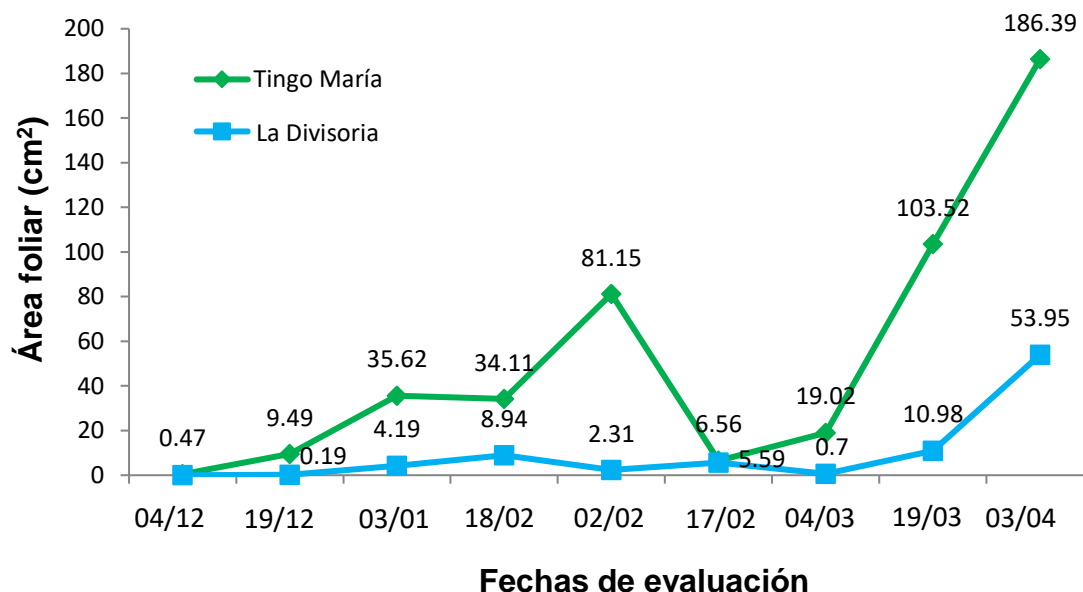


Figura 21. Comportamiento del área foliar de los plantones de cacao al 100 % de luz en Tingo María y La Divisoria entre el 2013 y el 2014.

4.8. Peso fresco y peso seco de los plantones de cacao

Con los resultados obtenidos se procedió a realizar un análisis de variancia ($\alpha = 0.05$), para el peso fresco y peso seco de los plantones de cacao de ambos cultivares (ICS-95 y CCN-51) al finalizar la evaluación (135 días); no se encontró diferencia significativa en la interacción (genotipo x luminosidad) ni en el factor A (Genotipo) para la parte aérea y radicular en el peso fresco. En el Cuadro 22, se observa que existe significación estadísticas para el factor B (Luminosidad), indicándonos que posiblemente existe influencia de la luz en el peso fresco, cabe así mismo indicar que el coeficiente de variabilidad para el peso fresco de la parte aérea y radicular en Tingo María y La Divisoria es 23.05, 27.08, 22.73 y 25.33 % respectivamente.

Cuadro 22. Resumen del análisis de varianza del peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María				La Divisoria			
		Peso fresco (g)				Peso fresco (g)			
		Parte aérea		Parte radicular		Parte aérea		Parte radicular	
		CM	AS	CM	AS	CM	AS	CM	AS
Tratamiento	3	163.13	AS	85.51	AS	12.11	AS	6.08	AS
A (Genotipo)	1	13.61	NS	5.69	NS	1.24	NS	0.11	NS
B (Luminosidad)	1	456.83	AS	233.38	AS	34.75	AS	17.14	AS
A x B	1	18.95	NS	17.47	NS	0.35	NS	1.00	NS
Error experimental	12	4.45		3.49		1.32		0.55	
Total	15								
C.V =		23.05 %		27.08 %		22.73 %		25.33 %	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

Se realizó la prueba de comparación de medias a través de la prueba de Tukey para el factor B (Cuadro 23 y Figura 22) probablemente en estos resultados, la luz al 100 % produjo un estrés fotobiológico que determino efectos dañinos del sol y por el bajo contenido de fosforo que presentaban los sustratos en ambas localidades, disminuyendo el crecimiento del sistema radicular que permite una mayor área de nutrición y por lo tanto redujo el crecimiento de toda la planta tal como indican TAIZ y ZEIGER (2006) y por consiguiente un menor peso.

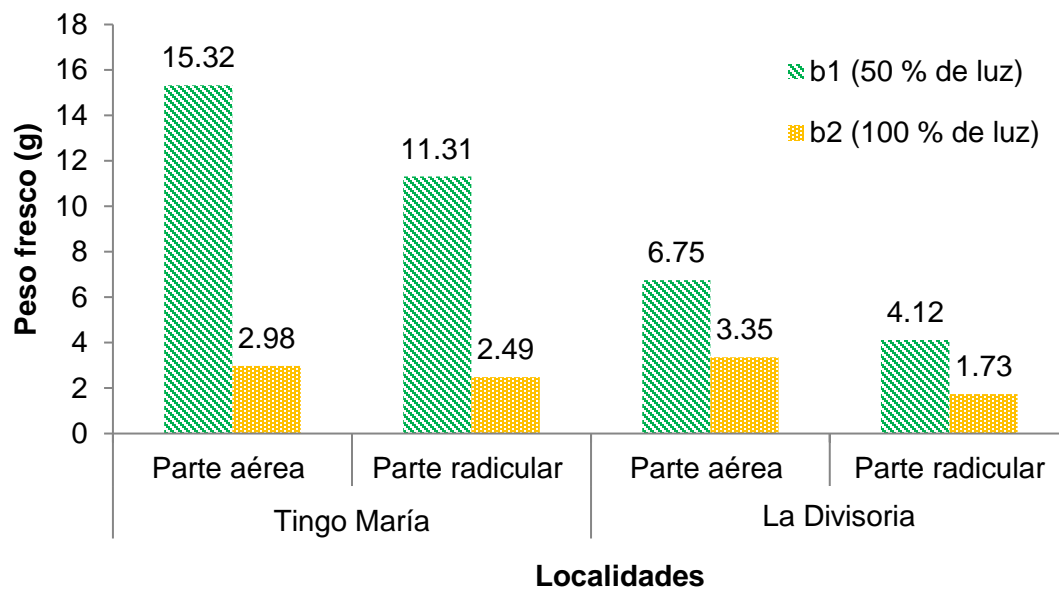


Figura 22. Peso fresco de la parte aérea y radicular en los diferentes niveles del factor luminosidad y en dos localidades.

Cuadro 23. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para el peso fresco de la parte aérea y radicular en el factor luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María				La Divisoria			
	Peso fresco (g)				Peso fresco (g)			
	Parte aérea (Media)	Sig	Parte radicular (Media)	Sig	Parte aérea (Media)	Sig	Parte radicular (Media)	Sig
b ₁ (50 % de luz)	15.32	a	11.31	a	6.75	a	4.12	a
b ₂ (100 % de luz)	2.98	b	2.49	b	3.35	b	1.73	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

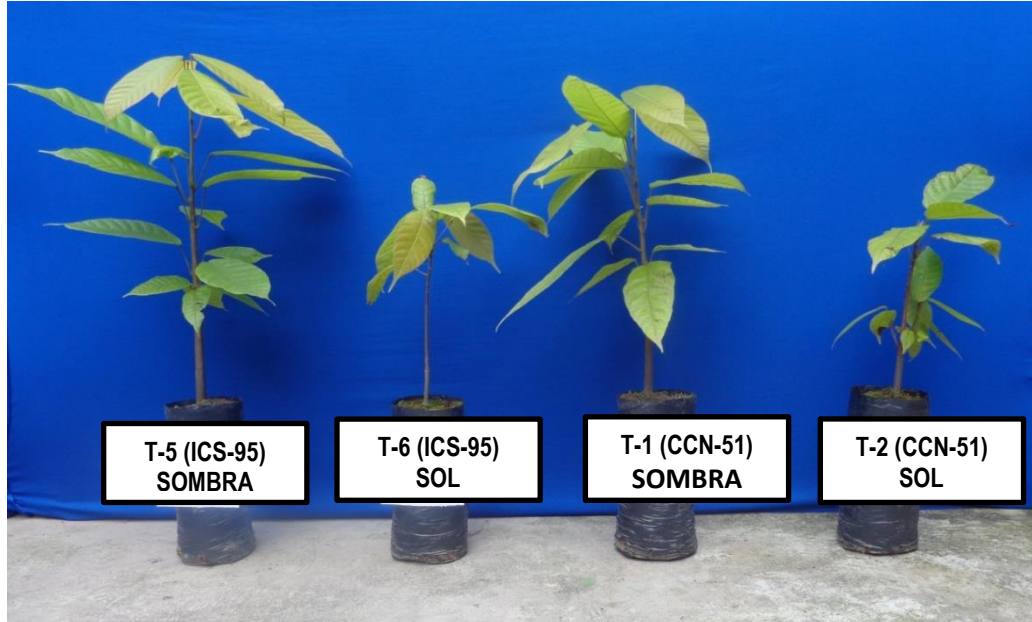


Figura 23. Plántulas de cacao del vivero de Tingo María a los 135 días.

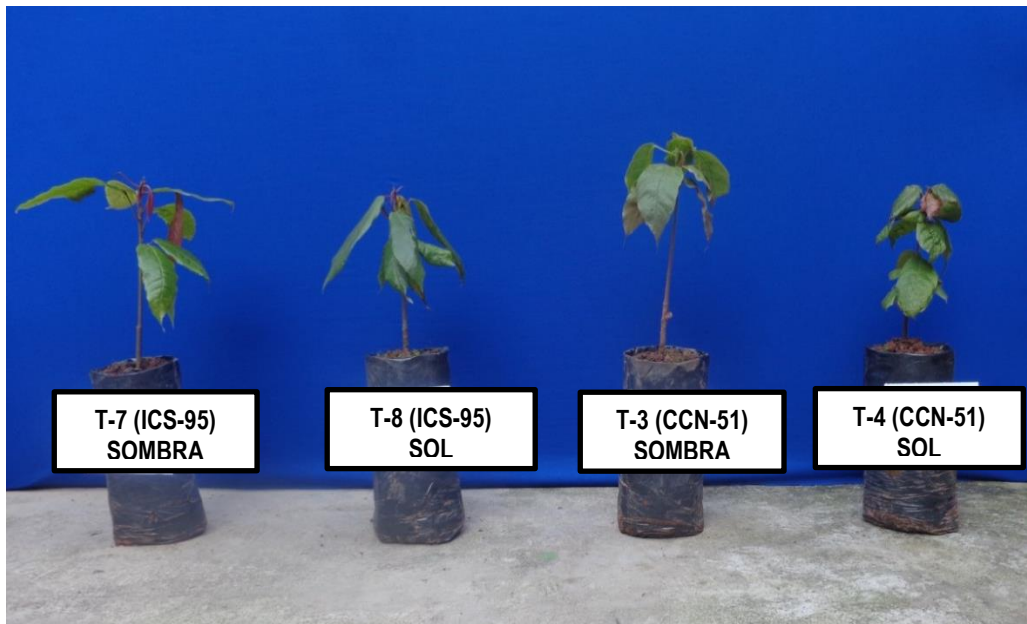


Figura 24. Plántulas de cacao del vivero de La Divisoria los 135 días.

En el Cuadro 24, no existe significación estadística en la interacción de genotipo x luminosidad ni en el factor A, mientras que el factor B (luminosidad) es altamente significativo en ambas localidades. Cabe indicar que en Tingo María tienen un 8.78 y 23.96 % de coeficiente de variabilidad de la parte aérea y radicular respectivamente siendo una excelente homogeneidad de datos para la parte aérea y una muy buena homogeneidad de datos para la parte radicular; en La Divisoria tienen 17.58 y 21.78 % de coeficiente de variabilidad de la parte aérea y radicular respectivamente siendo una buena homogeneidad de datos para la parte aérea y radicular.

Como puede observarse en el Cuadro 25. Las diferencias en peso seco en Tingo María y La Divisoria a 50 % de luz son tan notorias que podemos estimar que estos valores son posiblemente porque el sustrato de Tingo María tiene mejores propiedades físico químicas y por ende una mejor fertilidad de suelo que el de La Divisoria; lo cual promueve crecimiento rápido y mayor vigorosidad de las plantas, coincidiendo con BINKLEY (1993), que menciona que un suelo con mejor fertilidad produce cambios fisiológicos en la planta dando como resultado mayor incremento de biomasa.

Cuadro 24. Resumen del análisis de varianza del peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao en dos localidades.

Fuente de variación	GL	Tingo María				La Divisoria			
		Peso seco (g)				Peso seco (g)			
		Parte aérea		Parte radicular		Parte aérea		Parte radicular	
		CM		CM		CM		CM	
Tratamiento	3	45.52	AS	9.89	AS	0.47	AS	0.120	S
A (Genotipo)	1	0.47	NS	0.62	NS	0.16	NS	0.004	NS
B (Luminosidad)	1	135.54	AS	27.51	AS	1.24	AS	0.360	AS
A x B	1	0.55	NS	1.55	NS	0.01	NS	0.020	NS
Error experimental	12	0.14		0.30		0.04		0.020	
Total	15								
C.V =		8.78 %		23.96 %		17.58 %		21.78 %	

AS: Alta significación estadística al 5% de probabilidad.

S: significación estadística al 5% de probabilidad.

NS: No existe significación estadística.

Cuadro 25. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), para el peso seco de la parte aérea y radicular en el factor luminosidad.

Luminosidad (B)	Tingo María				La Divisoria			
	Peso seco (g)				Peso seco (g)			
	Parte aérea (Media)	Sig	Parte radicular (Media)	Sig	Parte aérea (Media)	Sig	Parte radicular (Media)	Sig
b ₁ (50 % de luz)	7.67	a	2.50	a	1.49	a	0.78	a
b ₂ (100 % de luz)	0.94	b	2.04	b	0.85	b	0.43	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

En la Figura 25, se observa claramente la diferencias entre el peso seco de la parte aérea y radicular de ambas localidades (La Divisoria y Tingo María) posiblemente ocurrió un daño por enfriamiento debido a que en la Divisoria hubo menor temperatura (14.43°C), (Cuadro 3), al respecto podemos mencionar que las especies tropicales son susceptibles al daño por frio, que trae como consecuencia menor tamaño y por lo tanto menor peso en la parte aérea y radicular tal como indican TAIZ y ZEIGER (2006).

Resultados parecidos obtuvo GÓMEZ (2002), quien encontró que la materia seca de las hojas, tallos y raíces a 50% de luz presentaron mayor valor que las plantas que estuvieron a mayor exposición solar.

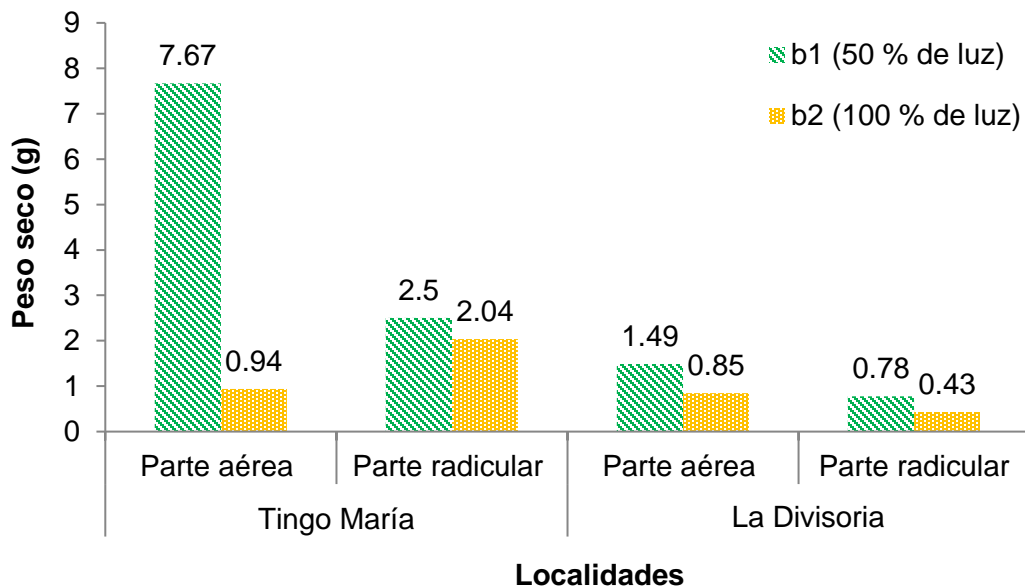


Figura 25. Peso seco de la parte aérea y radicular en diferentes niveles del factor luminosidad en dos localidades.

V. CONCLUSIONES

1. La evaluación del comportamiento de las plántulas de cacao en la etapa de vivero (hasta los 135 días) determinó que el mejor agroecosistema altitudinal para el crecimiento vegetal tanto en los genotipos CCN-51 e ICS-95 fue de 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria.
2. Que no existe interacción entre el genotipo x luminosidad en los dos agroecosistemas altitudinales (Tingo María y La Divisoria).
3. El mayor porcentaje de germinación de las semillas en promedio de cacao (96.5 %) ocurre en Tingo María (668 msnm) y el menor porcentaje en promedio (71 %) en La Divisoria (1674 msnm).
4. Las plántulas de cacao que presentaron mayor biomasa, en altura; diámetro; volumen radicular; número de hojas; mayor área foliar; peso fresco de la parte aérea y radicular, el peso seco de la parte aérea y radicular, fue en Tingo María a 50 % de luz, de forma similar en ambos cultivares mientras que en La Divisoria a 50 % de luz, se obtuvo valores menores de biomasa, en altura; diámetro; volumen radicular; número de hojas; área foliar; peso fresco de la parte aérea y radicular, el peso seco de la parte aérea y radicular; comparados con aquellos valores observados a 100% de luminosidad.

VI. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda:

- 1.** Ensayar la aplicación de fórmulas de fertilización a los sustratos que van a ser expuestos a mayor porcentaje de luz.
- 2.** Realizar otra investigación con otros genotipos, aplicaciones de enmiendas químicas y biológicas a los sustratos, con la finalidad de obtener plantones de cacao más vigorosas en condiciones extremas de luz y temperatura.
- 3.** Para La Divisoria se sugiere ensayar la conducción de viveros con menor porcentaje de luz (nubosidad) similar a sotobosque para mejorar las condiciones climáticas mejorando así el crecimiento de los plantones.

VII. RESUMEN

La presente investigación se realizó entre Setiembre del 2013 y Abril del 2014, en dos lugares: Tingo María, perteneciente al distrito de Rupa Rupa y La Divisoria, perteneciente al distrito de Hermilio Valdizan, ambos dentro de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco; con la finalidad de evaluar el comportamiento de los dos cultivares de cacao (CCN-51 e ICS-95) hasta vivero a fin de determinar el porcentaje de luz y el lugar adecuado para el crecimiento de ambos genotipos. Se utilizaron las semillas obtenidas del Banco de Germoplasma de la UNAS.

Los tratamientos experimentales consistieron en la interacción de dos factores A y B, siendo el primero, genotipo y el segundo la luminosidad en diferentes lugares (Tingo María y La Divisoria), utilizando DCA con arreglo factorial 2A2B con 4 repeticiones y la prueba de Tuckey ($\alpha = 0.05$).

En el área experimental donde estuvieron los plantones de cacao en Tingo María y La Divisoria se utilizó postes y vigas de bambú los cuales fueron cercados con un alambre de púas y una rafia, se techo con malla raschel para tratamientos con 50 % de luz; el sustrato para Tingo María fue tierra agrícola extraída del fundo de la Facultad de Agronomía y para La Divisoria tierra agrícola del fundo Cila, una vez llenas las bolsas fueron acomodadas y ordenadas en tres hileras a 20 cm de distancia y 20 cm entre bolsa. Para la germinación, las semillas de ambos cultivares fueron colocadas por separado en envases de plástico, y cubiertas por una capa de tres mm de aserrín húmedo y puestos en un lugar fresco y una vez

germinados las semillas de cacao fueron llevadas al vivero de acuerdo a sus tratamientos. Las evaluaciones se realizaron hasta los 135 días transcurrido desde las semillas repicadas a las bolsas hasta los últimos plántones que quedaron. Se evaluó porcentaje de germinación de semillas, altura, diámetro, longitud, volumen de raíz, área foliar y número de hojas así como también peso seco y peso fresco de los plántones de cacao.

La evaluación del comportamiento de las plántulas de cacao en la etapa de vivero (hasta los 135 días) determinó que el mejor agroecosistema altitudinal para el crecimiento vegetal tanto en los genotipos CCN-51 e ICS-95 fue de 50 % de luz en Tingo María y La Divisoria.

Que no existe interacción entre el genotipo x luminosidad en los dos agroecosistemas altitudinales (Tingo María y La Divisoria).

El mayor porcentaje de germinación de las semillas en promedio de cacao (96.5 %) ocurre en Tingo María (668 msnm) y el menor porcentaje en promedio (71 %) en La Divisoria (1674 msnm).

Las plántulas de cacao que presentaron mayor biomasa, en altura; diámetro; volumen radicular; número de hojas; mayor área foliar; peso fresco de la parte aérea y radicular, el peso seco de la parte aérea y radicular, fue en Tingo María a 50 % de luz, de forma similar en ambos cultivares mientras que en La Divisoria a 50 % de luz, se obtuvo valores menores de biomasa, en altura; diámetro; volumen radicular; número de hojas; área foliar; peso fresco de la parte aérea y radicular, el peso seco de la parte aérea y radicular; comparados con aquellos valores observados a 100 % de luminosidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ADRIAZOLA, J. 2007. Cultivo de cacao. En: Diplomado cultivos industriales tropicales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. pp. 22-25.
2. ALMEIDA, A. y VALLE, R. 2007. Ecofisiología del árbol de cacao. Revista brasileña de fisiología vegetal. Universidad Estadual de Santa Cruz. Brasil. 19 (4):425-448.
3. ASOCIACIÓN PERUANA DE PRODUCTORES DE CACAO (APPCACAO). 2012. Producción de cacao. [En línea]. (<http://www.appcacao.org>. Documento 17 Jul. 2012).
4. BENITO, A. 1992. Tecnificación del cacao en la selva peruana. Primera edición. Fundación para el desarrollo del Agro (FUNDEAGRO). Talleres de Grafía S.A. Lima – Perú. 155 p.
5. BLINKEY, D. 1993. Nutrición forestal, prácticas de manejo. Trad. Por Manuel Guzmán. Editorial Limusa S.A. de C.V. México. 518 p.
6. CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5 Ed. Editorial Milagros S.A., Lima, Perú. 644p.

7. CANTLIFFE, D.; HOCHMUTH, G.; KARCHI, I.; SECKER, I. y BENYEHOSHUA, S. 1998. Nitrogen fertility requeriment for icebert lettuce grow on sandland with plastic mulch and irrigation. Proc. Fla. Sate. Hort. Soc. 110: 306-309.
8. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 2011. Predicting the impact of climate change on the cocoa-growing regions in Ghana and Cote d'Ivoire. pp. 7-10.
9. ECHEVERRI, M. y OROZCO, L. 1982. Producción de algunos híbridos de cacao a altitudes superiores a 1.000 metros. Colombia. Cocoa Producers' Alliance, Lagos (Nigeria).1982. pp. 673-679.
10. ENRÍQUEZ, A. 2003. El cultivo orgánico de cacao bajo el concepto de calidad total. Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP. En: Normativa, procesos y tecnologías para la producción orgánica de cacao. Seminario Taller. Quito – Ecuador. 27 p. [En línea] (<http://es.scrib.com/doc/91416651/cacao-organico-calidad-Total-g-Enmriquez>, Documento PDF. 10 de Diciembre del 2011).
11. ENRÍQUEZ, G. 1986. Curso sobre el cultivo de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).Turrialba. Costa Rica. pp. 45-78.

12. FASSBENDER, H. 1975. Química de suelos, con énfasis en suelos de América latina. Turrialba – Instituto interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Costa Rica. 397 p.
13. GAMBOA, M. 2010. Efecto de las condiciones hídricas del suelo sobre el intercambio gaseoso y el crecimiento en plantas de *Theobroma cacao* L. Tesis para optar título de ingeniero agrónomo. Universidad de ciencias aplicadas y Ambientales. Bogotá. Colombia. pp. 11-75.
14. GARCÍA, L.F. 2009. Catálogo de cultivares de cacao. Ministerio de Agricultura. Tingo María- Perú. pp. 23-54.
15. GÓMEZ, A. 2002. Efecto de diferentes intensidades de luz sobre el intercambio gaseoso y desarrollo del cacao cv. Guasare. Tesis Magister Scientiae. Universidad de los Andes. Venezuela. pp. 5-80.
16. GONZÁLES H., F. 2007. Ecofisiología del cultivo de cacao. En: Diplomado cultivos industriales tropicales. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. pp.6-10.
17. GUTIÉRREZ R., M.; GÓMEZ S., R. y FACUNDO R., N. 2011. Comportamiento del crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Grupo Nacional de

Investigación en Ecofisiología y Metabolismo Vegetal Trópica,
Universidad Industrial de Santander - UIS. Bucaramanga. Colombia.
12(1): 33-42.

18. HERNÁNDEZ, A. 1991. Cacao: Sistemas de producción en la amazonia peruana. Proyecto de promoción agroindustrial AD/PER/86/459 UNFDAC – PNUD/OSP. Tingo María – Perú. 70 p.
19. IBAÑES, L. y CASAS, I. 1985. Estudio de la semilla de cacao en frio. Turrialba. Costa Rica. pp.8-15.
20. INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES (ICT). 2004. Manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonia peruana. Primera edición. Perú. 167 p.
21. LEIVA, M. 2009. Política agraria y seguridad alimentaria frente al cambio climático: retos del sector agrio en el Perú. [En línea] (www.cepes.org.pe/cendoc//cultivos/.....//boletín_CC_nro5_20100325 documento PDF del 3 de marzo 2010).
22. MARTÍNEZ, A. y ENRÍQUEZ, G. 1984. La sombra para el cacao. Turrialba, Costa Rica. pp. 2-5.

23. MIGUEL E., W.; ROMERO C., G. y MORENO P., J. 2011. Guía técnica del cultivo de cacao. Centro de Investigación Tropical y Enseñanza (CATIE) y Confederación de Federaciones de la Reforma Agraria Salvadoreña (CONFRAS). San Salvador. Salvador. pp. 2-16.

24. MINISTERIO DE AGRICULTURA (MINAG). 2010. Impactos de la variabilidad climática en la agricultura, segunda comunicación nacional del Perú.

25. PALENCIA C., G.; GOMEZ S., R. y GÚIZA P., O. 2009. Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Colombia. pp. 12 -30.

26. PAREDES A., M. 2004. Manual del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Ministerio de Agricultura. Programa para el desarrollo de la Amazonia (PROAMAZONIA). Perú. pp. 9 – 21.

27. REÁTEGUI, M. 2010. Evaluación del efecto de tres abonos orgánicos para el crecimiento de *Colubrina glandulosa* Perkins (Shaina), e fase de vivero en Tingo María. Tesis para optar título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables – Mención ciencias forestales, Tingo María, Perú. 66p.

28. SALVADOR, N.; ESPINOZA, E. y ROJAS, J. 2012. Manual del cultivo de cacao blanco en Piura. Piura. pp. 20-30.
29. SÁNCHEZ, G. A. 1996. Reacción de frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.) a la infección de *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans. En Tingo María. Tesis Ing. Agro. Universidad Nacional Agraria de la selva Tingo María. Tingo María. Huánuco. Perú. 107 p.
30. TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2006. Fisiología vegetal. 3 Ed. Editorial Publicacions de la Universitat Jaume. USA. pp. 269-689.
31. UHART, S. 1995. Efecto de la disponibilidad de nitrógeno y carbono sobre la determinación del número de granos y del rendimiento en maíz. Tesis para obtener el grado de Dr. Universidad Nacional del Mar del Plata. Buenos Aires. Argentina. 20 p.
32. VALENCIA, G. 2005. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Colombia. 10 p.

IX. ANEXO

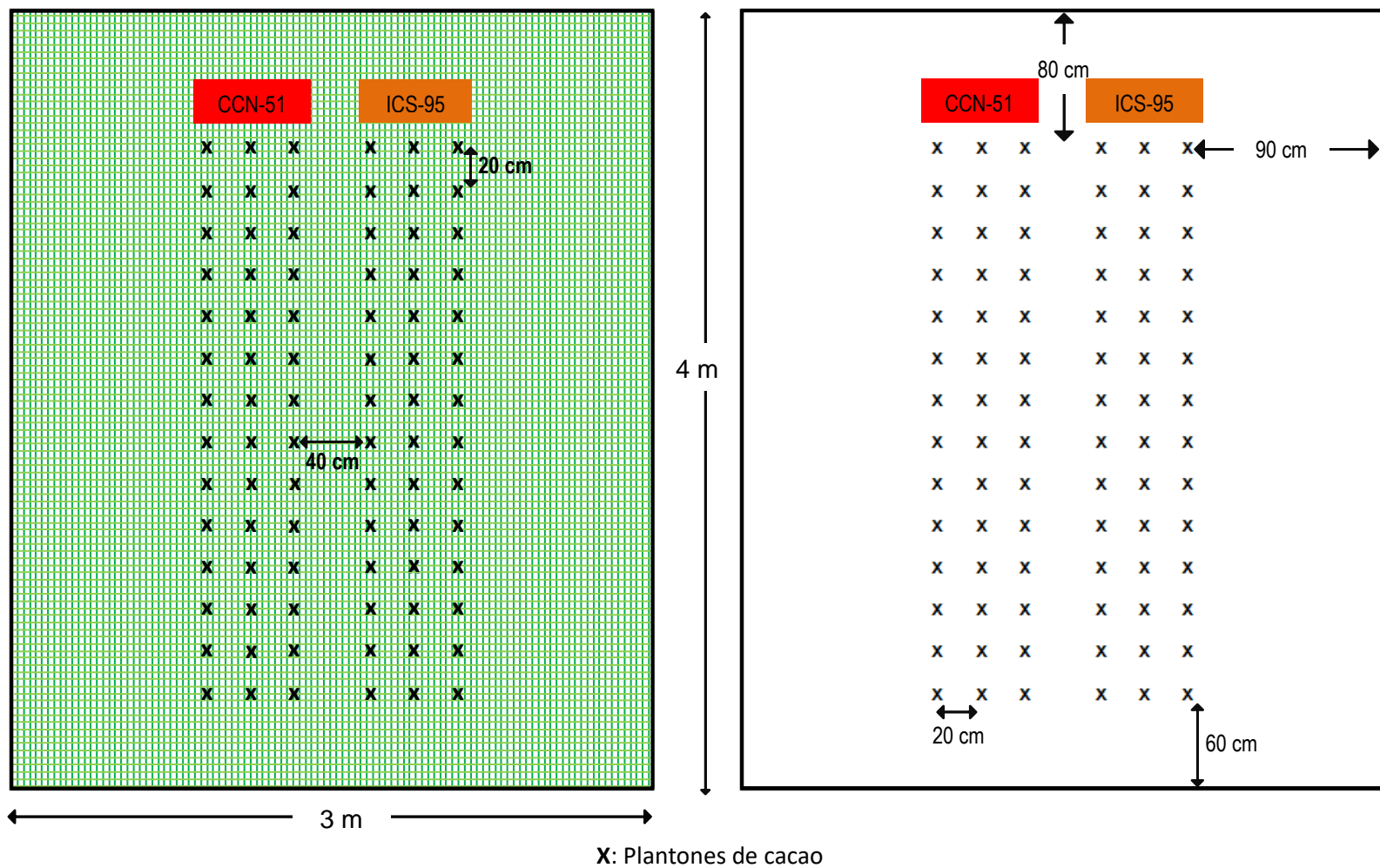


Figura 26. Croquis de la parcela instalada en Tingo María y La Divisoria: A la izquierda a 50 % de luz y a la derecha a 100 % de luz.

Cuadro 26. Porcentaje de pre germinación de semillas de cacao de los cultivares ICS-95 y CCN-51.

Tingo María													
ICS-95		Días de evaluación											
Plato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
I	0	0	5	6	9								20
II	0	0	7	5	7								19
III	0	0	4	5	10								19
IV	0	0	5	6	9								20
V	0	0	3	7	9								19
Total	0	0	24	29	44								97
CCN-51													
Plato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
I	0	0	0	4	5	8	3						20
II	0	0	0	3	4	7	5						19
III	0	0	0	2	5	7	5						19
IV	0	0	0	3	5	7	4						19
V	0	0	0	5	4	3	7						19
Total	0	0	0	17	23	32	24						96
La Divisoria													
ICS-95		Días de evaluación											
Plato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
I	0	0	0	0	0	0	4	7	6				17
II	0	0	0	0	0	0	3	6	6				15
III	0	0	0	0	0	0	2	5	7				14
IV	0	0	0	0	0	0	2	6	5				13
V	0	0	0	0	0	0	3	4	7				14
Total	0	0	0	0	0	0	14	28	31				73
CCN-51													
Plato	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
I	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	2		12
II	0	0	0	0	0	0	0	3	5	3	2		13
III	0	0	0	0	0	0	0	4	4	6			14
IV	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	2		14
V	0	0	0	0	0	0	0	3	4	5	4		16
Total	0	0	0	0	0	0	0	17	20	22	10		69

Cuadro 27. Altura de los plantones de cacao en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)								
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04
T ₁	CCN-51	50	TM	5.8	18.8	18.9	25.2	21.2	25.0	21.2	32.1	36.1
T ₁	CCN-51	50	TM	11.4	15.8	15.4	18.6	22.0	28.5	20.0	34.2	23.2
T ₁	CCN-51	50	TM	4.8	17.8	22.4	17.0	26.5	22.0	23.9	34.3	36.1
T ₁	CCN-51	50	TM	8.8	13.4	19.9	19.5	27.2	24.0	23.7	28.4	34.5
T ₅	ICS-95	50	TM	5.0	11.1	15.0	28.6	25.0	24.0	24.2	26.2	34.2
T ₅	ICS-95	50	TM	6.3	13.2	13.6	23.9	25.7	22.5	24.0	35.4	25.3
T ₅	ICS-95	50	TM	13.1	18.0	14.0	24.5	27.7	23.0	23.8	32.1	36.0
T ₅	ICS-95	50	TM	15.0	15.2	13.8	25.5	26.3	14.0	19.5	29.9	31.6
T ₂	CCN-51	100	TM	4.0	14.0	15.5	15.8	15.5	21.5	15.3	23.1	22.6
T ₂	CCN-51	100	TM	4.2	6.6	15.0	15.7	21.4	16.6	16.7	16.6	16.0
T ₂	CCN-51	100	TM	4.0	12.0	6.0	17.1	14.1	17.0	13.8	20.2	19.7
T ₂	CCN-51	100	TM	4.5	13.6	16.0	19.2	19.6	15.0	16.2	25.5	21.3
T ₆	ICS-95	100	TM	5.8	5.4	12.5	12.2	19.0	15.4	10.6	29.0	23.3
T ₆	ICS-95	100	TM	4.5	3.6	8.6	8.9	17.0	12.0	13.1	23.0	24.9
T ₆	ICS-95	100	TM	3.3	12.8	14.3	7.7	10.8	11.0	13.2	15.2	23.0
T ₆	ICS-95	100	TM	6.8	10.0	5.6	7.0	15.2	15.5	15.7	20.3	22.0
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.4	7.3	6.0	18.9	10.5	17.5	14.5	15.2	16.5
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.3	6.7	9.0	21.1	14.2	14.9	17.7	16.8	20.4
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.0	4.2	5.8	18.2	16.3	18.0	16.6	19.5	17.6
T ₃	CCN-51	50	Dv	1.8	5.6	7.0	8.0	10.0	15.3	15.1	20.0	20.8
T ₇	ICS-95	50	Dv	3.3	6.4	8.0	12.2	16.3	14.0	16.3	14.5	22.9
T ₇	ICS-95	50	Dv	4.7	4.9	9.3	12.9	12.5	15.0	12.7	16.1	19.2
T ₇	ICS-95	50	Dv	3.6	5.7	7.0	11.6	11.2	14.6	16.6	13.4	22.1
T ₇	ICS-95	50	Dv	3.3	6.2	13.5	11.6	9.9	13.6	18.6	12.9	17.7
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.5	4.5	8.5	14.4	15.5	19.5	19.8	12.1	9.70
T ₄	CCN-51	100	Dv	4.5	3.5	6.5	15.0	13.4	13.0	13.6	15.7	14.2
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.2	4.0	8.5	19.7	15.7	14.0	15.3	14.7	17.5
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.5	5.0	4.5	11.2	13.0	15.0	13.1	15.8	17.7
T ₈	ICS-95	100	Dv	2.8	5.0	7.3	13.2	11.0	12.0	11.3	14.7	11.3
T ₈	ICS-95	100	Dv	3.1	5.5	6.0	11.4	10.5	9.5	15.8	11.5	15.1
T ₈	ICS-95	100	Dv	3.0	10.0	7.0	8.3	10.0	12.0	12.2	11.0	15.9
T ₈	ICS-95	100	Dv	3.1	3.4	7.5	9.6	11.8	13.0	11.8	12.8	19.9

TM: Tingo María

Dv: La Divisoria

Cuadro 28. Diámetro de los tallos de los plantones de cacao en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)									
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04	
T ₁	CCN-51	50	TM	3.10	2.90	4.80	5.56	5.50	7.00	8.42	8.41	8.58	
T ₁	CCN-51	50	TM	4.00	3.20	3.10	6.94	6.00	7.10	11.18	7.79	7.46	
T ₁	CCN-51	50	TM	3.10	3.10	5.10	6.81	5.00	6.70	7.03	8.54	9.13	
T ₁	CCN-51	50	TM	3.80	4.00	5.00	4.93	7.00	7.30	7.38	8.52	9.59	
T ₅	ICS-95	50	TM	2.50	3.10	4.00	6.53	5.00	8.00	8.56	9.98	9.38	
T ₅	ICS-95	50	TM	2.30	3.80	4.20	5.17	7.00	6.00	8.95	8.62	7.90	
T ₅	ICS-95	50	TM	3.20	4.20	3.90	6.61	6.20	7.00	7.58	8.51	8.85	
T ₅	ICS-95	50	TM	3.10	3.90	3.50	3.62	5.50	4.00	8.73	8.63	8.13	
T ₂	CCN-51	100	TM	3.00	3.80	4.00	4.22	4.30	4.00	3.57	7.53	7.71	
T ₂	CCN-51	100	TM	3.10	2.70	3.00	5.17	5.11	3.40	5.27	6.79	7.13	
T ₂	CCN-51	100	TM	3.00	3.10	3.00	4.70	2.30	4.00	4.78	6.78	4.22	
T ₂	CCN-51	100	TM	3.10	4.00	4.00	5.22	5.00	3.20	5.33	6.4	4.96	
T ₆	ICS-95	100	TM	3.00	2.20	3.50	3.94	4.00	3.10	4.94	5.28	5.22	
T ₆	ICS-95	100	TM	3.00	1.40	3.00	3.77	3.80	3.30	4.23	5.87	8.52	
T ₆	ICS-95	100	TM	3.00	2.50	3.70	3.49	2.30	2.00	4.55	5.45	8.50	
T ₆	ICS-95	100	TM	2.20	2.40	2.60	2.30	3.10	3.10	5.17	6.47	8.41	
T ₃	CCN-51	50	Dv	4.00	3.00	3.10	4.42	5.00	3.90	4.20	4.45	4.26	
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.10	3.00	3.00	4.35	4.00	4.20	4.08	5.17	4.31	
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.60	3.10	3.00	4.47	3.80	3.50	4.72	5.30	4.80	
T ₃	CCN-51	50	Dv	3.50	3.00	3.20	3.50	4.00	4.10	3.87	5.63	3.52	
T ₇	ICS-95	50	Dv	2.00	2.90	2.80	3.93	4.00	3.10	4.23	3.21	3.80	
T ₇	ICS-95	50	Dv	2.90	3.10	3.00	4.28	3.90	4.60	4.45	3.30	4.60	
T ₇	ICS-95	50	Dv	2.40	3.00	2.60	3.95	3.50	3.50	4.85	3.85	4.45	
T ₇	ICS-95	50	Dv	2.20	3.20	3.10	4.14	3.30	3.10	4.67	3.20	3.33	
T ₄	CCN-51	100	Dv	2.90	3.00	3.20	3.80	3.20	3.00	4.08	3.90	3.50	
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.90	2.00	3.00	4.14	3.00	4.00	4.07	4.35	3.15	
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.70	3.00	3.80	4.23	4.90	3.00	4.11	4.33	3.82	
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.10	2.40	5.30	3.84	3.20	4.30	4.31	4.55	4.35	
T ₈	ICS-95	100	Dv	2.40	3.00	2.80	3.42	3.00	3.50	3.80	4.41	1.74	
T ₈	ICS-95	100	Dv	2.00	2.80	3.00	3.41	2.10	2.50	4.14	4.56	3.86	
T ₈	ICS-95	100	Dv	2.80	3.10	2.80	3.40	2.30	3.10	3.67	4.62	3.26	
T ₈	ICS-95	100	Dv	2.50	2.00	2.90	3.29	3.80	3.30	3.37	3.66	3.56	

TM: Tingo María
Dv: La Divisoria

Cuadro 29. Longitud de las raíces obtenidas en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)								
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04
T ₁	CCN-51	50	TM	5.9	11.5	13.1	25.3	24.0	19.0	32.7	19.9	21.5
T ₁	CCN-51	50	TM	13.9	13.1	25.5	22.7	31.0	20.0	28.3	19.2	22.3
T ₁	CCN-51	50	TM	4.5	12.3	29.6	19.2	25.0	19.0	23.3	19.3	22.5
T ₁	CCN-51	50	TM	7.5	15.6	29.1	31.5	29.0	24.0	34.1	19.6	25.1
T ₅	ICS-95	50	TM	3.6	11.0	20.3	24.6	34.0	19.0	23.5	9.98	23.2
T ₅	ICS-95	50	TM	3.8	13.4	33.0	32.2	24.0	22.0	35.2	8.62	20.4
T ₅	ICS-95	50	TM	15.4	11.9	13.0	27.2	26.0	18.0	28.7	8.5	19.2
T ₅	ICS-95	50	TM	16.7	18.9	16.1	27.8	30.0	10.0	27.7	8.6	23.8
T ₂	CCN-51	100	TM	1.7	19.0	12.0	7.9	10.9	4.0	10.3	32.1	22.6
T ₂	CCN-51	100	TM	2.4	3.3	9.0	15.1	26.9	3.4	20.8	27.3	22.1
T ₂	CCN-51	100	TM	1.2	6.3	5.5	19.4	8.00	4.0	20.3	34.5	22.1
T ₂	CCN-51	100	TM	1.1	5.0	6.0	26.4	26.0	3.2	23.1	19.7	19.2
T ₆	ICS-95	100	TM	3.5	1.3	7.7	7.1	26.0	20.1	12.1	20.6	20.4
T ₆	ICS-95	100	TM	2.0	4.4	5.6	4.5	21.0	18.0	4.6	19.0	22.6
T ₆	ICS-95	100	TM	3.2	6.1	24.1	8.2	20.0	7.6	12.7	18.8	20.0
T ₆	ICS-95	100	TM	4.0	6.7	5.5	4.0	25.0	9.0	15.4	16.6	18.0
T ₃	CCN-51	50	Dv	1.0	8.3	13.0	21.0	18.3	10.5	24.3	11.7	17.7
T ₃	CCN-51	50	Dv	2.0	3.0	6.0	18.0	10.7	19.0	8.4	15.2	17.6
T ₃	CCN-51	50	Dv	1.5	0.9	9.0	20.2	14.5	17.0	21.2	21.4	19.1
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.3	3.5	10.0	8.6	19.0	16.9	10.3	22.8	16.2
T ₇	ICS-95	50	Dv	3.4	10.2	14.3	19.1	30.1	19.0	19.5	20.1	20.5
T ₇	ICS-95	50	Dv	3.3	9.9	14.5	23.1	19.1	24.0	12.3	25.3	20.1
T ₇	ICS-95	50	Dv	2.3	13.1	12.8	21.2	8.6	19.0	10.1	13.7	20.6
T ₇	ICS-95	50	Dv	4.5	12.5	11.5	20.8	21.0	5.0	19.3	18.2	19.2
T ₄	CCN-51	100	Dv	1.6	2.5	9.0	13.9	16.2	21.1	17.6	10.5	12.7
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.6	0.6	8.0	22.1	9.0	20.5	16.1	16.2	17.6
T ₄	CCN-51	100	Dv	3.7	0.5	9.3	15.6	22.5	20.3	15.2	15.6	17.4
T ₄	CCN-51	100	Dv	1.2	3.5	0.0	15.8	8.7	17.0	13.4	13.8	19.2
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.9	10	11.2	17.0	17.5	18.5	18.2	18.3	17.5
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.6	2.0	11.0	17.6	9.1	11.0	16.4	19.3	17.9
T ₈	ICS-95	100	Dv	4.1	9.5	11.0	16.4	7.7	12.0	23.1	20.4	15.8
T ₈	ICS-95	100	Dv	1.0	8.6	12.0	7.7	10.0	10.0	22.3	20.1	18.6

TM: Tingo María
Dv: La Divisoria

Cuadro 30. Volumen de las raíces obtenidas en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)									
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04	
T ₁	CCN-51	50	TM	0.2	1.1	2.8	3.0	9.0	11.0	10.0	8.0	13.9	
T ₁	CCN-51	50	TM	3.0	1.3	1.0	3.0	10.0	7.0	8.0	8.0	13.0	
T ₁	CCN-51	50	TM	0.5	1.2	4.7	5.0	5.0	6.0	10.0	10.0	10.0	
T ₁	CCN-51	50	TM	0.1	2.0	3.3	2.0	7.0	7.0	12.0	12.0	15.0	
T ₅	ICS-95	50	TM	0.1	0.5	1.3	3.0	4.5	8.0	10.0	21.0	11.0	
T ₅	ICS-95	50	TM	0.2	0.7	1.8	3.0	7.0	6.0	10.0	11.0	12.0	
T ₅	ICS-95	50	TM	1.5	0.8	0.8	4.0	8.0	6.0	7.0	10.0	9.0	
T ₅	ICS-95	50	TM	1.0	1.6	1.0	3.0	4.0	1.0	11.0	11.0	14.0	
T ₂	CCN-51	100	TM	0.4	1.7	1.0	0.2	0.6	0.9	0.6	10.0	8.0	
T ₂	CCN-51	100	TM	0.5	0.4	0.5	0.4	2.0	0.8	2.0	4.0	7.0	
T ₂	CCN-51	100	TM	0.3	0.6	0.4	0.6	1.8	1.0	1.8	6.0	3.0	
T ₂	CCN-51	100	TM	0.2	0.5	0.5	1.0	2.0	1.3	1.2	4.0	3.0	
T ₆	ICS-95	100	TM	0.3	0.2	0.4	1.2	2.0	0.8	0.6	3.0	4.0	
T ₆	ICS-95	100	TM	0.1	0.2	0.3	0.5	1.2	1.3	0.6	3.0	3.0	
T ₆	ICS-95	100	TM	0.3	0.4	0.5	0.2	0.7	0.5	1.2	1.8	3.0	
T ₆	ICS-95	100	TM	0.4	0.5	0.1	0.3	2.0	0.5	1.0	3.0	2.6	
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.8	0.1	1.7	1.2	2.0	1.2	1.6	1.0	1.2	
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.4	0.4	0.6	2.0	1.5	1.7	0.6	1.2	1.6	
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.4	0.5	0.5	2.0	1.8	1.8	1.0	1.4	2.8	
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.1	0.9	1.2	0.7	0.6	0.8	0.8	1.6	2.2	
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.5	0.3	0.4	1.0	2.5	1.9	0.5	0.8	1.4	
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.6	0.2	0.4	1.0	1.0	1.8	1.0	1.2	1.6	
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.6	0.3	0.5	1.2	0.7	2.0	0.8	1.0	2.2	
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.8	0.2	1.0	1.0	1.0	1.2	0.6	0.8	1.6	
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.3	0.8	0.8	0.5	1.0	2.1	2.0	0.6	1.2	
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.8	0.1	0.6	2.0	0.8	1.3	1.2	1.2	0.8	
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.9	0.5	2.0	1.4	1.2	0.9	1.6	1.4	0.8	
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.3	0.4	0.2	1.8	0.6	2.0	0.8	0.8	1.6	
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.1	1.0	0.6	0.4	0.6	0.8	2.0	1.2	0.4	
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.2	0.3	0.7	0.4	0.4	0.4	1.8	0.8	1.6	
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.5	1.2	0.6	0.5	0.5	0.9	2.0	1.0	0.8	
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.1	0.5	0.8	0.4	0.8	0.6	2.0	0.6	1.6	

TM: Tingo María
Dv: La Divisoria

Cuadro 31. Número de las hojas obtenidas en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)								
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04
T ₁	CCN-51	50	TM	0	4	11	7	8	9	14	15	21
T ₁	CCN-51	50	TM	3	5	8	12	12	12	10	15	13
T ₁	CCN-51	50	TM	0	4	9	9	21	11	9	22	17
T ₁	CCN-51	50	TM	2	2	15	8	11	9	10	12	15
T ₅	ICS-95	50	TM	0	4	4	11	10	14	13	15	20
T ₅	ICS-95	50	TM	0	4	7	12	8	11	22	19	16
T ₅	ICS-95	50	TM	4	7	6	11	11	11	13	16	12
T ₅	ICS-95	50	TM	2	6	7	11	9	10	14	17	14
T ₂	CCN-51	100	TM	0	0	8	6	2	1	2	4	13
T ₂	CCN-51	100	TM	0	5	9	5	2	1	1	2	9
T ₂	CCN-51	100	TM	0	4	0	5	2	0	1	5	3
T ₂	CCN-51	100	TM	0	4	6	5	3	2	3	3	2
T ₆	ICS-95	100	TM	0	0	2	3	15	1	1	3	9
T ₆	ICS-95	100	TM	0	0	5	2	8	2	1	5	10
T ₆	ICS-95	100	TM	0	5	8	3	4	1	1	3	3
T ₆	ICS-95	100	TM	3	0	1	1	3	1	2	19	2
T ₃	CCN-51	50	Dv	0	0	0	7	2	1	4	6	6
T ₃	CCN-51	50	Dv	0	2	0	1	3	7	5	5	5
T ₃	CCN-51	50	Dv	0	0	0	3	3	0	3	5	8
T ₃	CCN-51	50	Dv	0	0	1	3	1	4	0	5	8
T ₇	ICS-95	50	Dv	0	0	3	2	2	1	5	4	7
T ₇	ICS-95	50	Dv	0	2	2	4	3	2	5	6	8
T ₇	ICS-95	50	Dv	0	0	0	3	2	5	6	4	9
T ₇	ICS-95	50	Dv	0	3	1	1	5	7	6	5	7
T ₄	CCN-51	100	Dv	0	0	0	4	1	3	0	1	6
T ₄	CCN-51	100	Dv	0	0	0	3	0	1	0	2	7
T ₄	CCN-51	100	Dv	0	0	1	1	0	0	0	1	5
T ₄	CCN-51	100	Dv	0	0	0	4	0	1	1	2	6
T ₈	ICS-95	100	Dv	0	0	0	0	1	0	0	2	4
T ₈	ICS-95	100	Dv	0	1	1	0	0	0	0	1	5
T ₈	ICS-95	100	Dv	0	1	1	0	0	0	0	3	4
T ₈	ICS-95	100	Dv	0	0	1	1	0	4	0	1	6

TM: Tingo María
Dv: La Divisoria

Cuadro 32. Área de las hojas obtenidas en las nueve evaluaciones.

Trat.	Genotipo	Luz	Lugar	Fechas de evaluación (Diciembre del 2013 hasta Abril del 2014)								
				04/12	19/12	03/01	18/01	02/02	17/02	04/03	19/03	03/04
T ₁	CCN-51	50	TM	0.0	137.6	276.6	382.5	441.9	354.5	567.7	935.8	897.7
T ₁	CCN-51	50	TM	4.4	137.6	104.6	335.6	505.6	569.5	366.3	755.6	771.8
T ₁	CCN-51	50	TM	0.0	90.9	292.9	338.2	613.9	543.2	447.6	1167.0	850.5
T ₁	CCN-51	50	TM	2.2	28.7	238.8	289.3	498.9	317.9	639.1	692.8	930.1
T ₅	ICS-95	50	TM	0.0	67.1	117.0	508.7	469.1	479.1	493.2	685.6	940.5
T ₅	ICS-95	50	TM	0.0	87.5	178.6	565.3	367.7	549.9	811.9	963.2	891.7
T ₅	ICS-95	50	TM	9.9	153.5	113.8	513.9	571.9	376.4	412.6	780.4	660.8
T ₅	ICS-95	50	TM	1.6	147.0	46.8	682.6	420.5	286.4	433.8	808.6	624.1
T ₂	CCN-51	100	TM	0.0	0.0	107.0	44.2	34.6	6.9	29.0	230.8	323.3
T ₂	CCN-51	100	TM	0.0	15.2	52.3	68.5	33.1	5.8	22.7	22.8	331.3
T ₂	CCN-51	100	TM	0.0	18.1	0.0	59.0	64.2	0.0	11.5	93.6	66.8
T ₂	CCN-51	100	TM	0.0	18.8	58.3	84.9	101.8	13.1	50.4	71.3	36.7
T ₆	ICS-95	100	TM	0.0	0.0	15.1	0.0	335.7	7.7	8.5	51.8	297.2
T ₆	ICS-95	100	TM	0.0	0.0	13.7	0.0	30.6	16.1	5.0	82.2	334.9
T ₆	ICS-95	100	TM	0.0	23.9	37.8	16.3	27.0	1.4	4.0	34.2	70.4
T ₆	ICS-95	100	TM	3.7	0.0	0.8	0.0	22.1	1.4	21.0	241.5	30.5
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.0	0.0	0.0	23.0	9.9	17.4	61.5	76.7	131.0
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.0	17.6	0.0	15.3	23.8	41.7	46.9	49.6	117.9
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.0	0.0	0.0	66.7	25.9	0.0	72.8	112.6	117.0
T ₃	CCN-51	50	Dv	0.0	0.0	25.2	0.0	6.2	21.7	0.0	64.8	144.8
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.0	0.0	13.9	0.0	75.1	8.3	65.3	99.9	138.0
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.0	0.6	17.2	45.9	55.1	18.1	68.3	126.2	173.6
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.0	0.0	0.0	24.3	23.1	43.4	60.5	63.4	240.7
T ₇	ICS-95	50	Dv	0.0	1.5	0.0	8.4	38.6	31.0	92.7	91.5	99.7
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.0	0.0	0.0	20.3	7.4	2.0	0.0	7.5	30.9
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.0	0.0	0.0	15.6	0.0	1.1	0.0	12.0	62.5
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.0	0.0	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	6.1	77.9
T ₄	CCN-51	100	Dv	0.0	0.0	8.5	22.4	0.0	0.6	5.6	15.8	85.1
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.0	0.0	8.3	0.0	11.0	0.0	0.0	14.9	18.4
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.0	0.6	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	28.3
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.0	0.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	27.5
T ₈	ICS-95	100	Dv	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	41.0	0.0	4.0	101.0

TM: Tingo María

Dv: La Divisoria

Cuadro 33. Peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en Tingo María.

Clones	Parte aérea		Parte radicular	
	Luminosidad		Luminosidad	
	100 %	50 %	100 %	50 %
CCN-51	3.13	13.14	2.50	11.00
CCN-51	2.54	20.45	1.50	13.00
CCN-51	2.70	19.34	1.90	15.60
ICS-95	3.77	12.75	2.30	8.63
ICS-95	4.18	13.53	5.00	7.60
ICS-95	1.57	12.72	1.71	12.00

Cuadro 34. Peso fresco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en La Divisoria.

Clones	Parte aérea		Parte radicular	
	Luminosidad		Luminosidad	
	100 %	50 %	100 %	50 %
CCN-51	4.20	5.67	1.59	4.50
CCN-51	3.10	6.40	1.56	3.50
CCN-51	3.20	9.67	1.45	5.50
ICS-95	3.40	5.64	2.94	3.07
ICS-95	3.20	6.38	1.46	3.80
ICS-95	3.00	6.76	1.35	4.32

Cuadro 35. Peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en Tingo María.

Clones	Parte aérea		Parte radicular	
	Luminosidad		Luminosidad	
	100 %	50 %	100 %	50 %
CCN-51	1.14	7.82	0.80	4.01
CCN-51	0.72	7.84	0.36	4.10
CCN-51	0.92	8.57	0.71	5.00
ICS-95	1.30	7.25	0.78	3.16
ICS-95	0.94	6.77	1.39	2.43
ICS-95	0.64	7.74	0.49	4.00

Cuadro 36. Peso seco de la parte aérea y radicular de los plantones de cacao a los 135 días en La Divisoria.

Clones	Parte aérea		Parte radicular	
	Luminosidad		Luminosidad	
	100 %	50 %	100 %	50 %
CCN-51	1.33	1.42	0.45	0.69
CCN-51	0.96	1.55	0.33	0.88
CCN-51	0.67	1.79	0.42	0.89
ICS-95	0.84	1.32	0.66	0.76
ICS-95	0.74	1.42	0.50	0.79
ICS-95	0.56	1.45	0.23	0.65



Figura 27. Vivero: A. Llenado de bolsas; B y C Acomodo de las bolsas en La Divisoria y Tingo María; D. Semillas de cacao y aserrín; E. Limpieza del mucilago y F. Semillas de cacao libres de mucilago.



Figura 28. Vivero: A. Semillas de cacao; B. y C. Siembra de las semillas; D. Plántula de cacao; E. Visita del presidente de jurado de Tesis en el vivero de La Divisoria y F. El vivero de Tingo María.